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 июня 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. – 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. – Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины, способный аргументированно отстаивать суверенитет и достоинство народа России и российского государства, сохранять и защищать историческую правду. – Ориентированный на активное гражданское участие в социально-политических процессах на основе уважения закона и правопорядка, прав и свобод сограждан. – Осознанно и деятельно выражающий неприятие любой дискриминации по социальным, национальным, расовым, религиозным признакам, проявлений экстремизма, терроризма, коррупции, антигосударственной деятельности. – 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. – Проявляющий деятельное ценностное отношение к историческому и культурному наследию своего и других народов России, их традициям, праздникам. – 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. – 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. – 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. – Ориентированный на создание устойчивой семьи на основе российских традиционных семейных ценностей, рождение и воспитание детей и принятие родительской ответственности. – 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. – Проявляющий восприимчивость к разным видам искусства, понимание эмоционального воздействия искусства, его влияния на душевное состояние и поведение людей, умеющий критически оценивать это влияние. – Проявляющий понимание художественной культуры как средства коммуникации и самовыражения в современном обществе, значение нравственных норм, ценностей, традиций в искусстве. – 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. – Соблюдающий правила личной и общественной безопасности, в том числе безопасного поведения в информационной среде. – Выражающий на практике установку на здоровый образ жизни (здоровое питание, соблюдение гигиены, режим занятий и отдыха, регулярную физическую активность), стремление к физическому совершенствованию. – 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. – Демонстрирующий навыки рефлексии своего состояния (физического, эмоционального, психологического), понимания состояния других людей. – 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. – 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. – Участвующий в социально значимой трудовой и профессиональной деятельности разного вида в семье, образовательной организации, на базе производственной практики, в своей местности. – Выражающий осознанную готовность к непрерывному образованию и самообразованию в выбранной сфере профессиональной деятельности. – Понимающий специфику профессионально-трудовой деятельности, регулирования трудовых отношений, готовый учиться и трудиться в современном высокотехнологичном мире на благо государства и общества. – Ориентированный на осознанное освоение выбранной сферы профессиональной деятельности с учётом личных жизненных планов, потребностей своей семьи, государства и общества. – 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. – Выражающий деятельное неприятие действий, приносящих вред природе, содействующий сохранению и защите окружающей среды. – Применяющий знания из общеобразовательных и профессиональных дисциплин для разумного, бережливого производства и природопользования, ресурсосбережения в быту, в профессиональной среде, общественном пространстве. – 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. – 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. – Демонстрирующий навыки критического мышления, определения достоверности научной информации, в том числе в сфере профессиональной деятельности. – Умеющий выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам. – Использующий современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности. – 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. – Знающий и соблюдающий нормы профессиональной этики работника, поддерживающий благоприятный образ профессии в обществе. – Разделяющий традиционные российские ценности, проявляющий активную гражданскую позицию, готовый к защите Родины. – Знающий государственные устои и символику России, родного края, города, района и муниципальных образований. – Проявляющий нетерпимость к коррупционному поведению, умеющий принимать решения и нести за них ответственность. – Обладающий культурой межнационального общения в студенческой среде и обществе в целом. – 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. – Понимающий значение гражданских символов (государственная символика России, своего региона), праздников, мест почитания героев и защитников Отечества, проявляющий к ним уважение. – 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. – Сознающий ценность каждой человеческой жизни, признающий индивидуальность и достоинство каждого человека. – 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. – Обладающий знаниями о культурном наследии родного края. – Способный воспринимать и чувствовать прекрасное в быту, природе, искусстве, творчестве людей, профессиональном мастерстве. – 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. – Ведущий и пропагандирующий здоровый образ жизни. – Проявляющий интерес к самообучению умениям и навыкам физкультурно-оздоровительной и спортивно-оздоровительной деятельности. – Бережно относящийся к физическому здоровью, соблюдающий основные правила здорового и безопасного для себя и других людей образа жизни, в том числе в информационной среде. – Владеющий основными навыками личной и общественной гигиены, безопасного поведения в быту, природе, обществе. – 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. – Проявляющий интерес к разным профессиям. – Участвующий в различных видах трудовой деятельности.

– Владеющий комплексом знаний, умений и навыков, качеств личности, обеспечивающих возможность профессионального роста. – Обладающий основами экономической культуры и финансовой грамотности.
Экологическое воспитание
– Понимающий ценность природы, зависимость жизни людей от природы, влияние людей на природу, окружающую среду. – Выражающий готовность в своей профессиональной деятельности придерживаться экологических норм. – Содействующий сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действующий в чрезвычайных ситуациях. – Демонстрирующий экологическую культуру. – 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. – 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 РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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)
«Открытые горные работы»

Автор: Мусихина О.В., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Разработки месторождений открытым способом	горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №379 от 14.09.2023 г.	Протокол №2 от 20.10.2023 г.
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 3
1.1 Требования к выпускной квалификационной работе 3
1.2 Порядок выполнения выпускной квалификационной работы 12

2 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ 14

3 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 17
3.1 Тематика выпускных квалификационных работ 17
3.2 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общекультурных компетенций 17
3.3 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общепрофессиональных компетенций 18

ПРИЛОЖЕНИЯ 19

ВВЕДЕНИЕ

Программа государственной итоговой аттестации по основной профессиональной образовательной программе специальности – 21.05.04 Горное дело направленности (профиля) «Открытые горные работы», составлена в соответствии с требованиями:

- Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам специалитета и программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29.06.2015 № 636 (в ред. Приказов Минобрнауки России от 09.02.2016 № 86, от 28.04.2016 № 502);

- Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры (П 7.5-093-2017), утвержденного приказом от 28.04 2017 № 198/1.

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

1 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, направленности (профиля) «Открытые горные работы», осуществляется в форме подготовки к защите и защиты выпускной квалификационной работы. Выпускная квалификационная работа в соответствии с ОПОП представляет собой самостоятельную и логически завершенную квалификационную работу, связанную с решением задач того вида (видов) деятельности, к которым готовится специалист.

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	Вид работ
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:

– систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний для специальности - 21.05.04 Горное дело – направленности (профиля) «Открытые горные работы» и применение этих знаний при решении конкретных научных и производственных 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 ФГОС для специальности - 21.05.04 Горное дело.

Выпускная квалификационная работа выполняется 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 с точки зрения теории и практики открытых горных работ, составление программы исследования;

– изучение теоретических положений по решаемой в ВКР проблеме, технической литературы и нормативной документации, составление литературного обзора по проблеме исследования;

– обоснование необходимости и возможности применения современных методик принятия решений по задачам, поставленным в работе;

– сбор необходимой для проведения исследования информации с привлечением первичных и вторичных источников;

– проведение экономического анализа состояния объекта исследования с использованием соответствующих методов обработки информации, выявление тенденций изменения экономических показателей, и проблем, требующих решения или совершенствования;

– разработка практических рекомендаций и предложений, их экономическое и организационное обоснование, необходимое и достаточное для решаемой задачи;

– обобщение результатов проведенных исследований, формулирование выводов о степени достижения целей, поставленных в работе, и возможности практического применения предложенных разработок;

– 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 УК-1.2 Оценивает соответствие выбранного информационного ресурса критериям полноты и аутентичности УК-1.3 Систематизирует обнаруженную информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи 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; УК-2.2 Осуществляет мониторинг реализации проекта на основе структуризации всех процессов и определения зон ответственности его участников. 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 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. УК-4.2 Ведет обмен деловой информацией в устной и письменной формах не менее чем на одном иностранном языке. 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 УК-5.2 Анализирует современное состояние общества на основе знания истории. 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. УК-6.2 Планирует траекторию своего профессионального развития и предпринимает шаги по ее реализации 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 реализации конкретной профессиональной деятельности. УК-7.2 Выполняет индивидуально подобранные комплексы оздоровительной или адаптивной физической культуры. 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. УК-8.2 Понимает, как создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов. 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 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 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 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 коррупционному поведению	УК-11.1 Проявляет нетерпимое отношение к коррупционному поведению в повседневной и профессиональной деятельности УК-11.2 Понимает правовые нормы, обеспечивающие борьбу с коррупцией в различных областях жизнедеятельности УК-11.3 Имеет общее представление о социальной значимости антикоррупционного законодательства

- в производственно-технологической 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 объектов открытых горных работ	ОПК-1.1 Анализирует законодательные основы в областях недропользования, обеспечения экологической и промышленной безопасности 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 объектов открытых горных работ	ОПК-2.1 Анализирует горно-геологические условия при эксплуатационной разведке 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 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	ОПК-4.1 Исследует строение, химический и минеральный состав земной коры ОПК-4.2 Анализирует и оценивает морфологические особенности рудных тел и генетических типов месторождений твердых полезных ископаемых

при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр	
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 объектов открытых горных работ	ОПК-5.1 Исследует физико-механические, физико-технические свойства горных пород, породных массивов, техногенных отложений и их структурно-механические особенности 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 строительстве и эксплуатации объектов открытых горных работ	ОПК-6.1 Анализирует закономерности поведения и управления свойствами горных пород ОПК-6.2 Оценивает напряженно-деформированное состояние горного массива при добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации открытых горных работ
ОПК-7 Способен применять санитарно-гигиенические нормативы и правила при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации объектов открытых горных работ	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 объектов открытых горных работ. 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 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 объектов открытых горных работ, непосредственно управлять процессами на производственных объектах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций	ОПК-9.1 Осуществляет подбор основных параметров сооружений открытых горных работ и технологических процессов при ведении горно-строительных работ ОПК-9.2 Осуществляет обоснованный выбор способа, параметров и технологии ведения взрывных работ 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 объектов открытых горных работ	ОПК-10.1 Осуществляет обоснованный выбор технологии разработки месторождений полезных ископаемых, строительства и эксплуатации объектов открытых горных работ ОПК-10.2 Применяет основные принципы технологии переработки твердых полезных ископаемых 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	ОПК-11.1 Анализирует производственные процессы и их воздействие на окружающую среду

разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации объектов открытых горных работ	ОПК-11.2 Разрабатывает планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду 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. ОПК-12.2 Обрабатывает результаты маркшейдерско-геодезических измерений и осуществляет их интерпретацию. 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. ОПК-13.2 Анализирует состояние действующих систем управления производством и разрабатывает мероприятия по ликвидации выявленных недостатков и их предупреждению ОПК-13.3 Участвует в составлении проектов перспективных и текущих планов развития производства, в разработке рациональных организационных структур управления производством. 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 объектов открытых горных работ	ОПК-14.1 Принимает участие в разработке проектных инновационных решений ОПК-14.2 Обосновывает комплекс взаимосвязанных решений, обеспечивающих разработку инновационного проекта 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 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 объектов открытых горных работ	ОПК-16.1 Участвует в разработке систем обеспечения экологической и промышленной безопасности с учетом требования законодательства и нормативных документов. 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 объектов	ОПК-17.1 Определяет способ применения методов обеспечения промышленной безопасности 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 открытых горных работ	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. 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. ОПК-19.3 Участвует в проведении маркетинговых исследований и прогнозировании развития производства. 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 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 основные принципы работы современных информационных технологий ОПК-21.2 Применяет современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

профессиональных

Код и наименование компетенции	*Код и наименование индикатора достижения компетенции*
ПК-1 Способен демонстрировать знание и понимание фундаментальных наук, а также	ПК-1.1 Выявляет естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной

знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать соверменные прикладные инженерные задачи	деятельности, привлекает для их решения соответствующий физико-математический аппарат; ПК-1.2 Использует положения, законы и методы естественных наук при решении профессиональных задач; ПК-1.3 Использует знания в междисциплинарных областях при решении прикладных инженерных задач и эксплуатации технических средств разработки месторождений
ПК-2 Способен ко внедрению, обеспечению функционирования и мониторингу систем управления охраной труда в горной промышленности	ПК-2.1 Использует нормативное обеспечение системы управления охраной труда и подготовки работников в области охраны труда ПК-2.2 Принимает участие в сборе, обработке и передаче информации по вопросам условий и охраны труда, снижение уровней профессиональных рисков ПК-2.3 Контролирует соблюдение законодательства в области охраны труда и промышленной безопасности
ПК-3 Способен к организации и управлению производственными процессами горно-добывающих и перерабатывающих производств	ПК-3.1 Использует современные методы управления производственными процессами горно-добычного производства ПК-3.2 Участвует в организации управления процессами горного предприятие ПК-3.3 Планирует производственную и финансовую деятельность горного предприятия
ПК-4 Способен применять информационные технологии при проектировании и эксплуатации карьеров	ПК-4.1 Применяет современные информационные технологии в ходе проектирования и управления горными работами ПК-4.2 Демонстрирует навыки работы с современным программным обеспечением ПК-4.3 Использует методы геоинформационного моделирования объектов при проектировании и эксплуатации карьеров ПК-4.4 Владеет методами моделирования и оптимизации процессов горного производства
ПК-5 Способен демонстрировать знания процессов, технологий и механизации открытых горных и взрывных работ; управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых; прогнозирования развития геомеханических явлений и процессов	ПК-5.1 Анализирует напряженно-деформированное состояние массива горных пород ПК-5.2 Прогнозирует устойчивость и развитие геомеханических явлений с учетом свойств горных пород, состояния массива и конструкции борта карьера ПК-5.3 Разрабатывает и обосновывает параметры комплексной механизации, технологических процессов открытых горных работ ПК-5.4 Обосновывает и организует параметрическое и экономическое взаимодействие процессов открытых горных работ ПК-5.5 Рассчитывает основные параметры процесса подготовки горных пород к выемке
ПК-6 Способен обосновывать главные параметры карьера, вскрытие карьерного поля, системы открытой разработки, режим горных работ, технологию и механизацию открытых горных работ	ПК-6.1 Разрабатывает планы ведения горных работ и обосновывает потребность в ресурсах для выполнения производственной программы ПК-6.2 Использует современные методы оптимизации при обосновании главных параметров открытой разработки

	ПК-6.3 Обосновывает показатели интенсивности отработки, параметры вскрытия и систем разработки при проектировании и планировании горных работ ПК-6.4 Участвует в формировании стратегии развития горного производства на основе комплексного использования георесурсов, включая обоснование режима горных работ, комплексной механизации и порядка отработки
ПК-7 Способен разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ, проектную и техническую документацию с учетом требований промышленной безопасности	ПК-7.1 Разрабатывает локальные проекты строительства, реконструкции и технического перевооружения объектов открытых горных работ ПК-7.2 Владеет современной нормативной базой, необходимой для разработки проектной и технической документации ПК-7.3 Использует актуальные требования промышленной безопасности при разработке проектной документации
ПК-8 Способен к освоению и внедрению инновационных технологий разработки месторождений твердых полезных ископаемых	ПК-8.1 Применяет инновационные технологии в процессах открытых горных работ ПК-8.2 Формирует современные подходы к организации рудоподготовительных комплексов и управлении качеством продукции ПК-8.3 Демонстрирует знание перспективной техники и технологии добычи и переработки минерального сырья

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 инженерный или научно-исследовательский характер;

– представлять самостоятельное исследование, демонстрирующее способность выпускника решать профессиональные проблемы, делать на основе анализа практических данных, результатов научных исследований и технической литературы соответствующие выводы и вносить предложения;

– отражать добросовестность студента 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 квалификационной работы осуществляется обучающимся по согласованию с научным руководителем и 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;

– научной специализации выпускающей кафедры и ее преподавателей;

– возможности получения информации для проведения анализа и обоснования предлагаемых решений.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ разрабатывается выпускающей кафедрой и доводится до сведения студентов. Студент может предложить свою тему, обосновав целесообразность ее разработки. Тема выпускной квалификационной работы может являться продолжением тем, ранее представленных студентом 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 научным руководителем, студент подает заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы выпускной квалификационной работы (**приложение 1**).

Закрепление тем выпускных квалификационных работ за студентами 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 студента 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 на антиплагиат (**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.

Образец оформления титульного листа приведен в приложении 2.

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

Сопроводительными документами к выпускной квалификационной работе являются: 1. задание на выполнение выпускной квалификационной работы (приложение 3); 2. Отзыв руководителя ВКР (приложение 4); 3. отзыв рецензента ВКР (приложение 5); 4. документ, подтверждающий внедрение результатов исследования в практическую деятельность (приложение 6).

Эти 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. Пример составления задания на выпускную квалификационную работу приведен в приложении 3.

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),

– выбор объекта и предмета исследования,

– информационная база исследования;

– структура выпускной квалификационной работы.

Во введении следует коротко сформулировать актуальность темы исследования, 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. Так, если, например, выбрана тема, введение можно начать так: «Актуальность выбранной темы исследования обусловливается, во-первых, современной тенденцией развития открытых работ…, во-вторых, необходимостью повышения конкурентоспособности продукции карьера на рынке его продукции и т.п.. 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 – Дальнейшая разработка южного участка Баженовского месторождения хризотил-асбеста». Конкретизация цели осуществляется в задачах исследования. «Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи выпускной квалификационной работы:

- дать геолого-промышленную характеристику месторождения;
- выбрать и рассчитать способ и параметры вскрытия;
- рассчитать параметры системы разработки;
- выбрать и рассчитать параметры комплексной механизации горных работ;
- оценить эффективности использования экскаваторов ЭКГ-12А в условиях ОАО «Ураласбест»;
- рассчитать параметры карьерного транспорта;
- рассчитать потребность в ресурсах – энергетических, материальных, экономических;

- обосновать мероприятия по безопасности, охране труда и промышленной санитарии, по охране окружающей среды».

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

Объект исследования – это процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для исследования. Выделение объекта происходит на основе анализа проблемы исследования.

Предмет исследования – это та часть объекта, которая и будет исследована. Предмет должен характеризовать тему выпускной квалификационной работы и включать в себя свойства и стороны объекта, которые следует рассмотреть в заявленной теме, установив пределы рассмотрения данного вопроса. Объект и предмет исследования соотносятся как общее и часть общего.

Объект и предмет исследования можно сформулировать так: «Объектом исследования является: строительство нового карьера, или реконструкция, или доработка действующего карьера, или планирование горных работ действующего карьера, или исследование актуальной проблемы горного производства, и т.п.

Предметом исследования, ему посвящается специальная часть ВКР, является: выбор способа вскрытия, или выбор системы разработки, или выбор оборудования для конкретного технологического процесса, или выбор параметров технологического процесса, или исследование и оптимизация оборудования либо параметров технологического процесса, и т.п.»

Далее дается характеристика методов исследования. Методы исследования – основные приемы и способы, которые использовались при проведении исследования (диалектический метод, исторический метод, статистический и др.). В процессе обработки полученных данных практически всегда используются такие взаимосвязанные научные методы исследования, как анализ и синтез. Анализ – логический прием разделения целого на отдельные элементы и изучение каждого в отдельности и во взаимосвязи с целым. Синтез – объединение результатов для формирования (проектирования) целого.

После того как сформулированы цель, задачи, объект и предмет, методы исследования следует указать информационную базу и структуру выпускной работы, например:

«Информационная база выпускной квалификационной работы включает: труды ведущих отечественных и зарубежных авторов, посвященные проблемам разработки месторождений открытым способом, статьи по теме работы, опубликованные в периодических изданиях, Интернет-ресурсы, а также статистические материалы с предприятия или из литературных источников.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, 12 глав основного текста, заключения, списка использованных источников, приложений. Содержание работы изложено на 120 страницах машинописного текста и включает 6 таблицы. Библиографический список состоит из 50 источников».

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»

Выпускная квалификационная работа может содержать не более 13 глав, каждая из которых может делиться на несколько параграфов (5-6). В каждой главе, параграфе основной части необходимо стремиться раскрыть конкретный вопрос. Все главы исследования должны быть логически связаны между собой.

В основной части работы логически последовательно раскрываются поставленные вопросы. Причем любой вопрос, как и работа в целом, должен состоять из введения, основной части и заключения (выводов).

В основной части работы излагается суть исследования (анализ изучаемого объекта), показывается понимание сущности избранной темы, знание используемых источников, умение со-

поставлять 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.

Основная часть работы состоит из разделов:

1. Геолого-промышленная характеристика месторождения;
2. Горные работы;
3. Карьерный транспорт;
4. Охрана недр и окружающей среды;
5. Промышленная безопасность. Охрана труда;
6. Генеральный план;
7. Вспомогательное карьерное хозяйство;
8. Карьерный водоотлив;
9. Электроснабжение карьера;
10. Сметно-экономическая часть;
11. Оценка эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию, модернизацию оборудования и др.)
12. Основные технико-экономические показатели проекта

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. Студент 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 студентом 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 материал литературных источников, анализировать систематизировать, выявлять особенности объектов, являющихся предметом исследования, выделять проблему и определять пути ее решения, последовательно излагать 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. В нем отражаются степень решения поставленных задач, полученные результаты, указывается также, где и каким образом применение рекомендаций может принести практическую пользу в деятельности организации.

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 Л.

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 – 80 - 100 страниц компьютерного набора (без приложений).

При выполнении выпускной квалификационной работы студент 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 научного руководителя. Научный руководитель:

помогает студенту с выбором темы и разработкой плана работы;

оформляет задание на выполнение выпускной квалификационной работы;

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

рекомендует студенту необходимую литературу, нормативные правовые акты по теме;

систематически контролирует ход работы и информирует кафедру о состоянии дел;

дает подробный отзыв на законченную работу.

Проверяя работу, научный руководитель не должен превращаться в корректора или редактора, хотя замечания в этой части он тоже высказывает. Научный руководитель 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 ре-

шений 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 студентом строятся на основе научного сотрудничества молодого исследователя и опытного старшего коллеги, исполняющего наставнические функции.

1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1.2.1 Основные этапы и сроки выполнения выпускной квалификационной работы

На основании выданного обучающемуся задания составляется календарный план-график на весь период разработки темы с указанием сроков окончания и представления законченной 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 и сроки их выполнения:

– выбор темы работы, её утверждение, составление программы и гафика исследования – *за месяц до начала государственной итоговой аттестации*;

– подбор научной литературы, нормативной документации и ознакомление с ними, составление литературного обзора по проблеме исследования - *за две недели до начала преддипломной практики*;

– сбор и обобщение аналитических материалов, анализ;

– написание работы и представление её руководителю не позднее, чем *за 4 недели до дня защиты*, доработка по замечаниям руководителя;

– написание введения и заключения, подготовка списка использованных источников, приложений, представление работы научному руководителю не позднее, чем *за две с половиной недели до дня защиты*;

– прохождение нормоконтроля, исправление замечаний по оформлению работы;

– проверка в системе Антиплагиат *за три дня до даты защиты;*

– размещение работы на портфолио *за три дня до защиты*

– 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 студентом, передается научному руководителю 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 полученных результатов с точки зрения достоверности, практическая ценность работы, оценка подготовленности студента, инициативности и самостоятельности при решении задач выпускной квалификационной работы, умение студента работать с литературными источниками, нормативными правовыми актами и 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 научного руководителя является основанием для допуска кафедрой ВКР к защите. Допуск работы к защите производится заведующим выпускающей кафедры

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

Перед защитой студентом представляются в ГЭК следующие документы:

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

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

3) руководителя ВКР;

4) отзыв рецензента;

5) отчет о проверке в системе «Антиплагиат».

Готовясь к защите работы, студент 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.

Работу над тезисами доклада следует начинать сразу же после представления работы на кафедру и продолжить после ознакомления с отзывом руководителя. На вопросы и замечания отзыва целесообразно подготовить письменные ответы.

Доклад на защите выпускной квалификационной работы, как правило, не должен превышать 7-10 мин. Следует помнить, что студент 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.

Студент 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;

- 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 четырем 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; 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; 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 своевре-

менно 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 (в которой выпускнику предлагается по поставленной научно-практической проблеме сформулировать самостоятельно гипотезы, цель, сделать разработку программы эмпирического исследования, собрать информацию, проанализировать ее, провести необходимые расчеты, построить модели, предложить варианты решения проблемы и обосновать показатели оценки результативности) 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. Проект дальнейшей разработки Хребетского месторождения гранодиоритов.
2. Гидромеханизированная разработка Шуралинско-Ключевской россыпи.
3. Дальнейшая разработка месторождения «Гора Хрустальная».
4. Дальнейшая разработка Кошкарихинского месторождения мрамора на нерудные строительные материалы.
5. Разработка Маминского месторождения амфиболитов на блочный камень.
6. Обоснование эффективных схем и режимов работы колесного погрузчика в условиях ОАО «ЕВРАЗ КГОК»

3.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНИВАЮЩИЕ СФОРМИРОВАННОСТЬ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ.

1. Каковы главные особенности научного знания в отличие от религиозных представлений о мире?

2. Является ли наука 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?

4. Почему знание закономерностей развития экономики является необходимым условием достижения успеха в различных сферах деятельности?

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. Возможна ли успешная профессиональная самореализация работника без формирования потребности и способности к самоорганизации и самообразованию?

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?

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.

Процессы ОГР, часть 1.

1. Подготовка горных пород к выемке механическим рыхлением. Область применения, схема расчета производительности рыхлительных агрегатов.
2. Вращательное бурение скважин. Типы буровых станков вращательного бурения, область их применения. Факторы, определяющие производительность станков вращательного бурения.

3. Ударно-вращательное и огневое (термическое) бурение скважин. Типы буровых станков, область применения и производительность.
4. Параметры буровзрывных работ: конструкция, сетка взрывных скважин, взрываемость горных пород, удельный расход ВВ и факторы, его определяющие.
5. Способы управления качеством дробления при взрывной подготовке горных пород к выемке.

Процессы ОГР, часть 2. Взаимодействие процессов.

1. Элементы и типы забоев. Технологическая классификация пород по экскавируемости. Виды и типы выемочных машин, область применения.
2. Выемка пород экскаваторами-мехлопатами: технологические параметры экскаваторов; производительность, параметры забоев в мягких и скальных породах.
3. Выемка пород драглайнами: типы машин, типы и параметры забоев, расчет производительности.
4. Технологическая характеристика основных видов карьерного транспорта. достоинства, недостатки, область применения.
5. Структура механизации и принципы их комплектования. Классификация структур механизации.

Технология и комплексная механизация ОГР, часть 1.

1. Общие сведения о технологии открытой добычи полезных ископаемых. Принципы комплексной механизации.
2. Коэффициенты вскрыши и горной массы.
3. Рабочая зона карьера. Понятия и определения. Законы формирования рабочей зоны карьера.
4. Режим и этапы горных работ.
5. Назначение и подразделение горных выработок. Классификация способов вскрытия.
6. Транспортные способы проходки траншей.
7. Классификация систем разработки по Н.В. Мельникову.
8. Классификация систем разработки по В.В.Ржевскому.
9. Системная разработка с применением железнодорожного транспорта.
10. Системная разработка с применением автомобильного транспорта.
11. Простая бестранспортная система разработки. Условия её применения. Выбор модели экскаватора-драглайна для условий конкретного месторождения.
12. Усложненная бестранспортная система разработки. Условия её применения, достоинства и недостатки.
13. Райчихинская и Черемховская схемы работы. Условия их применения, достоинства и недостатки.
14. Схемы работы с использованием консольных отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов. Условия их применения, достоинства и недостатки.

Проектирование карьеров.

1. Цели и задачи проектирования.
2. Рациональный календарный график вскрышных и добычных работ.
3. Основные исходные данные для проектирования.
4. Назначение проекта и виды проектной документации.

5. Директивные документы (законы, нормы, правила и др.), используемые при проектировании.
6. Содержание проекта и стадии проектирования.
7. Конечные, промежуточные и перспективные границы карьера.

Охрана труда и техника безопасности.

1. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности трудовой деятельности человека.
2. Естественная защита человека от опасностей.
3. Вредные и опасные факторы производственной среды в горной отрасли.
4. Оценка уровня травматизма и заболеваемости на производстве. Методы анализа травматизма и заболеваемости.
5. Надзор и контроль за состоянием охраны безопасности на производстве.
6. Управление охраной труда и промышленной безопасности на производстве.
7. Ответственность за нарушение требований охраны труда и промышленной безопасности.
8. Общие требования к организации горных работ.
9. Требования к зданиям, сооружения, техническим устройствам и промышленным площадкам объектов ведения горных работ.
10. Требования безопасности при отвалообразовании и работе карьерных механизмов и машин.
11. Требования безопасности при эксплуатации технологического железнодорожного и автомобильного транспорта в условиях открытых горных работ.
12. Требования промышленной безопасности к опасным производственным объектам.
13. Требования к обеспечению безопасности рабочих мест и трудового процесса.
14. Обеспечение безопасности производственных процессов и оборудования.
15. Виды оборудования повышенной опасности и обеспечение безопасности при его эксплуатации.
16. Проектирование безопасности производственных объектов (планировка площадок, размещение объектов, лицензирование деятельности, горный и земельный отводы, требования к проектам строительства, к приемке производственных объектов в эксплуатацию и т. д.).
17. Экспертиза промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО), декларирование безопасности ОПО.
18. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.
19. Борьба с пылью и вредными газами при технологических процессах карьеров.
20. Оценка эффективности естественного воздухообмена в карьерах.
21. Схемы естественного воздухообмена в карьерах ветровыми потоками и термическими силами.
22. Порядок проектирования нормализации атмосферы карьера и отдельных рабочих мест.
23. Оценка эффективности внедрения мероприятий по нормализации атмосферы в карьере.
24. Аксиома безопасности труда.
25. Риск возникновения несчастного случая и профессионального заболевания. гигиеническая оценка условий труда.

Экономика и менеджмент горного производства

1. Основные задачи и проблемы экономики в условиях рынка.
2. Организационно-правовые формы предприятий.

3. Виды предпринимательской деятельности.
4. Признаки предприятия в условиях рынка. Технико-экономические особенности горных предприятий.
5. Ресурсы предприятия. Место ресурсов в схеме финансового оборота.
6. Основные производственные фонды. Экономическая сущность. Состав, структура.
7. Учет и оценка основных производственных фондов.
8. Износ основных фондов. Определение стоимости износа. Амортизация основных фондов. Порядок и методы начисления амортизации.
9. Показатели эффективности использования основных производственных фондов.
10. Долгосрочно арендуемые основные фонды. Экономическая сущность аренды-лизинга.
11. Нематериальные активы: состав, особенности использования и начисления износа.
12. Оборотные активы. Экономическая сущность, состав. Нормирование оборотных средств.
13. Кругооборот оборотных средств. Показатели эффективности использования оборотных средств.
14. Персонал предприятия. Принципы классификации персонала.
15. Определение численности персонала.
16. Тарифная система и ее элементы.
17. Заработная плата. Сущность, факторы, определяющие уровень заработной платы в условиях рынка.
18. Сдельная форма и системы оплаты труда. Повременная форма оплаты труда.
19. Состав средств предприятия, направляемых на потребление.
20. Инвестиции. Виды инвестиций. Способы и источники финансирования, принципы инвестирования.
21. Оценка коммерческой эффективности инвестиций. Основные показатели.
22. Классификация затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции.
23. Продукция предприятия. Виды продукции.
24. Пути снижения себестоимости на предприятиях.
25. Прибыль как основной результат финансовой деятельности предприятия. Порядок расчета чистой прибыли. Рентабельность как основной показатель эффективности деятельности предприятия. Виды рентабельности.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Пример оформления заявления на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Зав. кафедрой Разработка месторождений
открытым способом
Лелю Ю.И.
от студента группы ОГР – 15
Тимонина В. В.

Заявление
на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Прошу утвердить мне тему выпускной квалификационной работы:
Разработка Маминского месторождения амфиболитов на блочный камень.

Место прохождения преддипломной практики:
ОАО «Маминский карьер»

Научный руководитель: _ *к.т.н. доцент Васильев Валерий Геннадьевич* _____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность)

Дата: _____

Подпись студента:_____

Подпись руководителя: _____

Решение зав. кафедрой
«Утверждаю»

«___» _____201_ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Пример 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

Разработка Маминского месторождения амфиболитов на блочный камень.

Студент: _____(*подпись*)
Владимир Владимирович Тимонин
Группа: ОГР - 15

Руководитель: ВКР
кандидат технических наук, доцент
_____ В.Г. Васильев
Консультант:
кандидат технических наук, доцент
_____Т.В. Шакурова

Специальность: 21.05.04
ГОРНОЕ ДЕЛО
специализация:
№3 «ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ»
Квалификация – ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР
Кафедра РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Екатеринбург
2020

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример оформления задания на выполнение выпускной квалификационной работы

ФГБОУ ВО
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра разработки месторождений открытым способом

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой _____

“___” _____20___г.

ЗАДАНИЕ
на дипломное проектирование

Ф.И.О. студента _____

1. Тема дипломного проекта, работы _____

_____

_____

Тема специальной части _____

_____

утверждена приказом по Университету №_____ от “___”_____ 20____ г.

2. Срок представления проекта, работы к защите “____”_____ 20____ г.

3. Перечень особых условий при решении вопросов:

- горно-технологической части _____

_____

- охраны труда и техники безопасности _____

_____

- оценки воздействия горных работ на окружающую среду _____

_____

_____

- расчета экономических показателей разработки _____

_____

_____

- специальной части _____

4. Перечень демонстрационных чертежей:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

5. Консультанты по проекту, работе:

№ п.п.	Ф.И.О. консультанта	Место работы, должность, уч. степень, звание	Раздел дипломного проекта, работы
1.	Исаков С.В.	Каф. РМОС,	1,3,4,7,8,9,12,13
2.	Патко В. А.	Каф. МД, ст. препод.	2
3.	Кузнецов А. М.	Каф. БГП, ст. препод.	6
4.	Цейтлин Е. М.	Каф. ИЭ, доц., к.г.-м.н.	5
5.	Дроздова И. В.	Каф. ЭМ, доц., к.э.н.	11

Руководитель проекта, работы_____ (_____)

Задание получил_____ (_____)

Дата выдачи задания “_____”_____ 20____ г.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЯ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

1. Отзыв научного руководителя о рекомендации к защите
Работа рекомендована к защите

« » …. 2019 _____
дата подпись

2. Решение кафедры о выдвижении ВКР на защиту
Работа допущена к защите

« » …. .2019 _____
дата подпись зав. кафедрой

Решение ГЭК по результатам защиты работы

Студента(ки) Тимонина В.В. , как полностью выполнившего(ую) учебный план, успешно защитившего(ую) выпускную квалификационную работу, считать окончившим(ей) ФГБОУ ВО УГГУ по специальности 21.05.04 Горное дело с присвоением квалификации ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР

«___» … 2019 г. Председатель ГЭК_____
дата подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Форма отзыва руководителя выпускной квалификационной работы

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Выпускная квалификационная работа выполнена

Студентом (кой)	*Тимониным Владимиром Владимировичем*
специальность	21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО
Кафедра	Разработка месторождений открытым способом
Группа	ОГР - 15
Руководитель	кандидат технических наук, доцент Истомин В.Г.

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

Отмеченные достоинства _____
_____
_____
_____
___

Отмеченные недостатки _____
_____
_____
_____
___

Заключение: *Выпускная квалификационная работа студента Тимонина В.В может быть рекомендована к защите*

Научный руководитель: _____ «___» июня 2019 г.
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Форма отзыва рецензента о выпускной квалификационной работе

ОТЗЫВ
РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Ф. И.О. выпускника	*Тимонин Владимир Владимирович*
Специальность-	21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО
Специализация	№3 «Открытые горные работы»
Форма обучения	очная, заочная
Тема рецензируемой работы	Разработка Маминского месторождения амфиболитов на блочный камень.
Рецензент место работы, должность (при наличии)	Пшанов К.Ш.

Заключение о степени соответствия выпускной квалификационной работы заданию _____
_____

Оценка теоретической части ВКР (теоретическая значимость исследования)_____
_____
_____

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

Оценка проектной части ВКР (практическая значимость исследования)_____
_____
_____

Оценка самостоятельности работы студента при выполнении ВКР_____
_____
_____

Оценка сформированности компетенций, предусмотренных федеральным государственным образовательным стандартом:

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

Замечания и рекомендации по ВКР_____
_____

Общая оценка ВКР_____
_____
_____

Рецензент: _____ К.Ш. Пшанов
(подпись)

«_____» _____ 2019 г.

М.П

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Пример оформления документа, подтверждающего использование результатов выпускной квалификационной работы

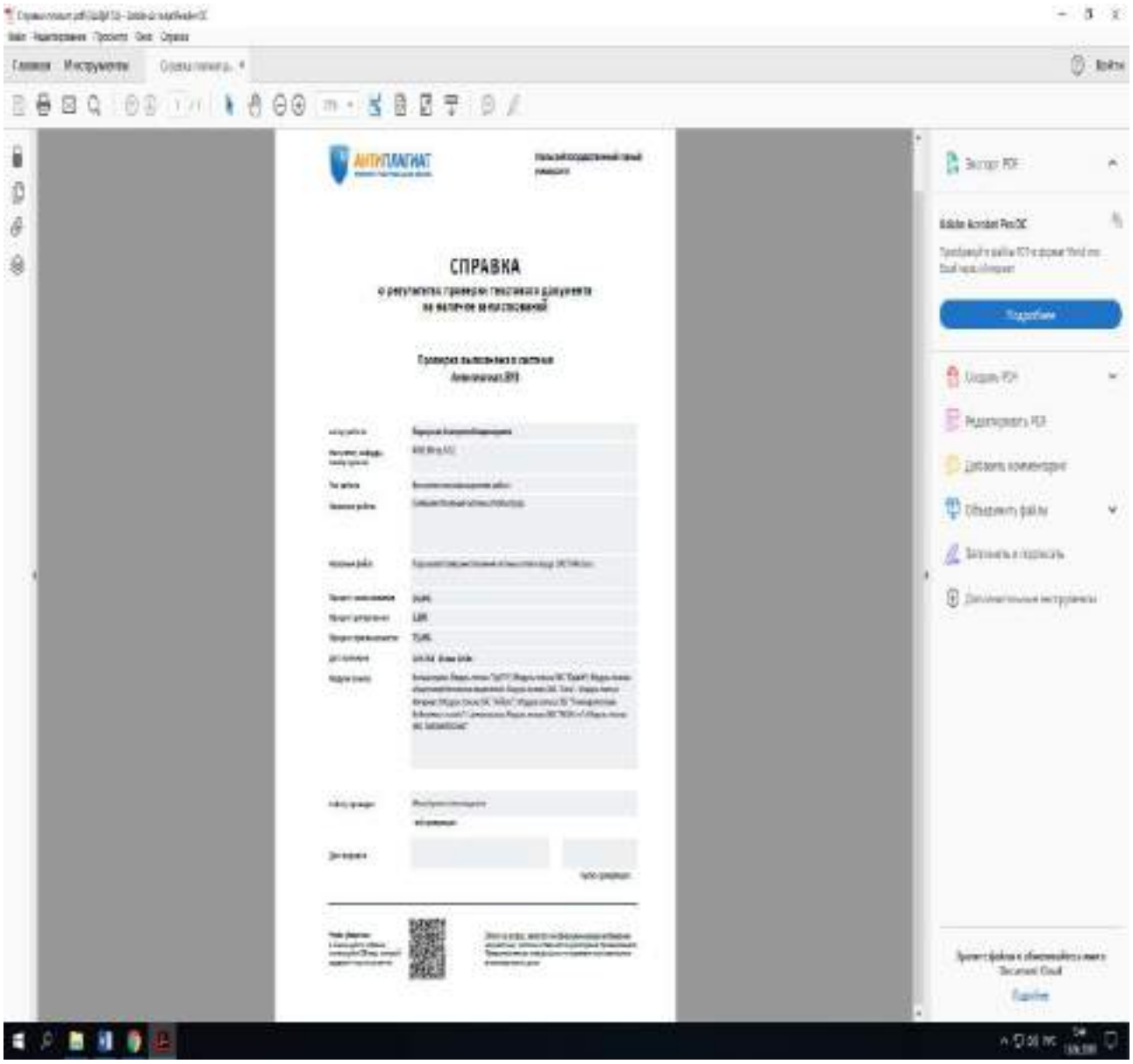
СПРАВКА
об использовании результатов выпускной квалификационной работы
на тему: «Разработка Маминского месторождения амфиболитов на блочный камень.**»**

Выводы и предложения, представленные в исследовании *Тимонин В.В*., нашли применение в практической деятельности ОАО «Маминский карьер», в частности, при ведении горных работ

Рекомендации автора по совершенствованию.работы карьера взяты за основу при разработке перспективных направлений развития карьера

Директор ОАО «Карьер Маминский» _____ И.О. Фамилия
(подпись)
М.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7



ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Пример структуры и оформления содержания выпускной квалификационной работы

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Геолого-промышленная характеристика месторождения;	5
2. Горные работы;	26
3. Карьерный транспорт;	..
4. Охрана недр и окружающей среды;	..
5.Промышленная безопасность. Охрана труда;	
6.Генеральный план;	
7.Вспомогательное карьерное хозяйство;	
8. Карьерный водоотлив;	
9. Электроснабжение карьера;	
10. Сметно-экономическая часть;	
11. Оценка эффективности инвестиций в строительство (реконструкцию, модернизацию оборудования и др.)	
12. Основные технико-экономические показатели проекта	
Заключение	
Список использованных источников	
Приложения	

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Примеры библиографических описаний, применяемых при оформлении списка использованных источников

1. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технологические процессы открытых горных работ. М.: ООО НТЦ «Горное дело», 2008. 448 с.

2. Ржевский В. В. Открытые горные работы: производственные процессы: учебник. 8-е изд. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 512 с.

3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с.

4. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. М.: НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.

5. Проектирование карьеров: учеб. для вузов: 3-е изд., перераб. / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко / М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

6. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Выемочно-погрузочные работы: учеб. пособие. М.: Изд-во «Горная книга», 2012. 267 с.

7. Ржевский В. В. Открытые горные работы: технология и комплексная механизация: учебник. 8-е изд. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. 552 с.

8. Условные обозначения горной графической документации: Сборник нормативных документов. М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. 272 с.

9. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Утверждены Приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599. Екатеринбург: ИД «Урал Юр Издат», 2015. 212 с.

10. Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1991. 336 с.

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

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

13. 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 «Консультант Плюс». - Режим доступа: http://www.consultant.ru.

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

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

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

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Руководство
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы горного дела»
для студентов специальности
130403 – «Открытые горные работы» (ОГР)
направления 130400 – «Горное дело»

Екатеринбург
2010

Федеральное агентство по образованию

ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического факультета
“_15__ “ _июня__ 2009 г.

Председатель комиссии
_____ доц. В. П. Тюлькин

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Руководство
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы горного дела»
для студентов специальности
130403 – «Открытые горные работы» (ОГР)
направления 130400 – «Горное дело»

3-е изд., испр. и доп.

Издание УГГУ Екатеринбург, 2010

Т 38

Рецензент: *А. Т. Шелест*, канд. техн. наук, доцент кафедры РМОС УГГУ

Руководство рассмотрено на заседании кафедры РМОС 21 мая 2009 г. (протокол № 245) и рекомендовано для переиздания в УГГУ.

Лель Ю. И., Стенин Ю. В., Стариков А. Д., Топоров А. В.
Т 38 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**:** руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы горного дела» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления 130400 – «Горное дело» / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, А. Д Стариков, А. В. Топоров. – 3-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 72 с.

В руководстве изложены рекомендации по выполнению лабораторных работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы горного дела» предназначено для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР).

В подготовке графического материала для руководства принимали участие студенты группы ОГР-02 Милютин И. А. и Крапивин И. А.

© Хохряков В. С., Лель Ю. И., Стенин Ю. В., Стариков А. Д., 2005

© Лель Ю. И., Стенин Ю.В., Стариков А. Д., Топоров А. В., 2010

© Уральский государственный горный университет, 2010

Оглавление

Лабораторная работа № 1. ***Графическое изображение элементов горных работ……*** 3

Контрольные вопросы.…… 13

Лабораторная работа № 2. ***Определение объема капитальной траншеи……..*** 14

Контрольные вопросы…… 16

Лабораторная работа № 3. ***Определение объема, размеров, производительности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффициента вскрыши……*** 17

Контрольные вопросы.…… 22

Лабораторная работа № 4. ***Расчет заряда одиночной скважины……*** 23

Контрольные вопросы.…… 27

Лабораторная работа № 5. ***Расчет производительности бурового станка……..*** 29

Контрольные вопросы.…… 32

Лабораторная работа № 6. ***Расчет производительности карьерных экскаваторов…….*** 33

Контрольные вопросы.…… 36

Лабораторная работа № 7. ***Определение производительности карьерных автосамосвалов…..*** 37

Контрольные вопросы.…… 41

Лабораторная работа № 8. ***Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера…….*** 42

Контрольные вопросы.…… 46

Лабораторная работа № 9. ***Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте……*** 47

Контрольные вопросы.…… 51

Список использованных и рекомендуемых литературных источников.…….. 51

Приложение 1 *Исходные данные к лабораторной работе № 1 "Графическое изображение элементов горных работ".……..* 52

Приложение 2 *Исходные данные к лабораторной работе № 2 «Определение объема капитальных траншей».……* 58

Приложение 3 *Исходные данные к лабораторной работе № 3 «Определение объема, размеров, производи-тельности и срока службы карьера, запасов полезного ископаемого и коэффи-циента вскрыши»……* 59

Приложение 4 *Исходные данные к лабораторной работе № 4 «Расчет заряда одиночной скважины».……...* 60

Приложение 5 *Значение коэффициента $k_{разб}$ в зависимости от крепости пород.……...* 61

Приложение 6 *Значение коэффициента $k_з$.……..* 61

Приложение 7 *Исходные данные к лабораторной работе № 5 «Расчет производительности бурового станка».……* 62

Приложение 8 *Зависимость оптимальной скорости вращения бурового става.……* 63

Приложение 9 *Значение коэффициента k в зависимости от показателя буримости горных пород.……..* 63

Приложение 10 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 6 «Расчет производительности карьерных экскаваторов»……..* 64

Приложение 11 *Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнения ковша (по ЕНВ).……..* 64

Приложение 12 *Исходные данные для расчетов к лабораторной работе № 7 «Определение производитель-ности карьерных автосамосвалов».……* 65

Приложение 13 *Техническая характеристика карьерных автосамосвалов.……...* 66

Приложение 14 *Значение коэффициента технической готовности автосамосвалов.……...* 66

Приложение 15 *Среднетехнические скорости движения карьерных автосамосвалов.……...* 67

Приложение 16 *Исходные данные к лабораторной работе № 8 «Конструкция рабочего и нерабочего бортов карьера»……...* 68

Приложение 17 *Исходные данные к лабораторной работе № 9 «Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»……...* 69

Приложение 18 *Значение коэффициентов $k_п^o$, $k_{зав}$ и высоты яруса $h_я$ ……...* 70

Приложение 19 *Производительность бульдозеров (по данным института Гипроруда).……..* 70

Лабораторная 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 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 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

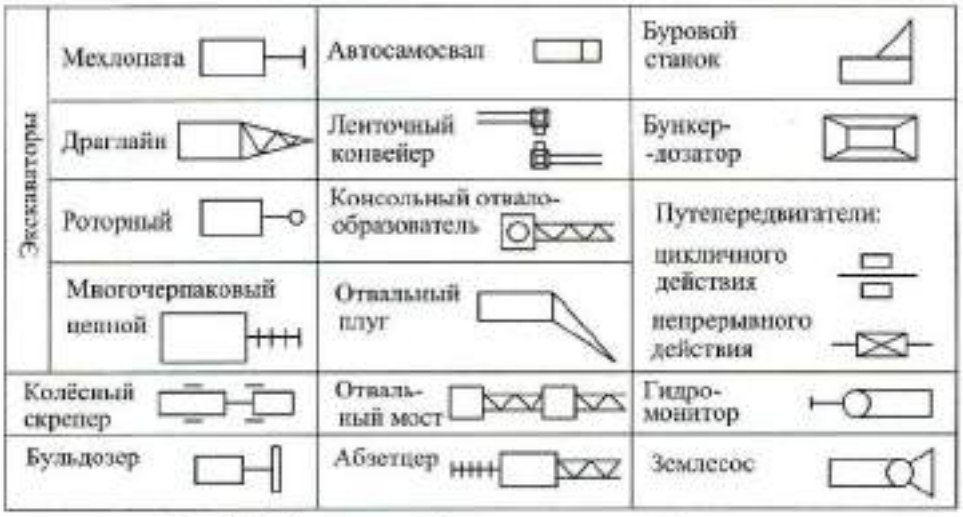
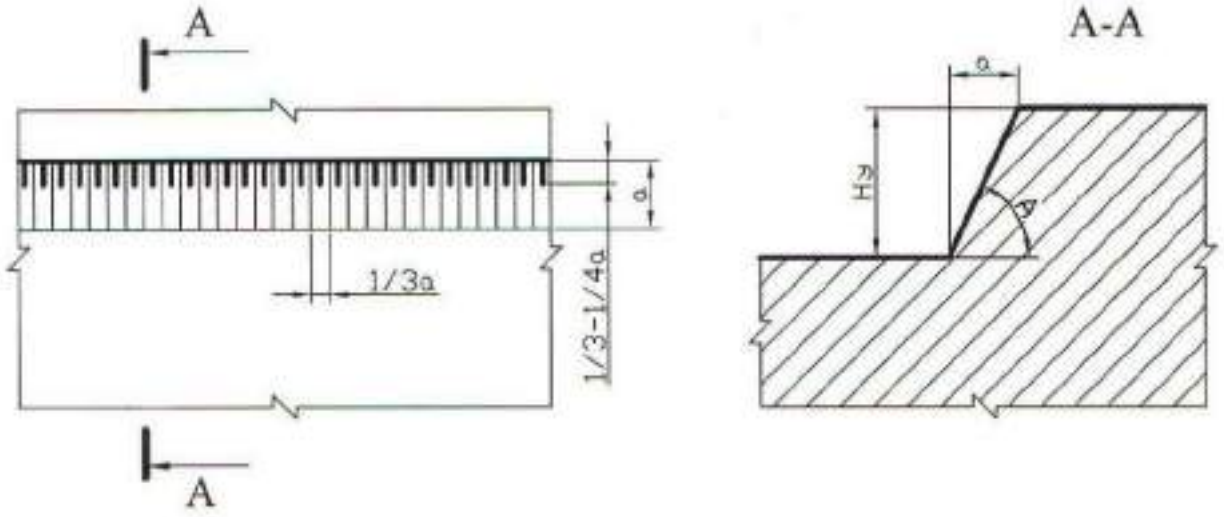


Рис. 1.3. Условные изображения горного оборудования

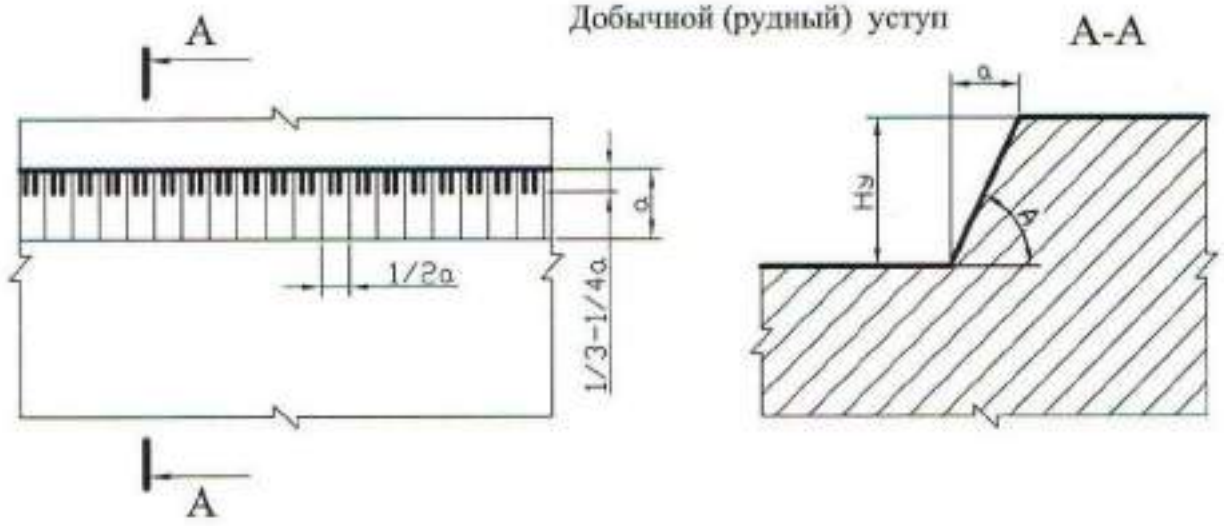
Наименование элемента	Обозначение элемента
Горизонтальное проложение породного уступа в целике	
Горизонтальное проложение уступа в полезном ископаемом, пройденного в целике	
Горизонтальное проложение породного уступа, пройденного по разрыхленной горной массе	
Горизонтальное проложение уступа в полезном 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

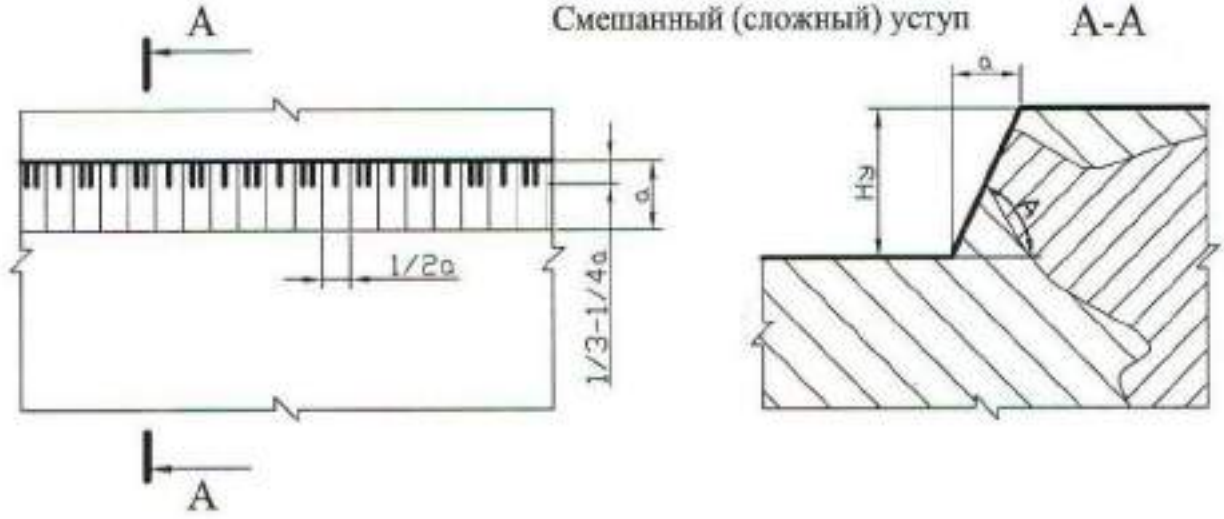


Рис. 1.5. Изображение уступов в целике

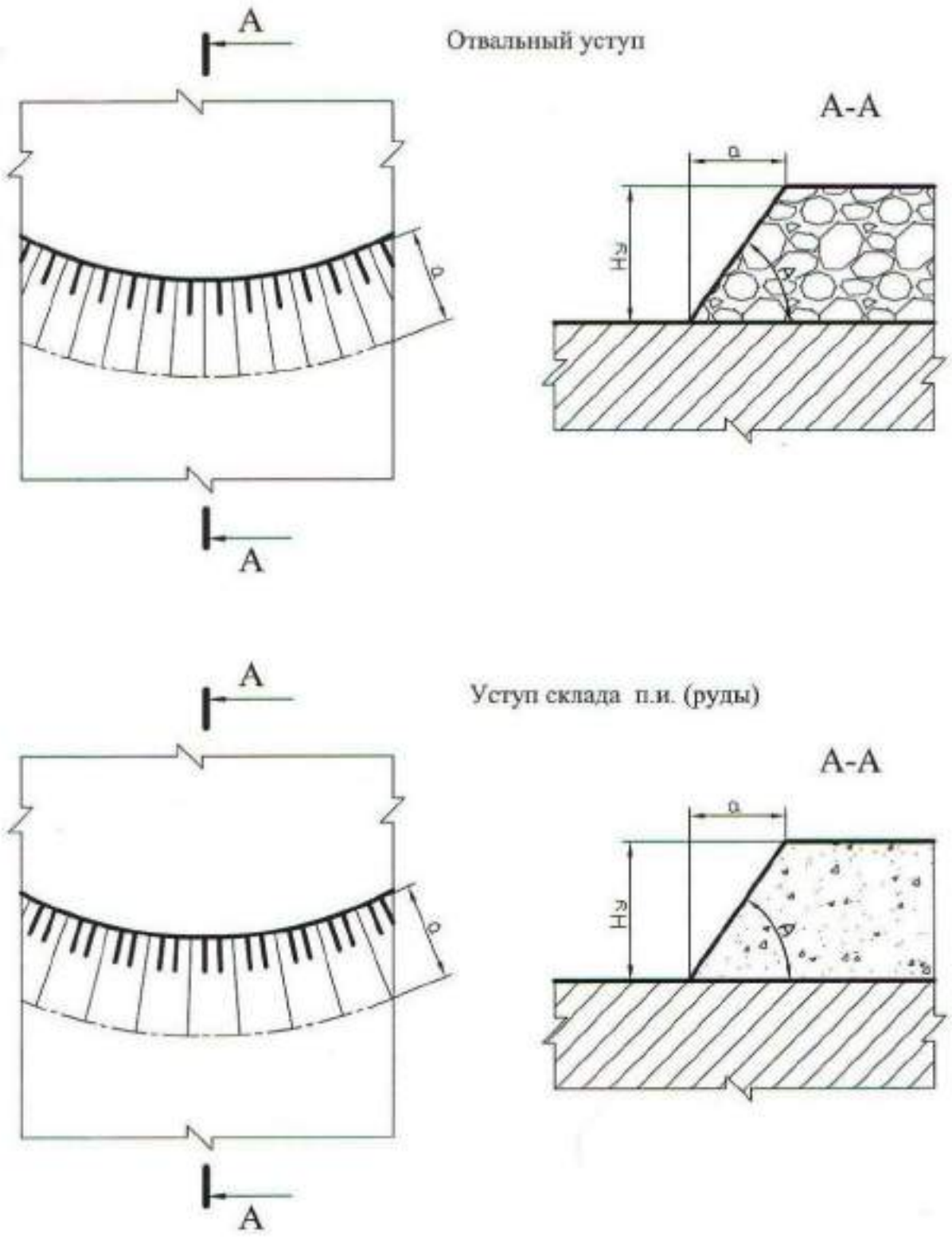
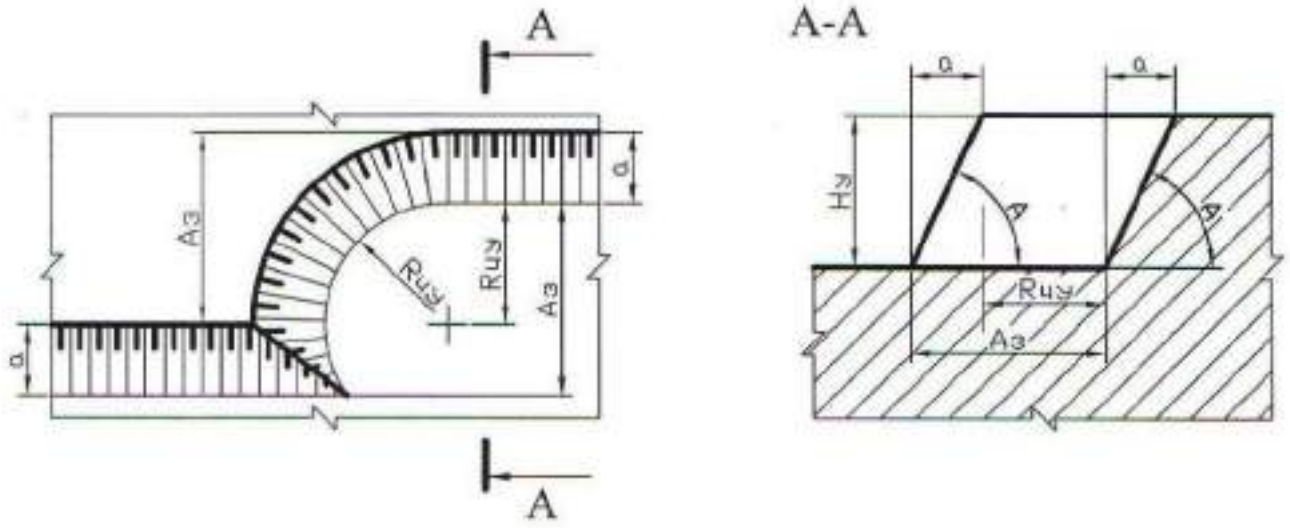
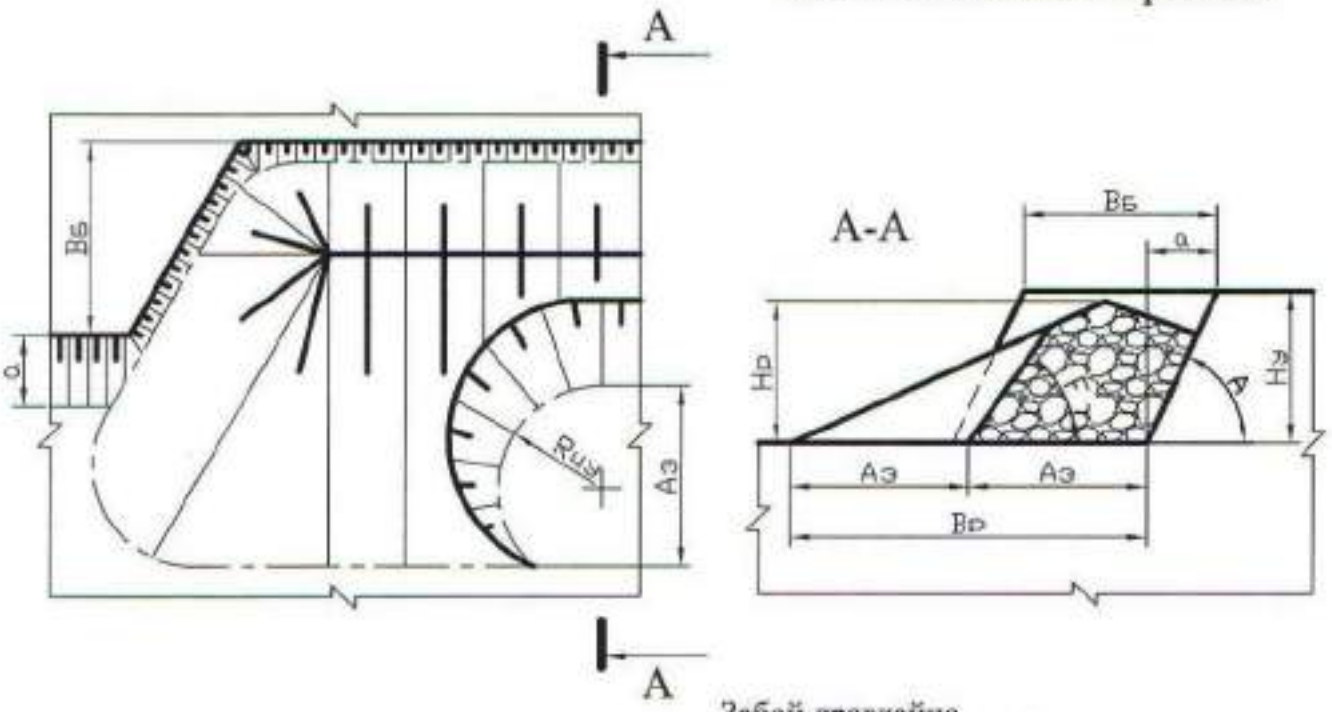


Рис. 1.6. Изображение уступов в искусственно разрыхленных горных породах

Забой мехлопаты в массиве



Забой мехлопаты в развале



Забой драглайна

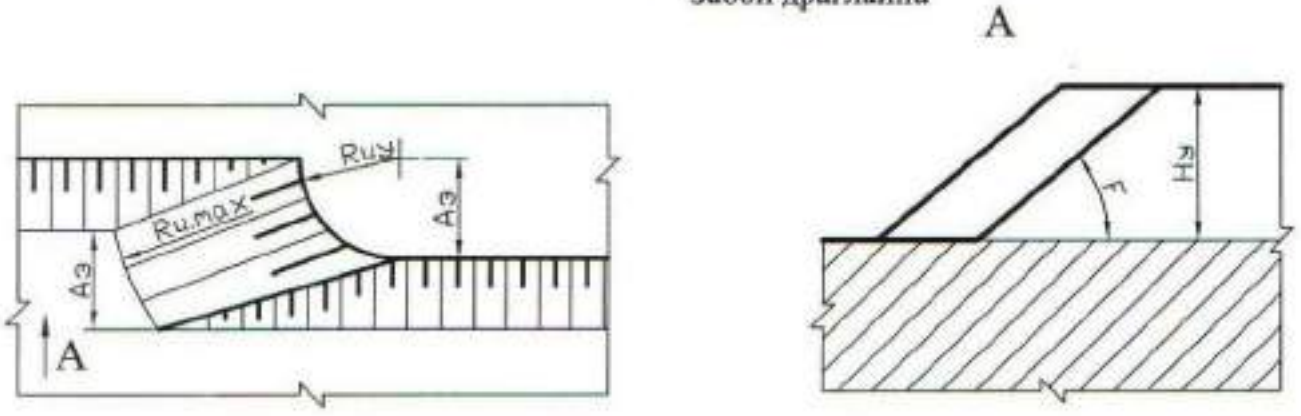


Рис. 1.7. Изображение забоев одноковшовых экскаваторов

Забой роторного экскаватора

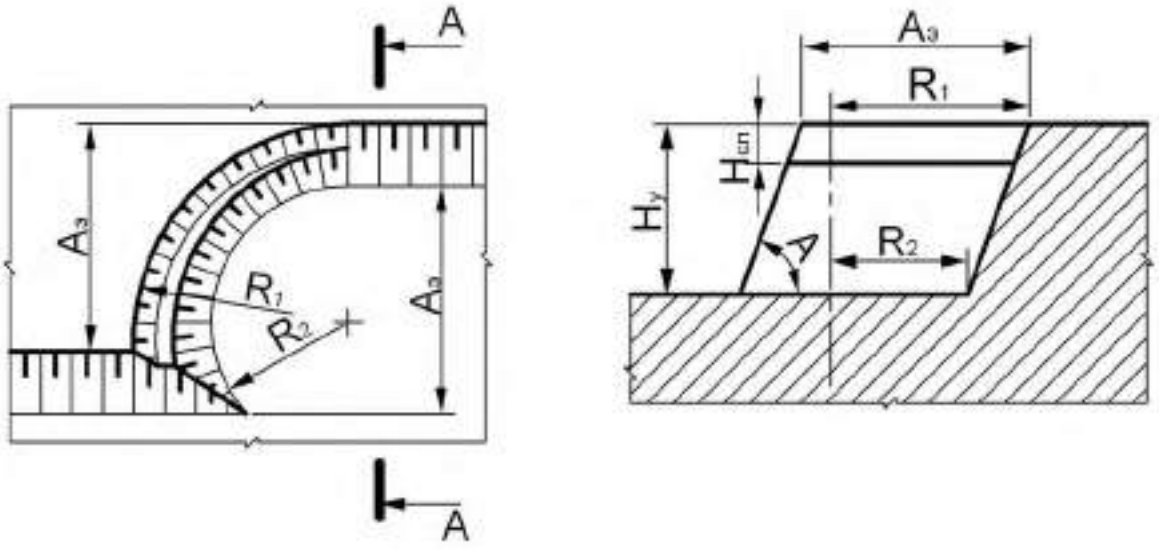


Рис. 1.8. Изображение забоя роторного экскаватора

Забой бульдозера

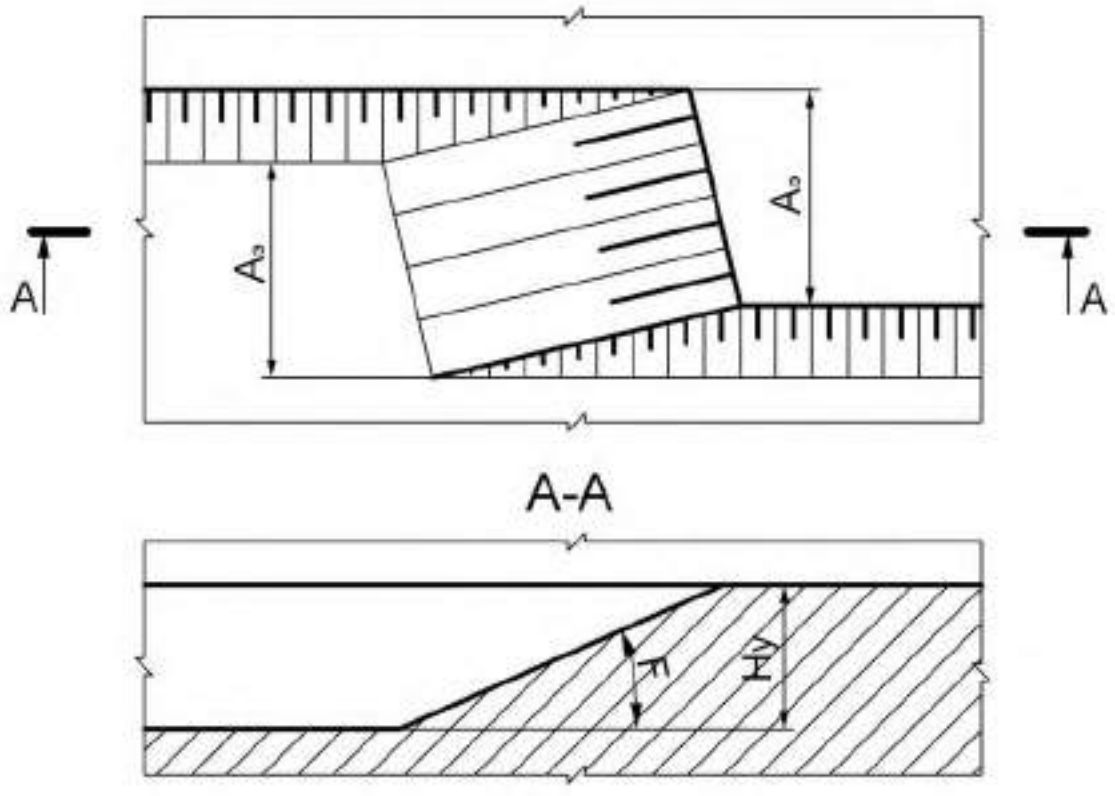


Рис. 1.9. Изображение бульдозерного забоя

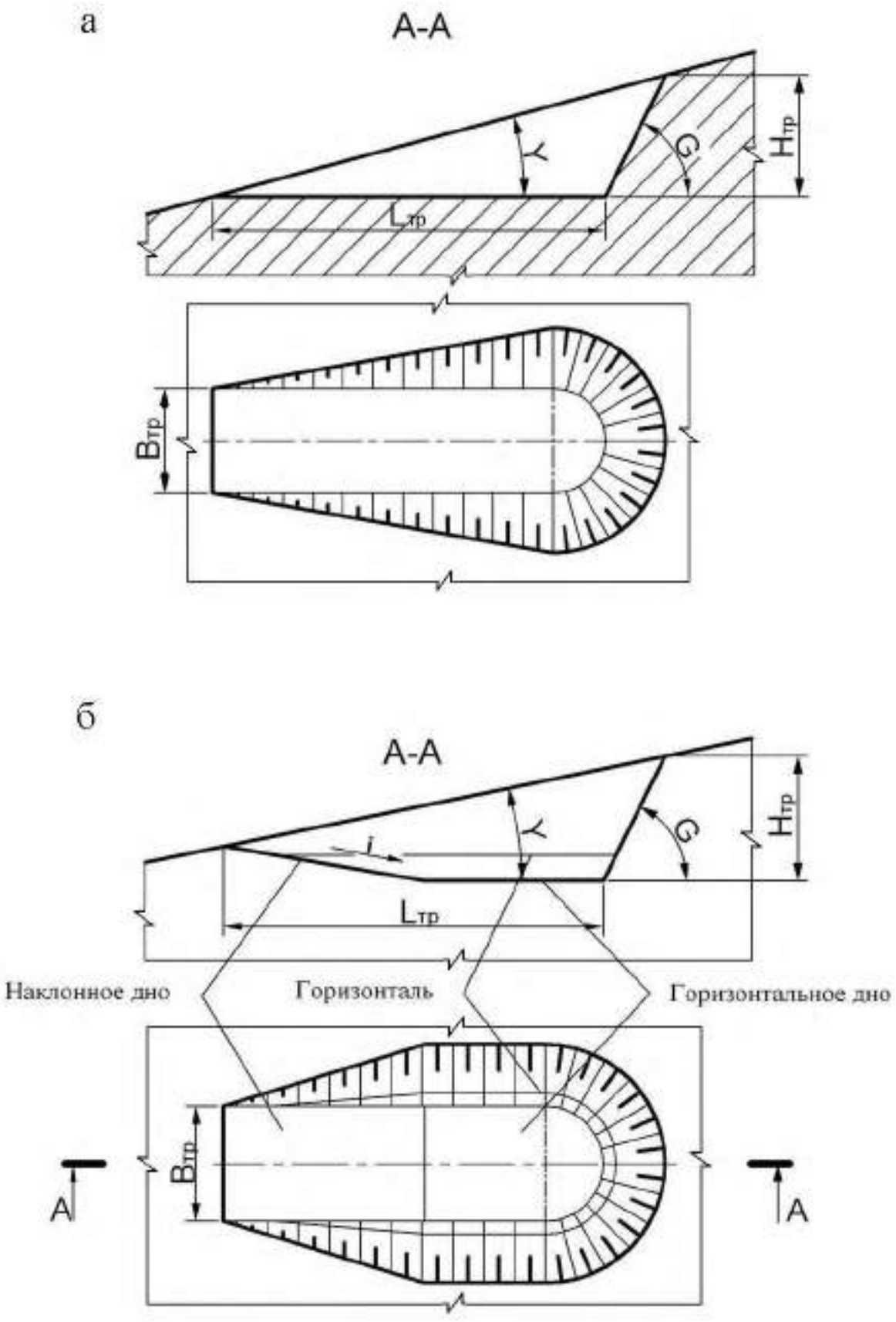


Рис. 1.10. Траншея на косогоре:
а – траншея с горизонтальным дном;
б – траншея с наклонным и горизонтальным дном

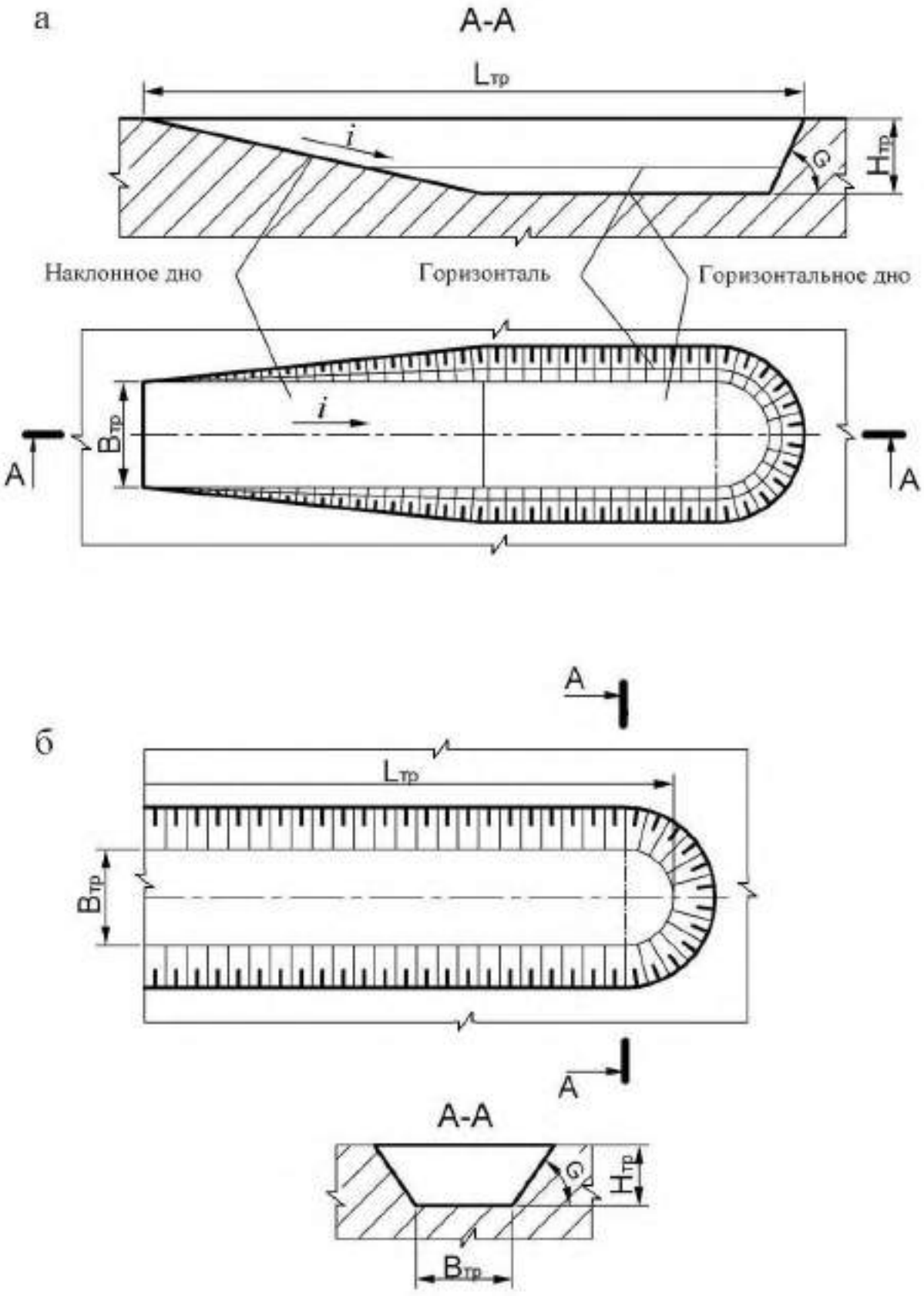
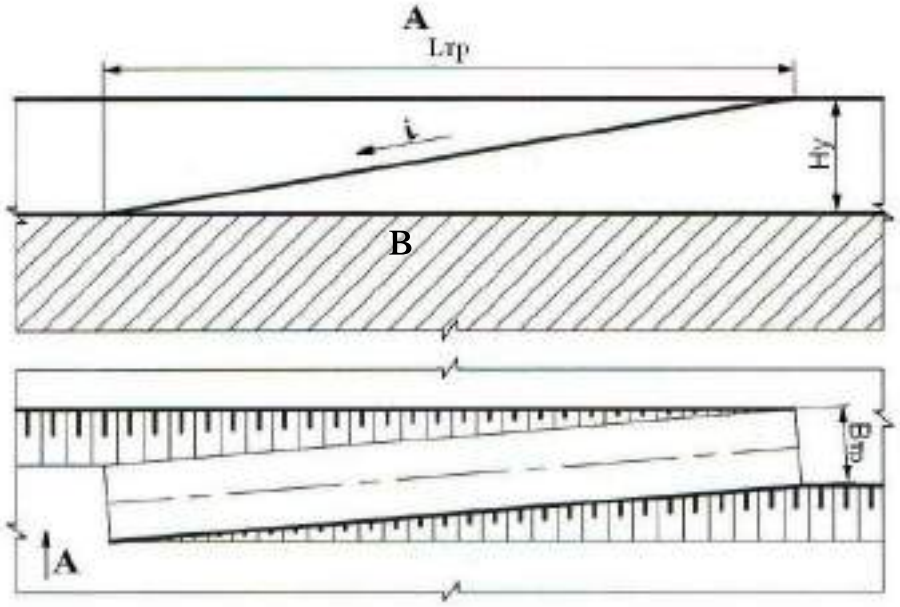
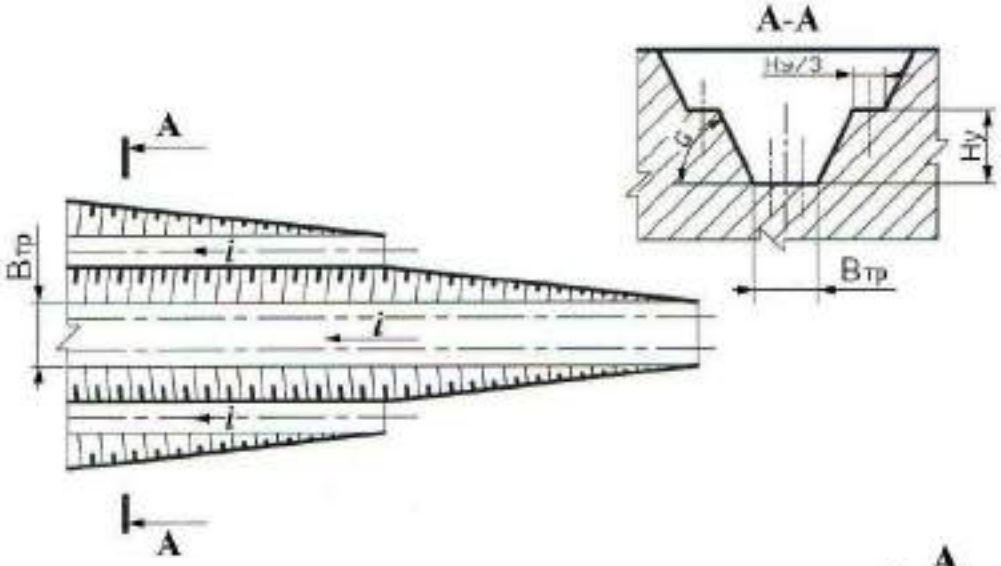


Рис. 1.11. Горизонтальные траншеи в равнинной местности:
а – траншея с горизонтальным и наклонным дном;
б – траншея с горизонтальным дном

а



б



в

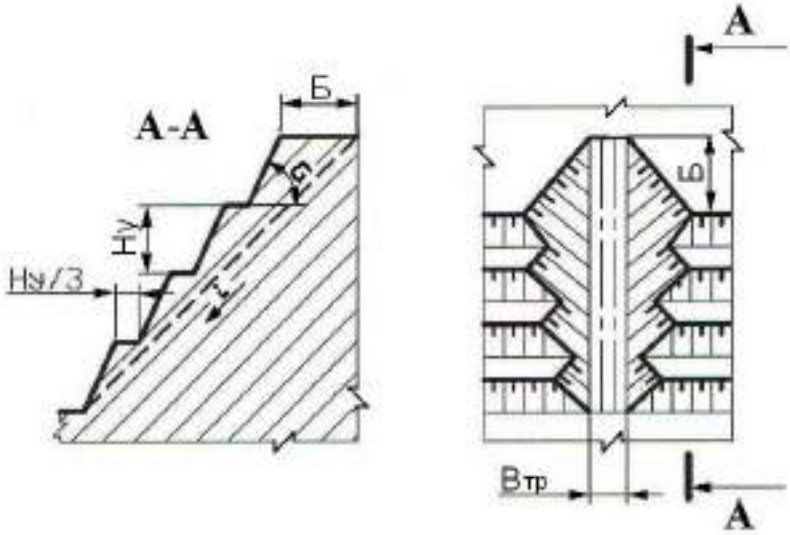


Рис. 1.12. Наклонные траншеи
а – внутренняя полутраншея (съезд); *б* – траншея групповая;
в – траншея крутонаклонная

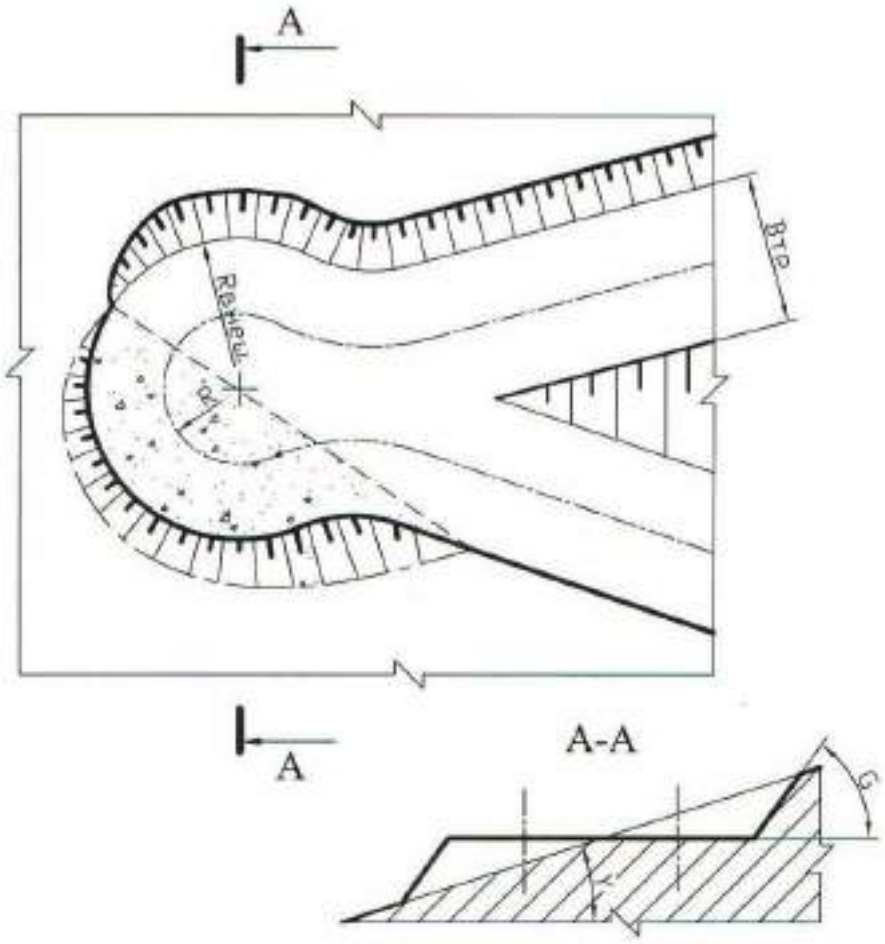


Рис. 1.13. Серпантина на косогоре

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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

$$V_1 = \frac{b_т h_т^2}{2i}, \tag{2.2}$$

где $b_т$ – ширина основания траншеи, м;

$h_т$ – глубина траншеи, м;

i – уклон траншеи, ед.

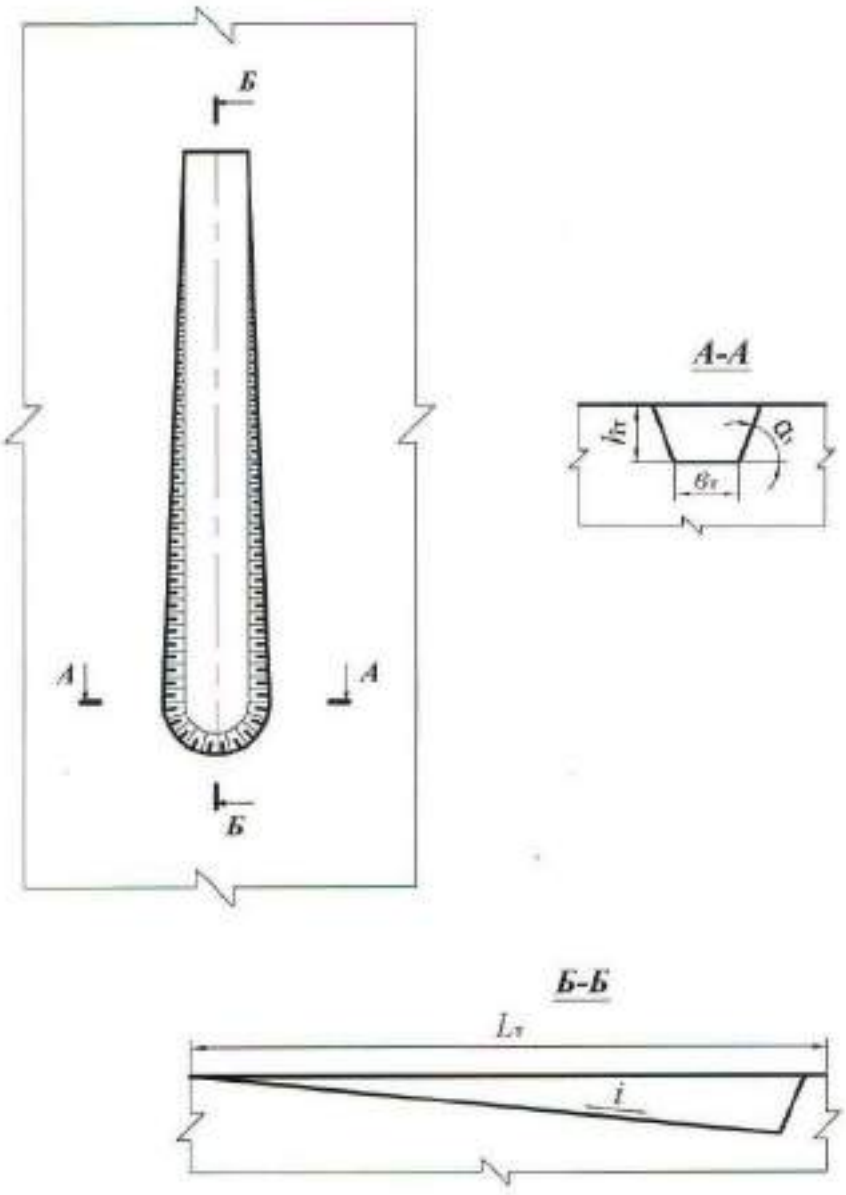


Рис. 2.1. Схема к расчету объема капитальной траншеи

Объем пирамиды V_2, (м^3) определяется

$$V_2 = \frac{h_т^3}{6i\,\mathrm{tg}\,\alpha_т}, \qquad (2.3)$$

где $\alpha_т$ – угол откоса борта траншеи, град.

После преобразования формулы (2.1) с учетом (2.2) и (2.3) объем траншеи

$$V_т = \frac{h_т^2}{i}\left(\frac{b_т}{2} + \frac{h_т}{3\mathrm{tg}\,\alpha_т}\right). \qquad (2.4)$$

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 на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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)

$$V_{\text{к}} = V_1 + V_2 + V_3, \qquad (3.1)$$

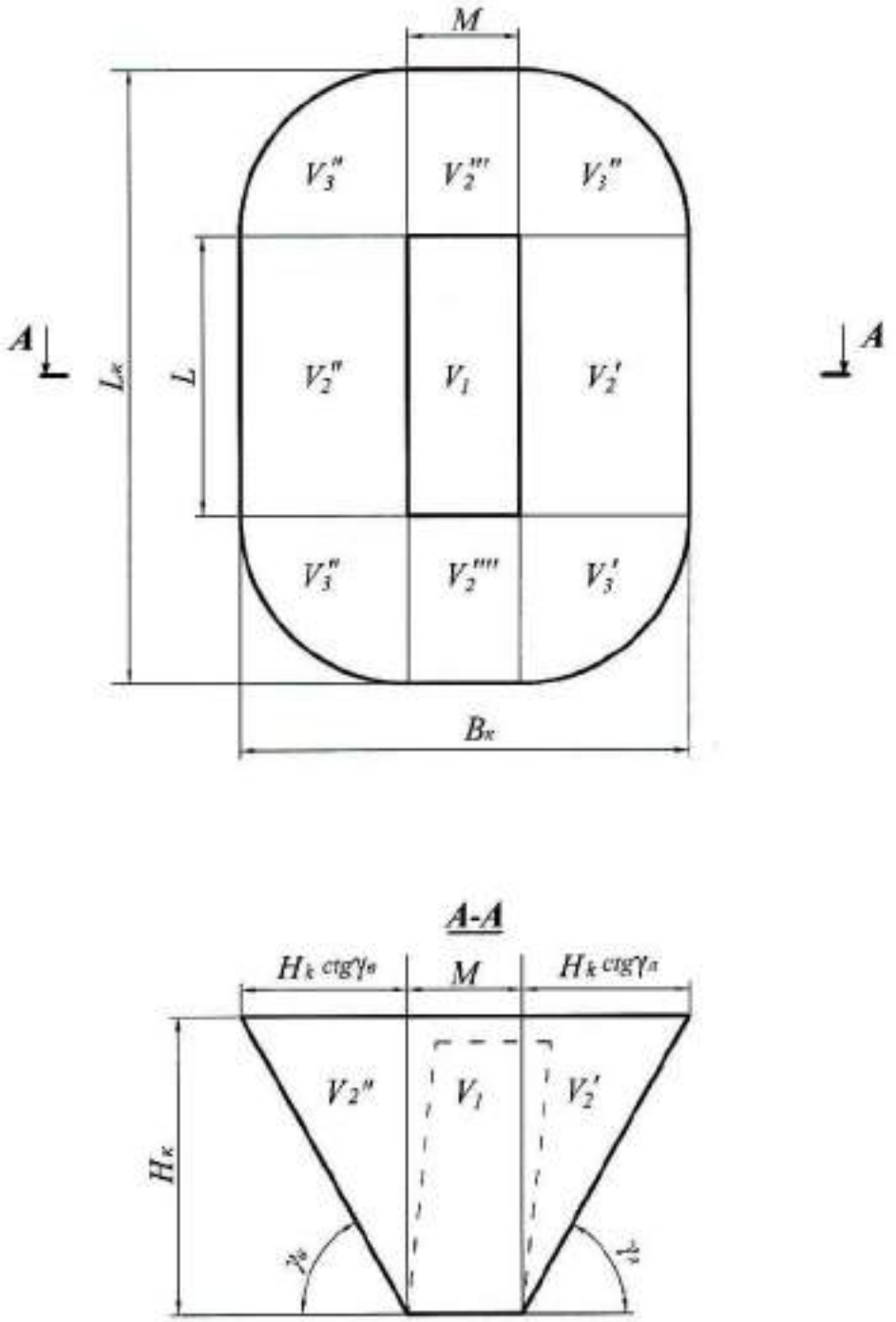


Рис. 3.1. Схема к расчету объема карьера

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 ($k_{\text{н}} = 1{,}1 \div 1{,}3$).

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. На миллиметровой бумаге 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 на миллиметровой бумаге и график зависимости $V_{к} = f(H_{к})$.

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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)

$$d_с = d_д k_{разб}, \quad (4.1)$$

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)

$$l_{пер} = 11 d_с, \quad (4.2)$$

где $d_с$ – диаметр скважины, м.

4.2.2.3. Определяется длина скважины ($l_с$, м)

$$l_с = H_у + l_{пер}, \quad (4.3)$$

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).

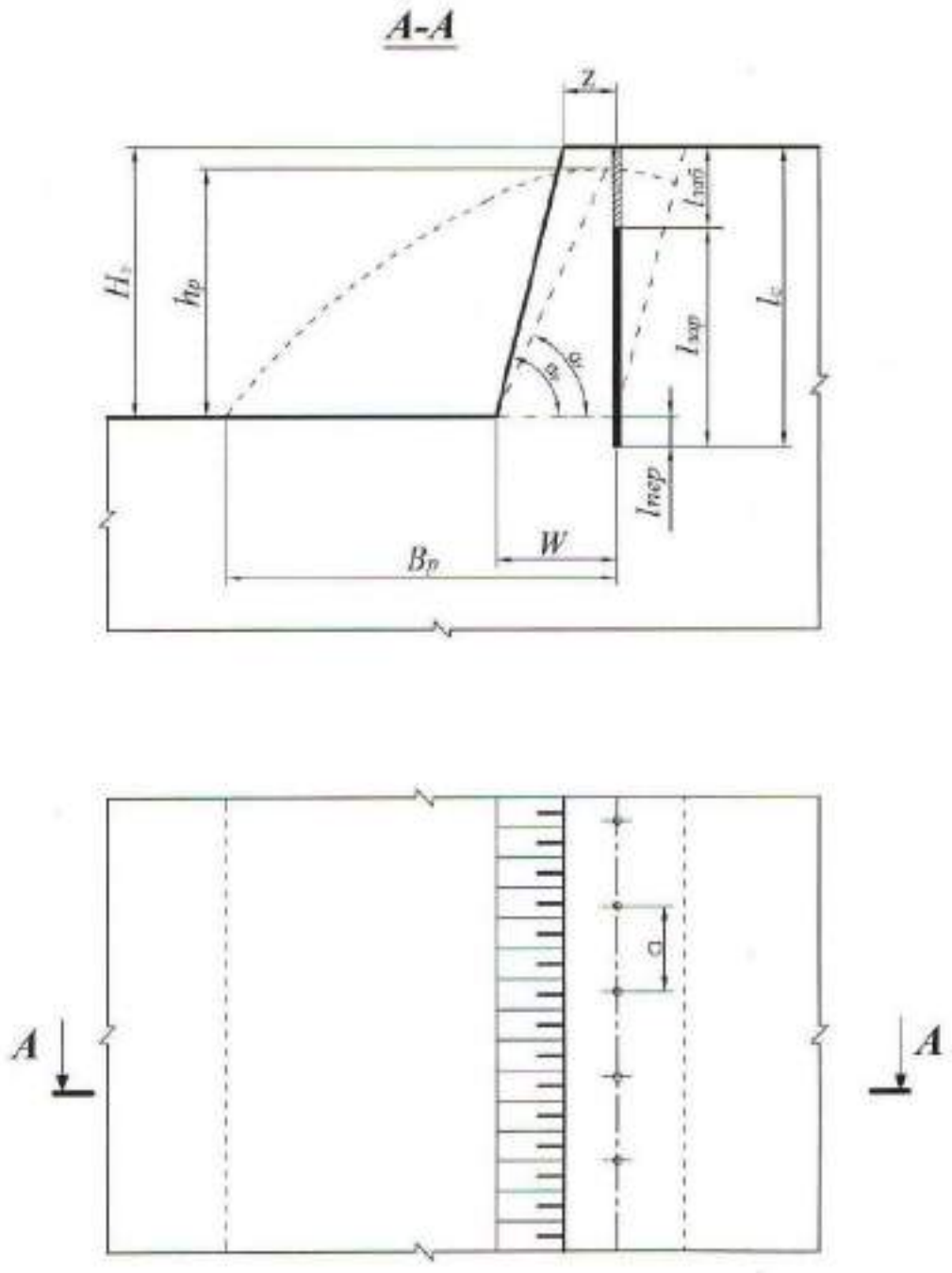


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \qquad (4.4)$$

где $l_с$ – длина скважины, м.

4.2.2.4. Принимается (задается) тип взрывчатого вещества (ВВ) (прил. 4) и конструкция скважины (заряда) – сплошно вертикальный заряд (рис. 4.1).

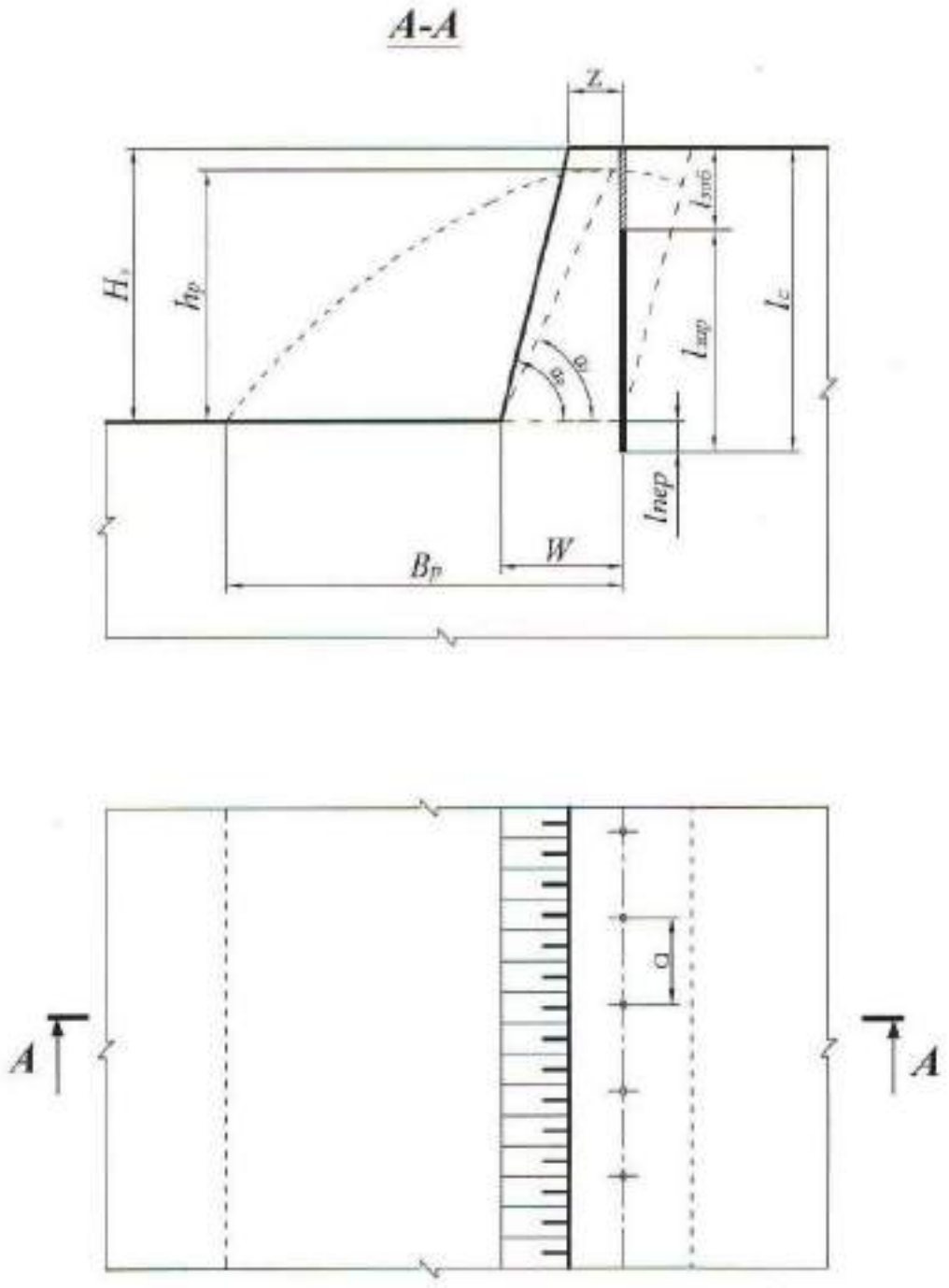


Рис. 4.1. Расположение скважин на уступе

4.2.2.5. Определяется длина забойки ($l_{заб}$, м)

$$l_{заб} = 0{,}27 l_с, \qquad (4.4)$$

где $l_с$ – длина скважины, м.

4.2.2.6. Определяется длина заряда взрывчатого вещества (ВВ) в скважине ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_{с} - l_{заб}. \quad (4.5)$$

4.2.2.7. Определяется удельная вместимость скважины (p, кг/м)

$$p = 7{,}85 d_{с}^{2} \Delta, \quad (4.6)$$

где $d_{с}$ – диаметр скважины, дм;

Δ – 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.

$$Z = H_{у} \left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р} \right) \geq 2,$$

где $\alpha_{у}$ – угол устойчивого откоса уступа, град ($\alpha_{у}$ на 5-10° меньше $\alpha_{р}$);

$H_{у} \left(\operatorname{ctg} \alpha_{у} - \operatorname{ctg} \alpha_{р} \right)$ – 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 $l_{пер}$ 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 $l_{\text{зар}} = \frac{Q_{\text{з}}}{p}$ 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 (τ, мс)

$$\tau = kW, \tag{4.16}$$

где k – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (для средневзрываемых пород $k = 3{,}0 \div 4{,}0$).

4.2.2.16. Определяется высота развала ($h_р$, м)

$$h_р \approx \frac{2H_у W k_р}{B_р}, \qquad (4.17)$$

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 $k_р = 1{,}4 \div 1{,}6$.

4.2.2.17. Определяется выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{г.м} = \frac{H_у a W}{l_с}. \qquad (4.18)$$

4.2.3. На миллиметровой бумаге 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 лабораторной 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?

Лабораторная 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 $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, ρ 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;

ρ – 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.)

$$N_{б.с} = \frac{V_{г.м}}{A_б^г q_{г.м}}, \tag{5.7}$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем обуриваемой горной массы, м^3 (принимается $V_{г.м}$ = = $П_{г.м}$ по результатам выполнения лаб. работы № 3);

$q_{г.м}$ – выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м (принимается по результатам выполнения лаб. работы № 4).

Рабочий парк буровых станков ($N_{бр}$, ед.)

$$N_{бр} = \frac{N_{бс}}{k_{рез}}, \tag{5.8}$$

где $k_{рез}$ – коэффициент резерва буровых станков.

$$k_{рез} = \frac{T_г}{n_{р.д.с}}, \tag{5.9}$$

где $T_г$ – число рабочих дней карьера в году, дней/год ($T_г$ = 350 дней/год).

5.2.3. Исследовать зависимость технической скорости бурения ($v_б$, м/ч) от показателя буримости горных пород ($П_б$).

Для этого произвести расчет $v_б$ для пяти значений $П_б$. За базовое значение принять $П_б$, полученное при выполнении п. 5.2.2.1. Для принятия четырех оставшихся значений $П_б$ принять шаг варьирования от базового $\Delta П_б$ = 0,5÷1,5. Два принятых значения $П_б$ должны превышать базовое, а два быть меньше его. Строится график $v_б = f(П_б)$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы, все необходимые расчеты, а также график зависимости $v_б = f(П_б)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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;

$T_ц$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р, \qquad (6.2)$$

где $T_ч$ – длительность черпания, с;

$$T_ч = \frac{194 d_{ср}^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \quad (6.3)$$

$d_{ср}$ – размер «среднего» куска в развале взорванной горной массы, м;

$$d_{ср} = (0{,}3 \div 0{,}4)\sqrt[3]{E}, \quad (6.4)$$

$T_{пов}$ – длительность поворота экскаватора для разгрузки ковша, с;

$$T_{пов} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \quad (6.5)$$

$T_р$ – длительность разгрузки ковша, с;

где β – средний угол поворота экскаватора для разгрузки ковша, град;

(при E = 1÷3 м^3, $T_р$ = 1,5÷2,5 с;

при E = 3÷8 м^3, $T_р$ = 2,5÷2,7 с;

при E = 12÷20 м^3, $T_р$ = 2,9÷3,5 с);

$k_э$ – коэффициент экскавации пород,

$$k_э = \frac{k_н}{k_р},$$

где $k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициент разрыхления пород в ковше экскаватора.

Значения $k_н$ и $k_р$ принимать по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

6.2.2.2. Сменная производительность экскаватора ($A_{см}$, м^3/смену)

$$A_{см} = A_т \, T_{см} \, k_и , \quad (6.6)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч/смену;

$k_и$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены (прил. 10).

6.2.2.3. Суточная производительность экскаватора ($A_с$, м^3/сут)

$$A_с = A_{см} \, n_{см}, \quad (6.7)$$

где $n_{см}$ – число рабочих смен в сутках, смен/сут. ($n_{см}$ = 2÷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.)

$$N_{эс} = \frac{П_{г.м}}{A г}, \tag{6.9}$$

где $П_{г.м}$ – производительность карьера по горной массе, м^3/год (принимается по результатам выполнения лабораторной 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 $150^o > \beta > 90^o$. Интервал варьирования $\Delta\beta = 5 \div 10^o$.

Базовое значение β принять из прил. 10 для заданного варианта. Для принятия четырех оставшихся значений β принять шаг варьирования от базового $\Delta\beta = (5 \div 10)^o$.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также график зависимости $A_т = f(\beta)$ на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени;

$T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – 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. лабораторную 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 $T_ц^э$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. лабораторную 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 ($n_к$):

исходя из грузоподъемности автосамосвала

$$n_к = \frac{q_а k_р}{E k_н \rho}, \tag{7.5}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т;

$k_р$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора;

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора;

ρ – плотность пород в целике, т/м^3 (значения $k_н$, $k_р$ и ρ принимаются по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород);

исходя из вместимости кузова автосамосвала с «шапкой»

$$n_к = \frac{0{,}9V'_а}{E k_н}, \tag{7.6}$$

где $V'_а$ – вместимость кузова автосамосвала с «шапкой» (см. прил. 13), м^3.

Затем сравниваются значения $n_к$, вычисленные по формулам (7.5) и (7.6), выбирается меньшее ($n_к$) и округляется до ближайшего целого числа, которое принимается за $n_{\text{min цик}}$.

Вес груза рассчитывается (q, т)

$$q = \frac{E k_н}{k_р} n_{\text{min цик}} \rho. \tag{7.7}$$

Осуществляется проверка условия

$$q \le 1{,}1 q_а, \tag{7.8}$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

7.2.2.3. Производится расчет времени движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях ($t_д$, мин.)

$$t_{\text{д}} = 60\frac{2L}{v_{\text{ср.т}}}, \tag{7.9}$$

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.)

$$N_{\text{а.р}} = \frac{V_{\text{см}}}{Q_{\text{а}}}, \tag{7.10}$$

где $V_{\text{см}}$ – сменный объем перевозок, т/смену.

$$V_{\text{см}} = k_{\text{н}}\left(П_{\text{п.и}}^{\text{см}} + П_{\text{в}}^{\text{см}}\rho\right), \tag{7.11}$$

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;

ρ – плотность вскрышных пород в целике, т/м^3.

$П_{\text{п.и}}^{\text{см}}$ и $П_{\text{в}}^{\text{см}}$ принимаются по результатам выполнения лабораторной работы № 3, ρ – по прил. 11 в зависимости от заданной категории пород по трудности экскавации.

Инвентарный парк автосамосвалов ($N_{\text{а.и}}$, ед.)

$$N_{\text{а.и}} = \frac{N_{\text{а.р}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (7.12)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности, определяемый по прил. 14, в зависимости от суточного пробега автосамосвала.

Суточный пробег автосамосвала ($L_{\text{с}}$, км/сут)

$$L_{\text{с}} = \frac{2LQ_{\text{а}}}{q} k_{\text{о}} k_{\text{см}}, \qquad (7.13)$$

где $k_{\text{о}}$ – коэффициент, учитывающий нулевой пробег от гаража до места работы и обратно ($k_{\text{о}} = 1{,}05$);

$k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности – среднее количество полных смен отработанных автосамосвалом за сутки (принять $k_{\text{см}} = 2{,}5$).

7.2.3. Исследовать зависимость сменной производительности автосамосвала от расстояния транспортирования или высоты подъема горной массы и построить график $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Производится расчет для пяти значений L или $H_{\text{п}}$. Интервал варьирования расстояния транспортирования ΔL = 0,2÷0,4 км, высоты подъема горной массы $\Delta H_{\text{п}}$ = 20 м.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные формулы и результаты расчетов, а также графики зависимостей $Q_{\text{а}} = f(L)$ или $Q_{\text{а}} = f(H_{\text{п}})$.

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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)

$$Ш_{р.п} = B_р + C + T + S + Z + Ш_{в.б}, \qquad (8.2)$$

где $B_р$ – ширина развала породы, м (принимается по результатам расчетов из лабораторной 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 лабораторной работы № 4);

$$Z = H_у (\text{ctg}\, \alpha_у - \text{ctg}\, \alpha); \quad (8.3)$$

α – 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 (φ)

$$\text{tg}\, \varphi = H_{р.б} / C_{р.б}. \quad (8.5)$$

8.2.2.5. Определяется величина угла откоса, град, рабочего борта φ: $\varphi = \text{arctg}\, (\text{tg}\, \varphi)$.

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)

$$C_{н.б} = n_{н.у} (H_у \,\text{ctg}\, \alpha_у + b_с) + (n_{н.у} - 1)\, b_б, \quad (8.7)$$

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)

$$\text{tg}\,\gamma = H_{\text{н.б}} / C_{\text{н.б}}. \quad (8.8)$$

Затем сам угол откоса, град, нерабочего борта карьера (γ):

$$\gamma = \text{arctg}\,(\text{tg}\,\gamma). \quad (8.9)$$

8.2.3. На миллиметровой бумаге 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.

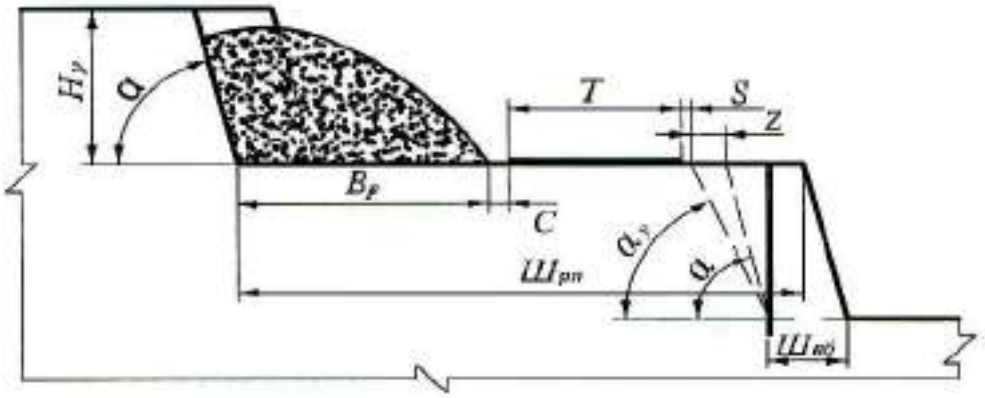


Рис. 8.1. Рабочая площадка

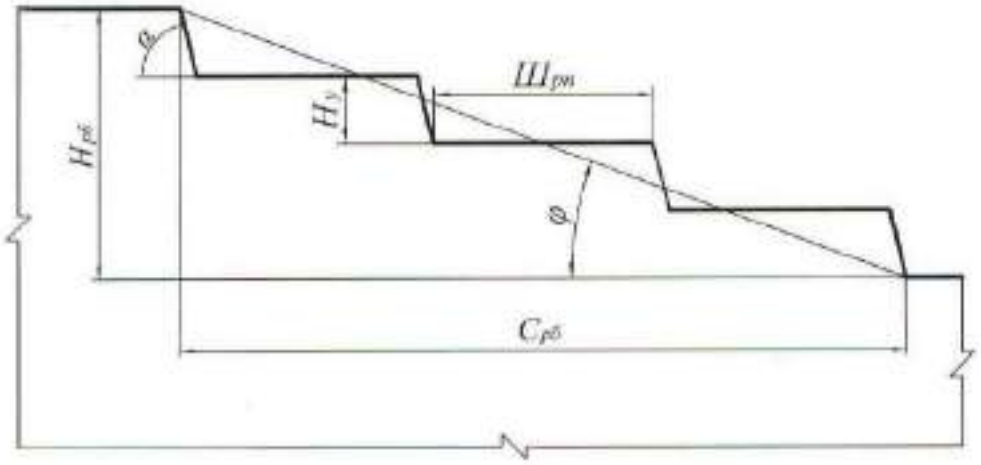
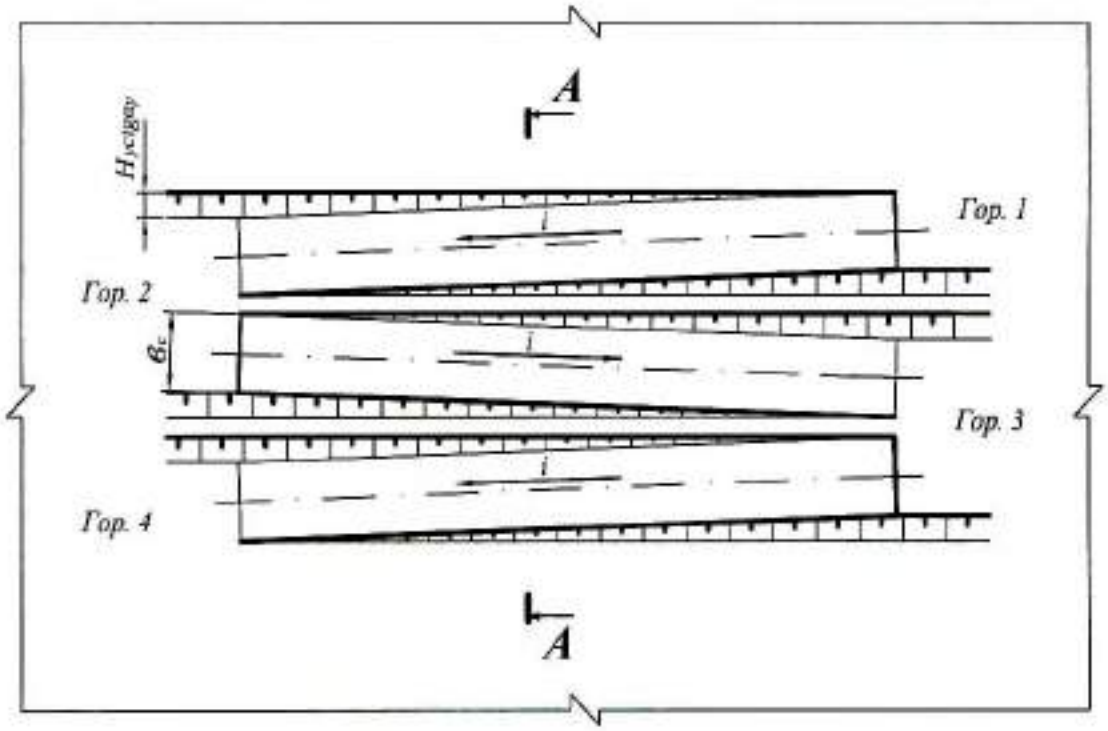


Рис. 8.2. Рабочий борт карьера

а)



б)

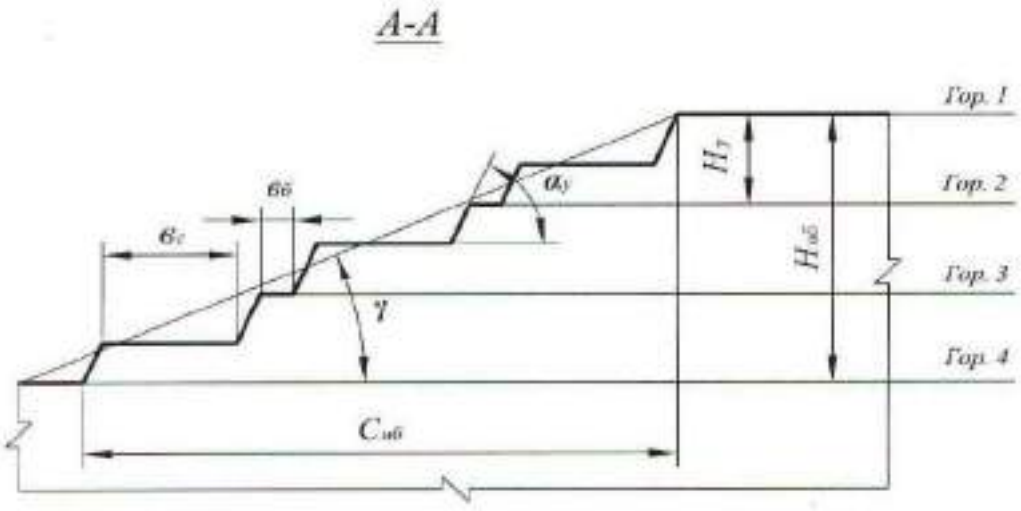


Рис. 8.3. Нерабочий борт карьера:
а – автомобильный съезд на нерабочем борту; *б* – профиль нерабочего борта

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 φ = f ($H_у$) или φ = f ($Ш_{р.п}$).

Контрольные вопросы к лабораторной 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?

Лабораторная 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 ($S_о$, м^2)

$$S_о = \frac{W k_р^о}{n_я h_я \eta_о}, \qquad (9.1)$$

где W – объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования, м^3 (см. прил. 17);

$k_р^о$ – коэффициент разрыхления пород в отвале (см. прил. 18);

$h_я$ – высота яруса, м (см. прил. 18);

$n_я$ – количество ярусов;

$\eta_о$ – коэффициент использования площади отвала ($\eta_о$ 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 ($N_о$, ед./ч)

$$N_о = \frac{П_в^ч k_н}{Q_п}, \qquad (9.2)$$

где $П_в^ч$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч;

$k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н = 1{,}1 \div 1{,}2$);

$Q_п$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

$$Q_п = q/\rho, \qquad (9.3)$$

где q – вес груза в кузове автосамосвала, т (величина q принимается по результатам расчетов в лабораторной работе № 7);

ρ – 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:

$$L_{о} = 3L_{р}. \qquad (9.6)$$

9.2.2.6. Определяется сменный объем бульдозерных работ по формированию отвала ($Q_{б}$, м^3/смену)

$$Q_{б} = П_{в}^{см} k_{н} k_{зав}, \quad (9.7)$$

где $П_{в}^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену;

$$П_{в}^{см} = П_{в}^{ч} T_{см}, \quad (9.8)$$

где $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» (см. прил. 18).

9.2.2.7. Выбирается модель бульдозера (см. прил. 19) и определяется число бульдозеров в работе ($N_б$, ед.):

$$N_б = Q_б / П_б, \quad (9.9)$$

где $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену (принимается по прил. 19).

9.2.2.8. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, ед.)

$$N_{б.и} = 1{,}4\ N_б, \quad (9.10)$$

где 1,4 – ориентировочное значение коэффициента резерва бульдозеров.

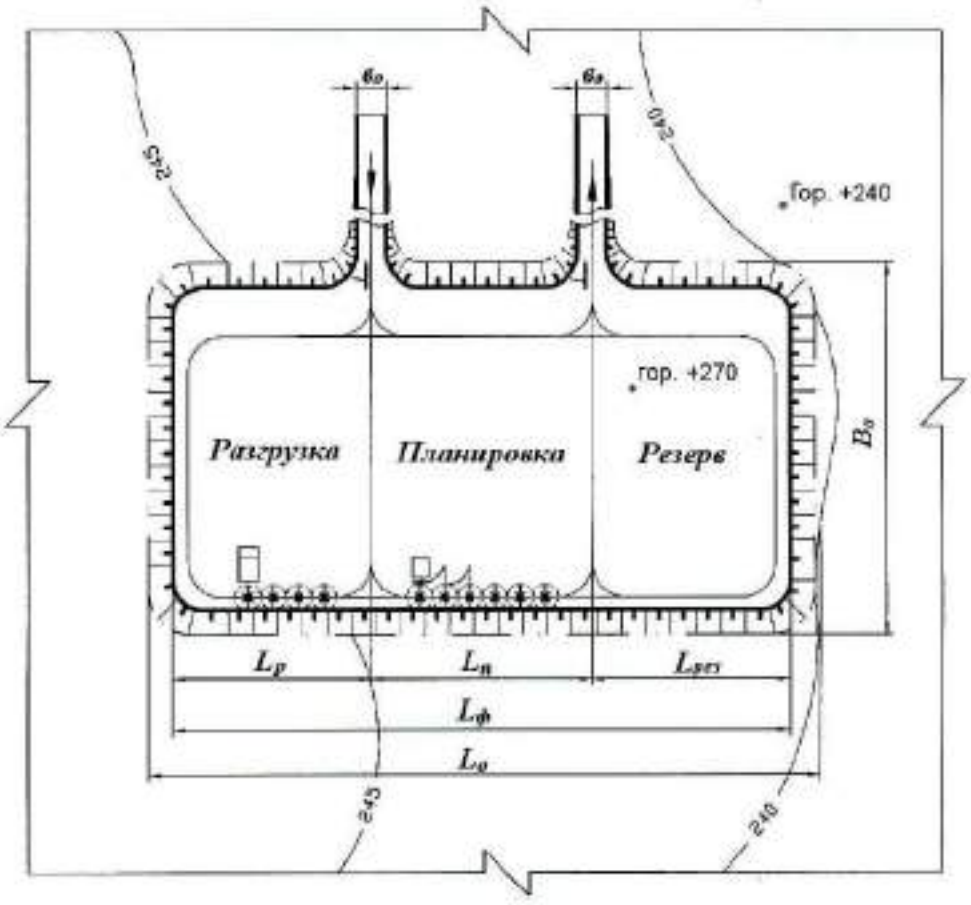


Рис. 9.1. План бульдозерного отвала

9.2.3. На миллиметровой бумаге 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 на миллиметровой бумаге.

Контрольные вопросы к лабораторной 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.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ 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	$V_т = f(b_т)$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ 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 ЛАБОРАТОРНОЙ 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	Δ, 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 $k_з$

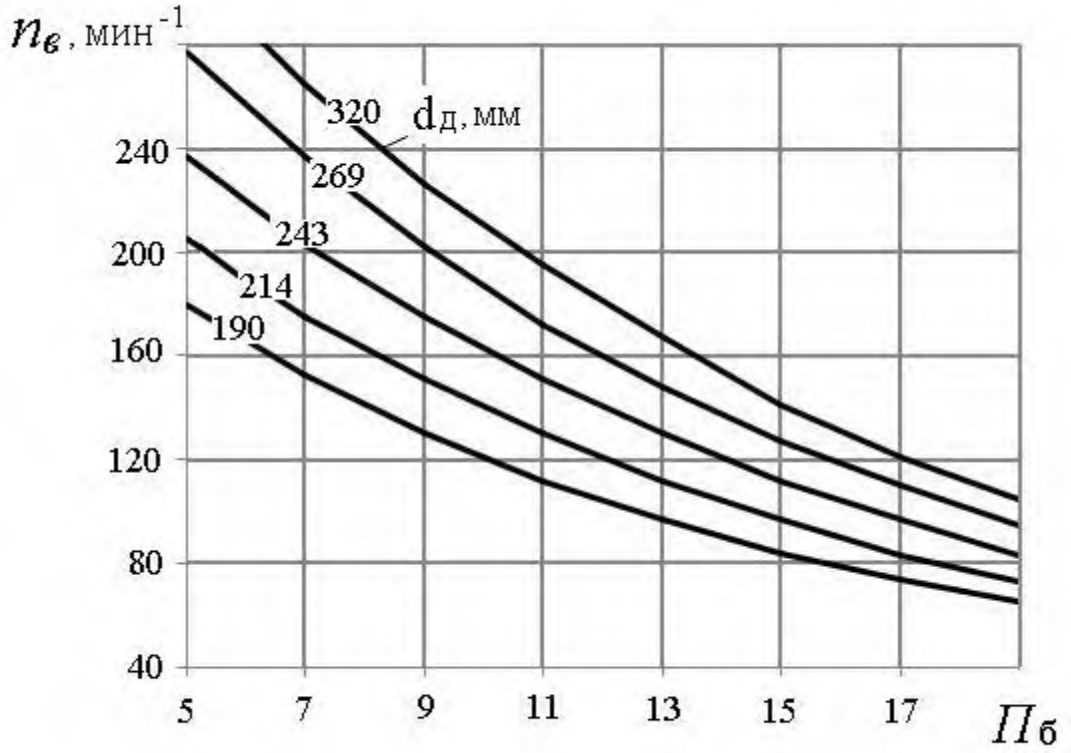
Время замедления, τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$k_з$	1	0,95	0,90	0,85	0,80

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5
«Расчет производительности бурового станка»

Вариант	$d_д$, мм	$\sigma_{сж}$, МПа	$\sigma_{сд}$, МПа	ρ, 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 ЛАБОРАТОРНОЙ 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 ЛАБОРАТОРНОЙ 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 ЛАБОРАТОРНОЙ 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 ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 9
«Расчет бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

Вари-ант	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 $k_{\text{р}}^{\text{о}}$, $k_{\text{зав}}$ и высоты яруса $h_{\text{я}}$

Породы	$h_{\text{я}}$, м	Значения коэффициентов	
		$k_{\text{р}}^{\text{о}}$	$k_{\text{зав}}$
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

Приложение 1

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		$R_{ч.у}$, м	$R_{ч.мах,}$, м	R_1, м	R_2, м	$H_{сл}$, м
										забоя, F	уступа, A					
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 тран-шея	28	8	1	20	60
20	Внутри карьера				7,5	22	450	65	Внешняя тран-шея	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 тран-шея	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 тран-шея	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 тран-шея	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 груп-повая 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 тран-шея	30	8	1	17	70
28	Внутри карьера				15	30	600	75	Внешняя груп-повая 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 тран-шея	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

Юрий Иванович Лель
Юрий Владимирович Стенин
Андрей Дмитриевич Стариков
Алексей Владимирович Топоров

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАРАМЕТРОВ И ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

РУКОВОДСТВО
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Основы горного дела»
для студентов специальности
130403 – «Открытые горные работы» (ОГР)
направления 130400 – «Горное дело»

3-е изд., испр. и доп.

Редактор *В. В. Баклаева*

Корректура кафедры разработки месторождений открытым способом

Подписано в печать Гарнитура Times New Roman
Печать на ризографе Формат бумаги 60×84 1/16/ Бумага писчая
Печ. л. 4,1/ Уч.- изд. л. 3,61/ Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано в лаборатории множительной техники УГГУ

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

Б1.В.01 ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Направленность (профиль)
Открытые горные работы

форма обучения: очная, заочная

Автор: Комиссаров А. П., профессор, д.т.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Горных машин и комплексов	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лагунова Ю. А.	Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 02.09.2021	Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

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.

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 студенты 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.

---

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

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.

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 указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к 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. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. 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).
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 должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать 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 будущих

---

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

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.

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. 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. Работа с источником

Чтение источника (книги, статьи, отчета и т.п.) рекомендуется осуществлять в два этапа:

I этап — ознакомительное чтение;

II этап — основное чтение с записями.

Первый этап – это предварительное ознакомление с источником (книгой, отчетом, статьей и т.д.).

Ознакомление должно дать ответ – представляет ли источник интерес, и если да, то в чем, какими методами его можно обработать.

Второй этап – основное чтение источника и записи. Запись – наиболее эффективный путь усвоения информации. Это связано с тем, что она представляет (должна представлять) творческий процесс анализа содержания источника, определение наиболее существенного в информации, содержащейся в источнике, и отбор самого важного для того, чтобы дать эту информацию в сжатом («свернутом») виде.

Важными факторами при проработке литературы (особенно нового текста) являются настойчивость и систематичность. Последовательное, систематическое, аналитическое чтение облегчает усвоение прорабатываемого материала.

При записи используется не только зрительная, но и двигательная память.

Примерный порядок составления опорного конспекта

1. Первичное ознакомление с материалом изучаемой темы по тексту учебника, картам, дополнительной литературе.
2.Выделение главного в изучаемом материале, составление обычных кратких записей.
3. Подбор к данному тексту опорных сигналов в виде отдельных слов, определённых знаков, графиков, рисунков.
4. Продумывание схематического способа кодирования знаний, использование различного шрифта и т.д.
5. Составление опорного конспекта.

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. 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.

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.В.02 АЭРОЛОГИЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 3
«Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2019

Автор: ст. преподаватель Мухин Д.В.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Безопасность горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 8 от 17.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

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.

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Учебное пособие

Екатеринбург - 2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ

Утверждено Редакционно-издательским советом
Уральского государственного горного университета
в качестве учебного пособия

Издание второе, исправленное и дополненное

Екатеринбург – 2012

УДК 620.10
М 74

Рецензенты: Таутер В. М., профессор кафедры электроники УрГУПС, канд. техн. наук, доцент; Раевская Л. Т., зав. кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики УГЛТУ, канд. техн. наук, доцент.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета

М 74 **Сопротивление материалов в примерах и задачах:** учебное пособие / 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Н. В. Мокрушин, С. А. Лятцев, Л. Д. Чучманова, К. В. Середа; Уральский гос. горный университет.– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012.– 184 с.
ISBN 978-5-8019-0185-5

Учебное пособие отражает опыт проведения практических занятий по дисциплине «Сопротивление материалов» в Уральском государственном горном университете. В пособии приведены примеры расчетов стержней, валов, балок, испытывающих простые и сложные виды деформаций. Для самостоятельной работы представлены задания по основным темам дисциплины.

Учебное пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения.

Рис. 42. Табл. 22. Библ. 21 назв.

УДК 620.10

© Уральский государственный горный университет, 2008, 2012
© Мокрушин Н. В., Лятцев С. А., Чучманова Л. Д., Середа К. В., 2008, 2012

ISBN 978-5-8019-0185-5

ПРЕДИСЛОВИЕ

Введение в учебную программу высших технических учебных заведений новых дисциплин, отражающих современное состояние науки и техники, при ограниченных сроках обучения привело к существенному сокращению количества аудиторных часов по курсу сопротивления материалов.

Восполнение появившихся в результате этого пробелов в знании студентами курса сопротивления материалов может быть достигнуто в известной мере за счет самостоятельного изучения ими необходимых разделов этого важного для будущего инженера курса. Данное учебное пособие составлено в соответствии с программой курса по сопротивлению материалов. По каждой теме пособие даны краткие теоретические сведения и основные формулы. Приведены примеры расчетов стержней на растяжение и сжатие (глава 1), примеры по определению главных моментов инерции поперечных сечений различного профиля (глава 2), рассмотрены примеры расчета вала на кручение (глава 3). В главе 4 рассмотрены примеры расчетов балок, испытывающих деформацию поперечного изгиба, на прочность и жесткость. С применением метода сил в главе 5 приведены примеры расчетов статически неопределимых неразрезных балок и плоских статически неопределимых рам. Виды сложного сопротивления (косой изгиб, внецентренное растяжение и сжатие, изгиб с кручением) рассмотрены в главе 6. Рассмотрение деформации продольного изгиба и расчеты на устойчивость гибких стержней приведены в главе 7.

Более подробное изложение теоретического материала приведено в работах [1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 18].

Для самостоятельного выполнения расчетно-графических работ по каждой теме составлены задания с необходимыми рисунками и таблицами. Для расчетов рекомендуется следующая литература [2, 8, 11, 14, 15, 16].

При выполнении практических расчетов используются следующие основные характеристики материалов [17]:

модули продольной упругости: стали $E_{\text{с}} = 2 \cdot 10^{11}$ Па; дюраля (и алюминия) $E_{\text{д}} = 0,7 \cdot 10^{11}$ Па; меди $E_{\text{м}} = 1 \cdot 10^{11}$ Па; чугуна $E_{\text{ч}} = 1,2 \cdot 10^{11}$ Па; дерева $E_{\text{д}} = 1 \cdot 10^{10}$ Па;

модуль сдвига стали: $G = 0,8 \cdot 10^{11}$ Па;

коэффициенты теплового линейного расширения: стали $\alpha_{\text{с}} = 1,25 \cdot 10^{-5}$ 1/град; дюраля $\alpha_{\text{д}} = 2,25 \cdot 10^{-5}$ 1/град; меди $\alpha_{\text{м}} = 1,65 \cdot 10^{-5}$ 1/град;

коэффициент Пуассона для стали $\nu = 0,30$.

Глава 1

ПРОДОЛЬНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ СТЕРЖНЕЙ

Растяжением называют такой вид деформации, при котором в каждом его поперечном сечении возникают только продольные внутренние усилия.

Продольное усилие F в любом поперечном сечении численно равно алгебраической сумме проекций на ось стержня внешних сил, приложенных к части стержня, расположенной по одну сторону от сечения. Усилие считается положительным, если вызывает растяжение рассматриваемого участка.

При растяжении (сжатии) в сечении возникают только нормальные напряжения, которые определяются по формуле (1.1):

$$\sigma = \frac{F}{A}, \tag{1.1}$$

где F – продольное усилие, кН; A – площадь поперечного сечения, м^2.

Условие прочности имеет вид:

$$\sigma_{max} \le \sigma_{adm}, \tag{1.2}$$

где σ_{adm} – допускаемое нормальное напряжение материала стержня, МПа.

Абсолютная деформация Δl однородного участка (постоянные сечение и материал) определяется **по закону Гука**:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}\ , \tag{1.3}$$

где l – длина участка, м; E – модуль продольной упругости материала (модуль Юнга), Па.

Для наглядного представления строятся эпюры. Эпюрами продольных сил и нормальных напряжений называют графики, показывающие законы изменения сил и напряжений в поперечных сечениях по длине стержня. Эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений строятся в выбранном масштабе с учетом знаков.

Пример 1.1.

К узлу C кронштейна ABC (рис. 1.1, *а*) приложена сила F = 100 кН. Стержень AC – стальной, круглого сечения диаметром d = 30 мм; стержень BC – дюралюминиевый, квадратного сечения со стороной a = 40 мм. Определить напряжения в стержнях, а также горизонтальное, вертикальное и полное перемещения узла C.

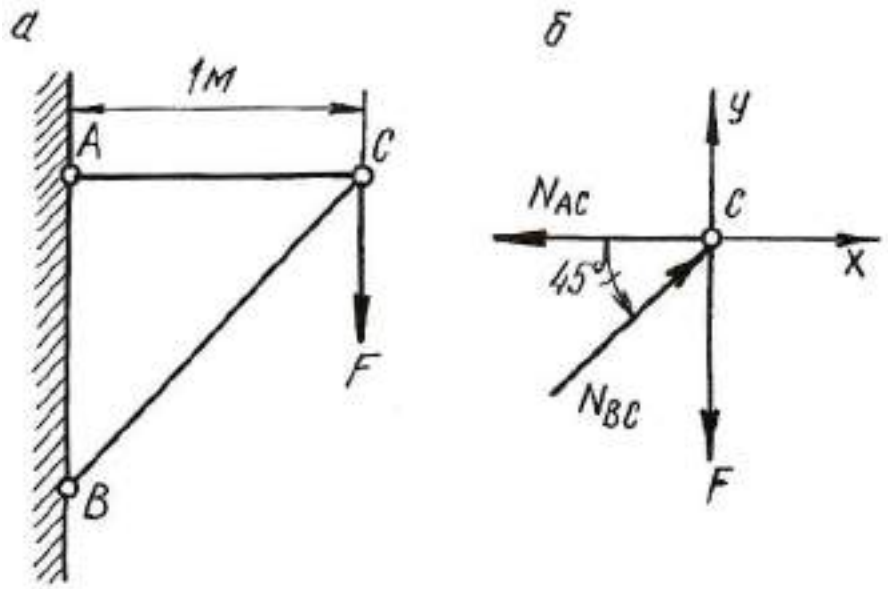


Рис. 1.1.

Решение.

Для определения продольных сил в стержнях AC и BC условно вырезаем узел C, заменяем действие стержней на узел усилиями и составляем уравнение равновесия для узла C (рис. 1.1, *б*)

$$\sum X = 0; \quad -N_{AC} + N_{BC} \cdot \cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum Y = 0; \quad N_{BC} \cdot \sin 45^\circ - F = 0.$$

Откуда

$$N_{BC} = \frac{F}{\sin 45^\circ} = \frac{100 \cdot 10^3}{0,707} = 141 \cdot 10^3 \text{ Н} = 141 \text{ кН},$$

$$N_{AC} = N_{BC} \cdot \cos 45^\circ = 141 \cdot 10^3 \cdot 0,707 = 100 \cdot 10^3 \text{ Н} = 100 \text{ кН}.$$

Стержень AC растянут, а стержень BC сжат. Определяем площади поперечных сечений стержней

$$A_{AC} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (30 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 706 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$A_{BC} = a^2 = (40 \cdot 10^{-3})^2 = 1600 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Напряжения в поперечных сечениях стержней AC и BC

$$\sigma_{AC} = \frac{N_{AC}}{A_{AC}} = \frac{100 \cdot 10^3}{706 \cdot 10^{-6}} = 141 \cdot 10^6 \text{ Па} = 141 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{BC} = -\frac{N_{BC}}{A_{BC}} = -\frac{141 \cdot 10^3}{1600 \cdot 10^{-6}} = -88 \cdot 10^6 \text{ Па} = -88 \text{ МПа}.$$

Знак минус указывает на то, что в стержне BC возникает деформация сжатия.

Находим удлинения стержней:

$$\Delta l_{AC} = \frac{N_{AC} \cdot l_{AC}}{E_{\text{ст}} \cdot A_{AC}} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 706 \cdot 10^{-6}} = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{м} = 0,71 \text{ мм};$$

$$\Delta l_{BC} = -\frac{N_{BC} \cdot l_{BC}}{E_{\text{дюр}} \cdot A_{BC}} = -\frac{141 \cdot 10^3 \cdot 1,41}{7 \cdot 10^{10} \cdot 1600 \cdot 10^{-6}} = -1,77 \cdot 10^{-3} \text{м} = -1,77 \text{ мм},$$

где $l_{BC} = \frac{l_{AC}}{\cos 45^\circ} = \frac{1}{0,707} = 1,41$ м; $E_{\text{ст}}$, $E_{\text{дюр}}$ – модули продольной упругости стального и дюралюминиевого стержней, Па.

Для определения перемещения точки C мысленно разъединим стержни в этом шарнире и отметим их новые длины AC_1 и BC_2 (рис. 1.2, *а*). Для того, чтобы найти новое положение точки C, необходимо деформированные стержни свести вместе путем их вращения вокруг шарниров A и B. Точки C_1 и C_2 будут перемещаться по дугам, которые вследствие их малости могут быть приняты за прямые C_1C_3 и C_2C_3, перпендикулярные к стержням AC и BC. Точка пересечения этих перпендикуляров (точка C_3) и даст положение узла C после деформации. На рис. 1.2, *б* изображена диаграмма перемещений в большом масштабе.

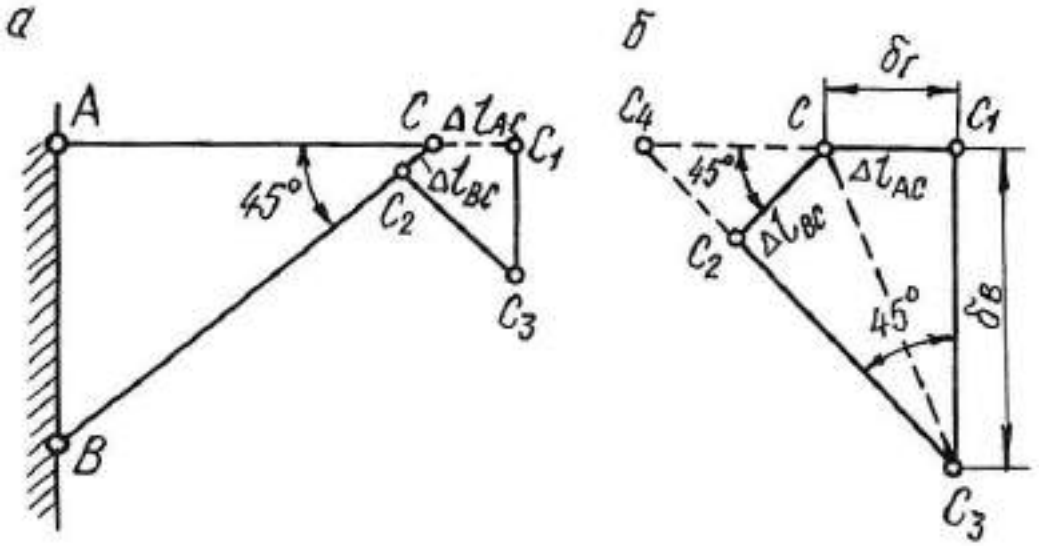


Рис. 1.2.

Горизонтальное перемещение узла C равно $\delta_{\text{г}} = \Delta l_{\text{AC}} = 0,71$ мм.

Для удобства определения вертикального перемещения произведем дополнительное построение. Продолжим линии C_1C и C_3C_2 до их пересечения в точке C_4.

Вертикальное перемещение узла C

$$\delta_в = C_1C_3 = \frac{C_1C_4}{\text{tg}45^o} = C_1C_4 = C_1C + CC_4 = \Delta l_{AC} + \frac{\Delta l_{BC}}{\cos 45^o};$$

$$\delta_в = 0,71 + \frac{1,77}{0,707} = 3,21 \text{ мм}.$$

Полное перемещение узла C

$$\delta = CC_3 = \sqrt{\delta_г^2 + \delta_в^2} = \sqrt{0,71^2 + 3,21^2} = 3,29 \text{ мм}.$$

1.1. Влияние собственного веса на напряжения и перемещения

Если ось в стержне вертикальна, то его собственный вес вызывает центральное растяжение или сжатие. Если вертикальный брус закреплен верхним концом, то от собственного веса он растягивается, а при закреплении нижнего конца – сжимается. Собственный вес вертикального бруса можно рассматривать как продольную (осевую) внешнюю нагрузку, распределенную вдоль оси бруса.

Рассмотрим брус постоянного сечения, закрепленный верхним концом. Продольная сила от собственного веса в поперечном сечении бруса на расстоянии x от его нижнего конца равна весу нижележащей части бруса

$$N_x = \rho g A x, \tag{1.4}$$

где N_x – продольная сила от собственного веса, Н; ρ – плотность материала, кг/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; A – площадь поперечного сечения бруса, м^2; x – расстояние от нижнего конца стержня, м.

Напряжение от собственного веса определяется по формуле:

$$\sigma_x = \frac{N_x}{A} = \rho g x. \tag{1.5}$$

По формулам (1.4) и (1.5) строятся эпюры N и σ с учетом знаков. Если на стержень действует дополнительная сила F, то продольная сила и нормальное напряжение определяются по формулам:

$$N_x = F + \rho g A x; \tag{1.6}$$

$$\sigma_x = \frac{F}{A} + \rho g x. \tag{1.7}$$

Полное удлинение (укорочение) стержня постоянного сечения от собственного веса определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{\rho g l^2}{2E}, \tag{1.8}$$

где l – длина стержня, м; E – модуль продольной упругости материала, Па.

При действии внешней силы F и собственного веса удлинение стержня определяется по формуле:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} + \frac{\rho g l^2}{2E}. \qquad (1.9)$$

В формулах (1.7) и (1.9) физический смысл первого слагаемого – напряжение и удлинение от внешней силы, второго – напряжение и удлинение от собственного веса.

Перемещение любого поперечного сечения бруса, закрепленного верхним концом, равно удлинению части бруса, лежащей над сечением, и равно сумме удлинений под действием собственного веса верхней части, нижней части бруса и внешней силы.

Рассмотрим подробнее решение типовой задачи.

Пример 1.2.

Для стального бруса переменного сечения (рис. 1.3, *а*) с учетом собственного веса и при продольной нагрузке F требуется:

1. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса.
2. Найти полное удлинение (укорочение) бруса.
3. Определить перемещение сечения I-I.

Исходные данные: $A = 20$ см^2; $a = 1{,}0$ м; $b = 1{,}5$ м; $c = 1{,}0$ м; $F = 40$ кН.

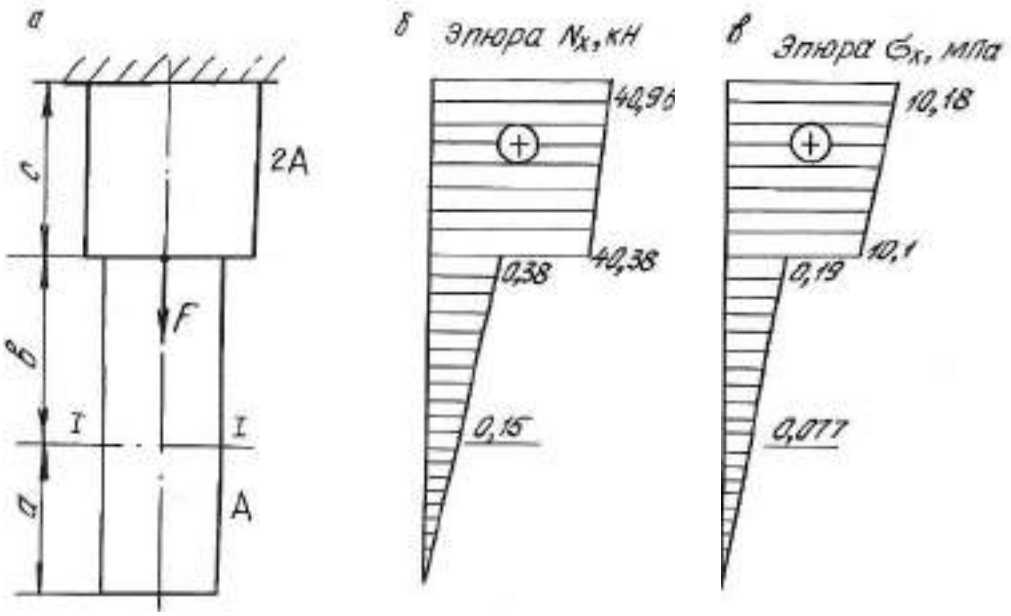


Рис. 1.3.

Решение.

Определим продольную силу и нормальное напряжение в поперечном сечении по формулам (1.6) и (1.7):

а) на участке длиной a (нижний участок): $0 \le x \le 1{,}0$ м;

$$N_x = \rho g A x;$$

$$\sigma_x = \rho g x.$$

При $x = 0$ $\quad N_x = 0,$

$\sigma_x = 0.$

При $x = 1$ м $\quad N_x = 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 150$ Н $= 0{,}15$ кН;

$\sigma_x = 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1 = 80000$ Па $= 0{,}08$ МПа.

б) на участке длиной b (средний участок): $1{,}0 \le x \le 2{,}5$ м;

$$N_x = Q_a + \rho g A (x - a);$$

$$\sigma_x = \frac{Q_a}{A} + \rho g (x - a);$$

где $Q_a = \rho g A a = 0{,}15$ кН – вес нижнего участка бруса; для среднего участка он играет роль внешней силы.

При $x = 1{,}0$ м; $\quad N_x = Q_a = 0{,}15$ кН;

$\sigma_x = 0{,}08$ МПа.

При $x = 2{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3} = 0{,}38$ кН;

$\sigma_x = 0{,}08 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-6} = 0{,}19$ МПа.

в) на участке длиной c (верхний участок): $2{,}5 \le x \le 3{,}5$ м;

$$N_x = Q_a + Q_b + F + \rho g 2A(x - a - b);$$

$$\sigma_x = \frac{Q_a + Q_b + F}{2A} + \rho g (x - a - b),$$

где $Q_b = \rho g A b = 0{,}23$ кН – вес среднего участка бруса.

При $x = 2{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 0{,}23 + 40 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 40{,}38$ кН;

$\sigma_x = 10{,}1$ МПа.

При $x = 3{,}5$ м; $\quad N_x = 0{,}15 + 0{,}23 + 40 + 7850 \cdot 9{,}81 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7} = 40{,}96$ кН;

$\sigma_x = 10{,}18$ МПа.

Строим эпюры $\boldsymbol{N}_x$ (рис. 1.3, *б*) и σ_x (рис. 1.3, *в*).

Определим полное удлинение стержня по формуле (1.9). Полное удлинение складывается из удлинений каждого участка бруса под действием внешних сил и собственного веса.

$$\Delta l = \Delta a + \Delta b + \Delta c \ ;$$

где $\Delta a = \dfrac{\rho g a^2}{2E} = \dfrac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} = 0{,}19 \cdot 10^{-6}$ м;

$$\Delta b = \frac{Q_a \cdot b}{EA} + \frac{\rho g b^2}{2E} = \frac{0{,}15 \cdot 10^3 \cdot 1{,}5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 20 \cdot 10^{-4}} + \frac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} =$$

$$= 0{,}56 \cdot 10^{-6} + 0{,}43 \cdot 10^{-6} = 0{,}99 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\Delta c = \frac{(Q_a + Q_b + F)c}{E \cdot 2A} + \frac{\rho g c^2}{2E} = \frac{(0{,}15 + 0{,}23 + 40) \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} + \frac{7850 \cdot 9{,}81 \cdot 1^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} =$$

$$= 50{,}48 \cdot 10^{-6} + 0{,}19 \cdot 10^{-6} = 50{,}67 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

$$\Delta l = 0{,}19 \cdot 10^{-6} + 0{,}99 \cdot 10^{-6} + 50{,}67 \cdot 10^{-6} = 51{,}85 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

Перемещение сечения I-I равно удлинению лежащей над сечением части бруса, т. е.

$$\delta_{\text{I-I}} = \Delta c + \Delta b = 0{,}99 \cdot 10^{-6} + 50{,}67 \cdot 10^{-6} = 51{,}66 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

1.2. Напряженное состояние материала в точке

Напряженным состоянием называют совокупность напряжений, действующих по всевозможным площадкам, проведенным через данную точку. В различных точках тела напряженное состояние неоднородно и определить все значения возникающих напряжений затруднительно. В связи с этим в сопротивлении материалов точку рассматривают в виде элементарного параллелепипеда с гранями $dx \cdot dy \cdot dz$. При этом считается, что возникающие напряжения на гранях и в наклонных сечениях распределяются равномерно. Нормальные напряжения на гранях обозначаются: σ_x, σ_y, σ_z, а касательные: τ_{xy}, τ_{yx}, τ_{zy}, τ_{yz}, τ_{xz}, τ_{zx}. Двойной индекс при касательных напряжениях указывает на направление и плоскость, где они действуют. Например, индексы при напряжении τ_{xy} означают, что x – направление действия этого напряжения по оси x; y – это напряжение возникает в плоскости, нормаль к которой параллельна оси y.

Во взаимно перпендикулярных сечениях касательные напряжения равны по величине и противоположны по знаку. Это свойство касательных напряжений называется **законом парности касательных напряжений**

$$-\tau_{xy} = \tau_{yx}.$$

Рассматриваемый параллелепипед в теле стержня можно сориентировать таким образом, что по его граням будут действовать только нормальные напряжения, а касательные будут равны нулю. В этом случае грани будут называться главными площадками, а действующие на них нормальные напряжения – главными напряжениями. По количеству главных напряжений, возникающих одновременно на главных площадках, различают три вида напряженного состояния точки упругого тела: линейное, плоское и объемное. Главные напряжения обозначаются: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Принято считать, что $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$. Наиболее часто встречается плоское напряженное состояние материала.

Для правильной оценки опасности, угрожающей прочности стержня, необходимо знать полностью его напряженное состояние. Это требует умение вычислять напряжения не только по сечениям, перпендикулярным оси стержня, но и по наклонным сечениям.

Напряжения в наклонных сечениях, нормаль к которым с осью x составляет угол α, определяются по следующим формулам:

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2\alpha + \sigma_y \sin^2\alpha - \tau_{yx} \sin 2\alpha; \qquad (1.10)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{yx} \cos 2\alpha, \qquad (1.11)$$

Для сечений, проходящих под углом $\beta = \alpha + 90^\circ$, возникающие напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_\beta = \sigma_x \sin^2\alpha + \sigma_y \cos^2\alpha + \tau_{yx} \sin 2\alpha; \qquad (1.12)$$

$$\tau_\beta = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_{yx} \cos 2\alpha, \qquad (1.13)$$

Угол α положительный, если он отсчитан в направлении от оси x к оси y по кратчайшему угловому пути, против хода часовой стрелки.

Нормальное напряжение σ_α считается положительным, если его направление совпадает с направлением внешней нормали к наклонной площадке. Положительное направление τ_α образовано поворотом внешней нормали к наклонной площадке на угол 90^o по ходу часовой стрелки.

Противоположные направления σ_α и τ_α следует считать отрицательными.

Площадки, где действуют экстремальные нормальные напряжения и нет касательных напряжений, называются главными площадками, а напряжения, действующие на главных площадках – главными напряжениями. Они обозначаются: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$, причем $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ и определяются по следующим формулам:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2} \right]; \qquad (1.14)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_2 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2} \right]. \qquad (1.15)$$

Положение главных площадок определяется углом наклона α_0

$$\mathrm{tg}2\alpha_0 = \frac{-2\tau_{yx}}{\sigma_x - \sigma_y}, \qquad (1.16)$$

Наибольшие касательные напряжения действуют на площадках под углом 45^o

$$\tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\ . \qquad (1.17)$$

Пример 1.3.

Стальной кубик находится под действием сил, создающих плоское напряженное состояние: $\sigma_x = 80$ МПа; $\alpha = 30^o$; $\tau_{xy} = 10$ МПа (рис. 1.4). Требуется найти:

1. Главные напряжения и положение главных площадок.
2. Максимальные касательные напряжения.
3. Определить аналитически величины нормальных σ_α и касательных τ_α напряжений, действующих на площадках, нормаль, к которой составляет угол α с горизонтальной осью x. Показать на чертеже заданный элемент и направление соответствующих напряжений.

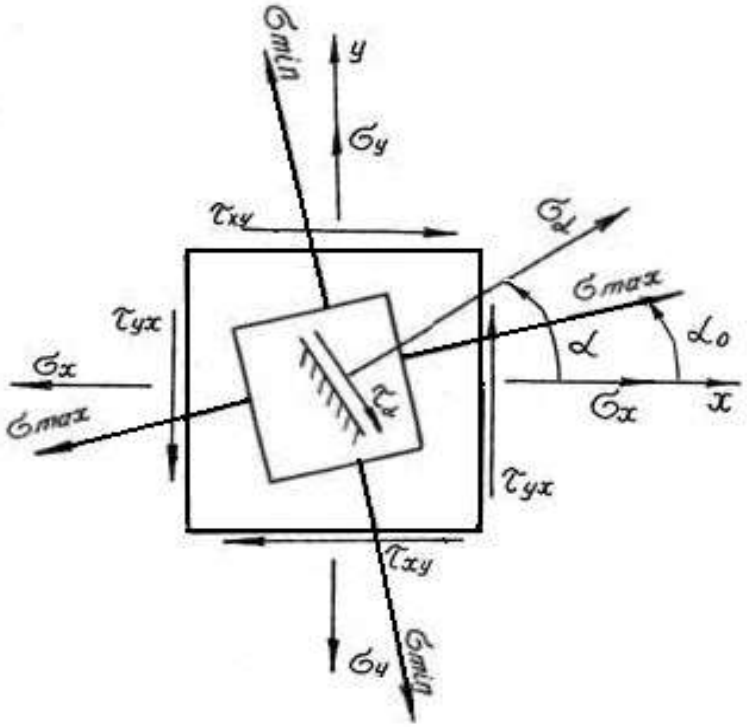


Рис. 1.4.

Решение.

Определим главные напряжения

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\right] = \frac{1}{2}\left[(80+20) + \sqrt{(80-20)^2 + 4\cdot 10^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{2}\left[100 + 63,6\right] = 81,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{1}{2}\left[(\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{yx}^2}\right] = \frac{1}{2}\left[(80+20) - \sqrt{(80-20)^2 + 4\cdot 10^2}\right] =$$

$$= \frac{1}{2}\left[100 - 63,6\right] = 18,2 \text{ МПа}.$$

Найдем положение главных площадок

$$\operatorname{tg}2\alpha_0 = -\frac{2\tau_{yx}}{\sigma_x - \sigma_y} = \frac{-2\cdot(-10)}{80-20} = 0,333; \qquad 2\alpha_0 = 18^{\circ}24'; \qquad \alpha_0 = 9^{\circ}12'.$$

Определим аналитически величины σ_α и τ_α, действующие на площадке, нормаль к которой составляет угол 30° с горизонтальной осью (см. рис. 1.4.)

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2\alpha + \sigma_y \sin^2\alpha - \tau_{yx}\sin 2\alpha = 80\cdot 0,866^2 + 20\cdot 0,5^2 - (-10)\cdot 0,866 =$$

$$= 73,65 \text{ МПа};$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\sin 2\alpha + \tau_{yx}\cos 2\alpha = \frac{80-20}{2}0,866 + (-10)\cdot 0,5 = 20,98 \text{ МПа}.$$

Вектор максимальных главных напряжений σ_{max} всегда проходит через те четверти осей координат, в которых стрелки касательных напряжений сходятся.

1.3. Статически неопределимые стержневые системы

Статически неопределимыми системами называют такие системы, у которых реакции или все внутренние суммарные силовые факторы, возникающие в сечениях их элементов при действии произвольной нагрузки, не могут быть определены из уравнений равновесия статики.

Равновесие плоской стержневой системы обеспечивается тремя опорными направлениями. Всякое закрепление сверх трех опорных направлений является «лишним» с точки зрения равновесия системы, что делает ее *статически неопределимой*. Термин «лишние» является условным. Постановка дополнительных опорных закреплений производится с целью уменьшения деформации, веса конструкции или с целью увеличения ее грузоподъемности.

Расчет статически неопределимой системы начинается с определения степени статической неопределимости системы, которая равна числу «лишних» связей (число неизвестных сил минус три – число уравнений статики для плоской системы).

Определение усилий в статически неопределимой системе связано с необходимостью составления дополнительных уравнений – уравнений совместности деформаций. Число этих уравнений должно быть равно степени статической неопределимости стержневой системы.

Уравнения совместности деформаций устанавливают геометрические зависимости между упругими перемещениями отдельных элементов при соблюдении равновесия всей системы в целом.

Геометрическая схема деформаций должна рассматриваться не с точки зрения обычной геометрии, а на основе кинематики малых перемещений, с учетом того, что траектории отдельных точек элементов являются прямыми линиями.

Решение статически неопределимых систем необходимо производить в следующей последовательности:

1. Заданную систему освободить от наложенных на нее связей, действие которых заменяется реакциями, и составить уравнения статики;
2. Определить степень статической неопределимости системы;
3. По числу «лишних» неизвестных составить дополнительные уравнения из условия совместности деформаций. В уравнениях упругие деформации выразить через усилия по закону Гука в развернутом виде по формуле (1.3);
4. Решить совместно уравнения равновесия статики и дополнительные уравнения, определяя усилия в элементах конструкций;
5. Исходя из условия задачи и на основании условия прочности, определить поперечные размеры стержней.

Рассмотрим подробнее пример расчета статически неопределимой системы.

Пример 1.4.

Для статически неопределимой системы (рис. 1.5), состоящей из жесткой невесомой балки AB и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно, требуется:

1. Определить усилия, возникающие в стержне от действия силы F.
2. Подобрать сечение стержней из двух равнобоких уголков, каждое при $A_2 : A_1 = 2$; $F = 180$ кН; $a = 2{,}0$ м; $b = 1{,}0$ м; $h = 2{,}0$ м.

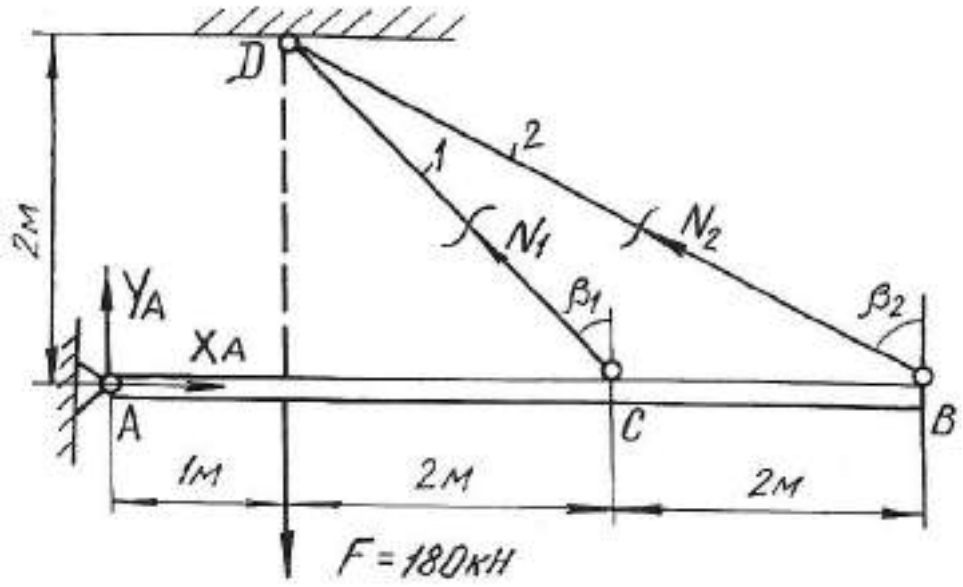


Рис. 1.5.

Решение.

Перед началом решения по приведенному плану определяем геометрические параметры системы

$$l_1 = DC = \sqrt{4+4} = 2{,}83 \text{ м}; \quad \beta_1 = 45°;$$

$$l_2 = DB = \sqrt{4+16} = 4{,}47 \text{ м}; \quad \sin\beta_2 = \frac{4}{4{,}47} = 0{,}89;$$

Далее освобождаем брус AB от наложенных связей, заменяя их действие реакциями X_A, Y_A, N_1, N_2. Так как на балку AB действуют четыре неизвестные силы, то одна связь «лишняя», т. е. задача является однажды статически неопределимой.

Из трех уравнений равновесия достаточно записать только одно уравнение, не содержащее X_A, Y_A , определение которых не ставится в задаче,

$$\sum M_A = 0; \qquad -F \cdot 1 + N_1 \cdot \cos\beta_1 \cdot 3 + N_2 \cdot \cos\beta_2 \cdot 5 = 0;$$

$$-180 + N_1 \cdot 0{,}707 \cdot 3 + N_2 \cdot 0{,}45 \cdot 5 = 0 \qquad (1.18)$$

В уравнении статики два неизвестных, поэтому нужно записать еще одно дополнительное уравнение из условия совместности деформаций стержней DB и DC. Рассматривая геометрическую схему деформаций этих стержней, считаем перемещение точек B и C балки вертикальными (рис. 1.6). Из подобия треугольников ACC_1 и ABB_1 имеем:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{CC_1}{BB_1} = \frac{3}{5}.$$

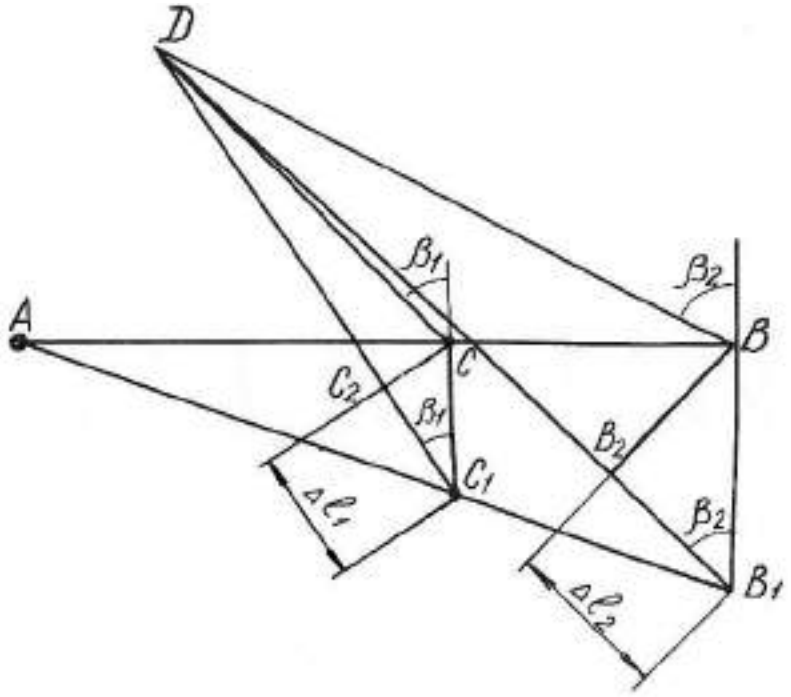


Рис. 1.6.

Учитывая, что $\begin{cases} CC_1 = \dfrac{CC_1}{\cos\beta_1} = \dfrac{\Delta l_1}{\cos\beta_1}; \\ BB_1 = \dfrac{B_1B_2}{\cos\beta_2} = \dfrac{\Delta l_2}{\cos\beta_2}, \end{cases}$

получим $\dfrac{\Delta l_1}{\cos\beta_1} = \dfrac{3}{5} \cdot \dfrac{\Delta l_2}{\cos\beta_2}$; откуда

$$\Delta l_1 = 0{,}94 \cdot \Delta l_2 . \qquad (1.19)$$

Равенство (1.19) и есть условие совместности деформации стержней 1 и 2. Выразим деформации через усилия по закону Гука

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_1 \cdot 2{,}83}{EA_1}; \qquad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2} = \frac{N_2 \cdot 4{,}74}{E \cdot 2A_1}.$$

Подставим полученные выражения в формулу (1.19)

$$\frac{N_1 \cdot 2{,}83}{EA_1} = 0{,}94 \frac{N_2 \cdot 4{,}74}{E \cdot 2A_1}.$$

Отсюда получим

$$2{,}83 \cdot N_1 - 2{,}10 \cdot N_2 = 0. \qquad (1.20)$$

Теперь можно определить усилия N_1 и N_2, решая совместно систему уравнений (1.18) и (1.20),

$$\begin{cases} 2{,}12 \cdot N_1 + 2{,}25 \cdot N_2 - 180 = 0; \\ 2{,}83 \cdot N_1 - 2{,}10 \cdot N_2 = 0. \end{cases}$$

Получаем $N_1 = 34{,}94$ кН; $N_2 = 47{,}08$ кН.

Подбираем сечение стержней из условий прочности:

$$A_1 \geq \frac{N_1}{\sigma_{adm}} = \frac{34{,}94 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 2{,}18 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 = 2{,}18\ \text{см}^2;$$

$$A_2 \geq \frac{N_2}{\sigma_{adm}} = \frac{47{,}08 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 2{,}94 \cdot 10^{-4}\,\text{м}^2 = 2{,}94\ \text{см}^2.$$

Для площадей задано условие $A_2{:}A_1 = 2$. Если принять $A_1 = 2{,}18$ см^2, тогда $A_2 = 4{,}36$ см^2. Условие $A_2 \geq 2{,}94$ см^2 выполняется.

Сечение подбираем из двух равнобоких уголков по ГОСТ 8509-93 (табл. П. 3).

Для первого стержня подбираем два уголка №2 (20х20х3 мм) с площадью сечения 1,13 см^2. Для второго стержня принимаем два уголка №4 (40х40х3 мм) с площадью сечения 2,35 см^2.

Полные площади сечений будут равны $A_1 = 2{,}26$ см^2; $A_2 = 4{,}70$ см^2.

Проверим отношение площадей:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{4{,}70}{2{,}26} = 2{,}08.$$

Отклонение $\delta = \dfrac{2{,}08 - 2}{2} 100\ \% = 3{,}98\ \%.$

Погрешность допустимая.

Пример 1.5. Монтажная задача

Для статически неопределимой системы (рис. 1.7), состоящей из жесткой невесомой балки AB и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно, требуется определить дополнительные усилия в стержнях конструкции, если стержень 2 изготовлен короче проектного размера на $\Delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м при $A_2 : A_1 = 2$; a =2,0 м; $b = 1{,}0$ м; $h = 2{,}0$ м.

При сборке стержни деформируются: стержень 2 – растянется, стержень 1 – сожмется. В соответствии с этим покажем направления дополнительных усилий N_1' и N_2' (см. рис. 1.7), возникающих после сборки конструкции.

Для определения усилий воспользуемся уравнением статики

$$\sum M_A = 0; \qquad -N_1' \cdot \cos\beta_1 \cdot 3 + N_2' \cdot \cos\beta_2 \cdot 5 = 0;$$

$$-2{,}12 N_1' + 2{,}25 N_2' = 0. \qquad (1.21)$$

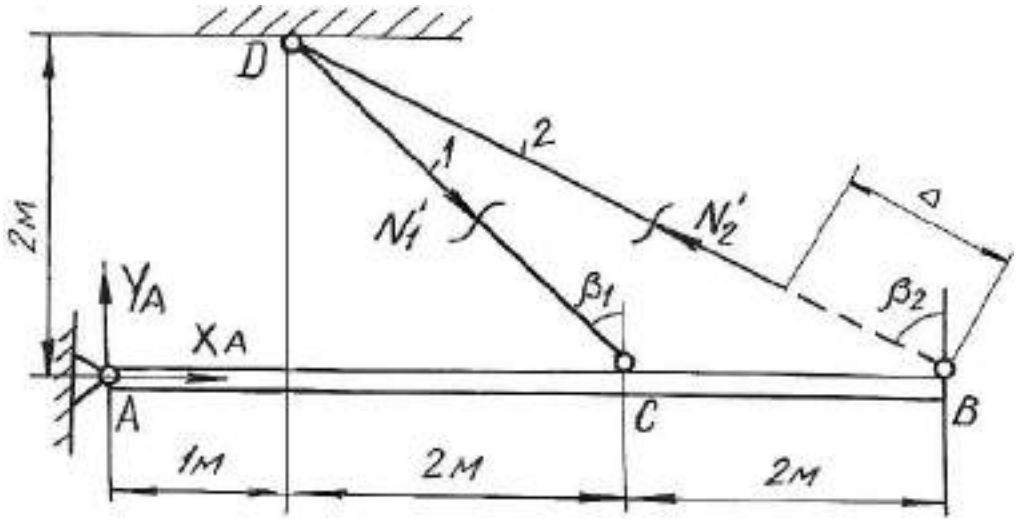


Рис. 1.7.

Уравнение одно, неизвестных два, следовательно, система один раз статически неопределима. Запишем дополнительно условие совместности деформаций. Рассмотрим картину деформаций стержней (см. рис. 1.8). Из подобия треугольников AC_1C и AB_1B получим $\frac{AC}{AB}=\frac{C_1C}{B_1B}=\frac{3}{5}$.

Учитывая соотношение $C_1C=\frac{CC_2}{\cos\beta_1}=\frac{\Delta l_1}{\cos\beta_1}$; $B_1B=\frac{B_2B}{\cos\beta_2}=\frac{\Delta-\Delta l_2}{\cos\beta_2}$,

получаем $\frac{\Delta l_1}{0{,}707}=\frac{3}{5}\cdot\frac{\Delta-\Delta l_2}{0{,}45}$; $\Delta l_1=0{,}94(\Delta-\Delta l_2)$. (1.22)

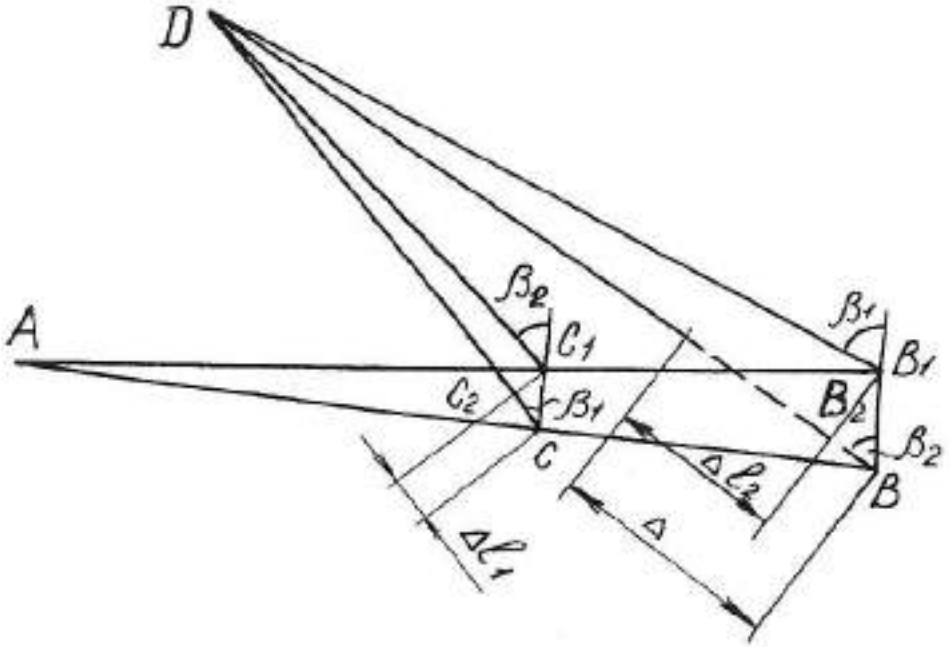


Рис. 1.8.

Выражение (1.22) – условие совместности деформаций стержней 1 и 2. Выражая деформацию через усилия по закону Гука, получим

$$\frac{N_1' l_1}{EA_1} + \frac{0{,}94 \cdot N_2' l_2}{EA_2} = 0{,}94 \cdot \Delta$$

или

$$1{,}25 \cdot N_1' + 0{,}894 \cdot N_2' = 94 \qquad (1.23)$$

Решая совместно систему уравнений (1.21) и (1.23), определяем усилия N_1' и N_2'

$$N_1' = 42{,}75 \text{ кН}; \; N_2' = 45{,}36 \text{ кН}.$$

Пример 1.6.

Стержень длиной l = 800 мм, защемленный обоими концами, подвергается действию двух сосредоточенных сил F_1=100 кН и F_2=150 кН (рис. 1.9, *а*). Определить напряжения, возникающие в различных сечениях стержня, и проверить его прочность, если допускаемое напряжение σ_{adm}=140 МПа. Площадь поперечного сечения A = 10 см^2, l_1 = 200 мм и l_2 = 600 мм.

Решение.

Обозначим реакции в заделках стержня через R_A и R_B. На стержень действует система сил, направленных вдоль одной прямой. Для такой системы статика дает одно уравнение равновесия

$$\sum Y = 0; \quad R_A - F_1 - F_2 + R_B = 0,$$

откуда $R_A + R_B = F_1 + F_2$. (1.24)

Для составления уравнения совместности деформаций мысленно отбросим нижнюю заделку и заменим ее действие на стержень реакцией R_B, т. е. приложим к сечению B (к нижнему торцовому сечению) такую силу, которая оказывает на стержень воздействие, полностью аналогичное воздействию заделки. Таким образом, изображенная система эквивалентна заданной системе и, поскольку в заданной системе перемещение сечения B равно нулю, то и для второй системы (рис.1.9, *б*) должно соблюдаться то же условие

$$\delta_B = 0. \qquad (1.25)$$

Для определения вида левой части записанного равенства используем принцип независимости действия сил, т. е. вычислим перемещение сечения B как сумму перемещений, вызванных каждой силой F_1, F_2 и R_B в отдельности

$$\delta_B = \delta_{F_1} + \delta_{F_2} + \delta_{R_B}.$$

Под действием одной лишь силы F_1 деформируется только верхняя часть стержня, нижняя и средняя части перемещаются как твердое тело. Таким образом, перемещение сечения B, вызванное силой F_1, равно удлинению верхней части стержня

$$\delta_{F_1} = \frac{F_1 l_1}{EA}.$$

Аналогично установим, что перемещение сечения B от действия силы F_2, равно удлинению верней и средней частей

$$\delta_{F_2} = \frac{F_2 l_2}{EA}.$$

Наконец, перемещение сечения B от действия силы R_B равно укорочению всего стержня

$$\delta_{R_B} = \frac{R_B l}{EA}.$$

Суммируя полученные величины и приравнивая сумму нулю согласно равенству (1.25), получим уравнение совместности деформаций,

$$\frac{F_1 l_1}{EA} + \frac{F_2 l_2}{EA} - \frac{R_B l}{EA} = 0,$$

откуда $R_B = \dfrac{F_1 l_1 + F_2 l_2}{l} = \dfrac{100 \cdot 0,2 + 150 \cdot 0,6}{0,8} = 137,5$ кН.

Подставив значение реакции R_B в уравнение равновесия (1.24), определим значение реакции в точке A:

$$R_A = F_1 + F_2 - R_B = F_1 + F_2 - \frac{F_1 l_1 + F_2 l_2}{l} = \frac{(F_1 + F_2) l - (F_1 l_1 + F_2 l_2)}{l} =$$

$$= \frac{(100 + 150) \cdot 0,8 - (100 \cdot 0,2 + 150 \cdot 0,6)}{0,8} = 112,5 \text{ кН}.$$

На рис. 1.9, *в* приведена эпюра продольных сил, в соответствии с которой определяем напряжения на различных участках стержня.

В поперечных сечениях верхней части стержня

$$\sigma^{(1)} = \frac{N_1}{A} = \frac{112,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 112,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 112,5 \text{ МПа};$$

в поперечных сечениях средней части

$$\sigma^{(2)} = \frac{N_2}{A} = \frac{12,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = 12,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12,5 \text{ МПа},$$

а в нижней части

$$\sigma^{(3)} = \frac{N_3}{A} = -\frac{137,5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^{-4}} = -137,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = -137,5 \text{ МПа}.$$

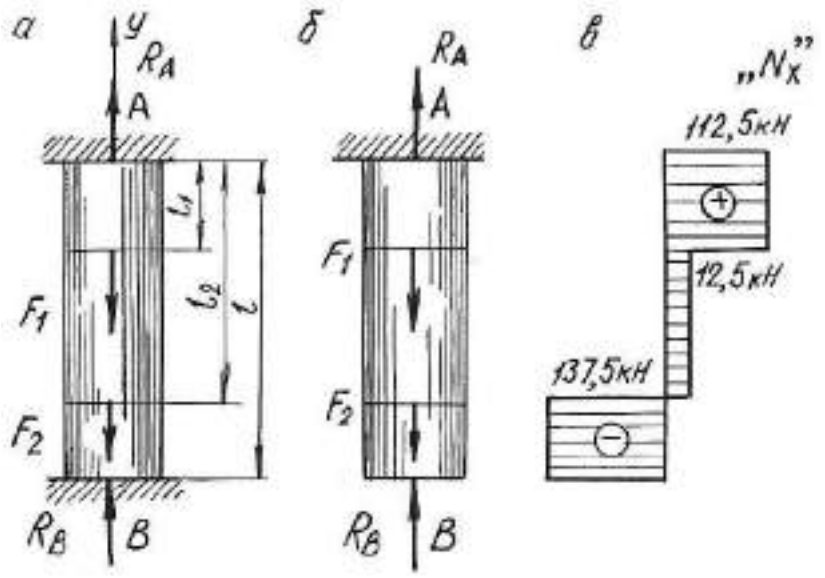


Рис. 1.9.

Наиболее напряженными, как видно из расчетов, являются поперечные сечения нижней части стержня. Это напряжение используем для проверки стержня на прочность:

$$\left|\sigma^{(3)}\right| = 137{,}5 \text{ МПа} < \sigma_{adm} = 140 \text{ МПа},$$

т. е. условие прочности выполняется.

Пример 1.7. Температурная задача

Определить допускаемое повышение температуры составного стержня (рис. 1.10.) из условия, чтобы напряжения сжатия не превышали в стальной части $\sigma_c = 120$ МПа, в медной $\sigma_м = 60$ МПа и в алюминиевой $\sigma_a = 70$ МПа. (линейные размеры на рисунке приведены в мм).

Решение.

Площади поперечных сечений ступеней стержня

$$A_м = \frac{\pi(50\cdot10^{-3})^2}{4} = 1963\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_a = \frac{\pi(40\cdot10^{-3})^2}{4} = 1257\cdot10^{-6} \text{ м}^2,$$

$$A_c = \frac{\pi(30\cdot10^{-3})^2}{4} = 707\cdot10^{-6} \text{ м}^2.$$

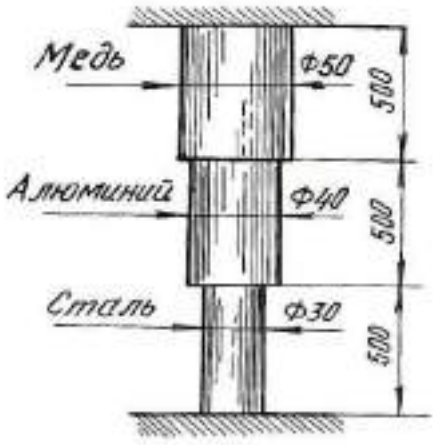


Рис. 1.10.

Продольные силы, при которых напряжения в ступенях будут равны заданным величинам, должны быть следующими:

$$N_{\text{м}} = A_{\text{м}} \cdot \sigma_{\text{м}} = 1963 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 10^{6} = 118000 \text{ Н} = 118 \text{ кН};$$

$$N_{\text{а}} = A_{\text{а}} \cdot \sigma_{\text{а}} = 1257 \cdot 10^{-6} \cdot 70 \cdot 10^{6} = 88000 \text{ Н} = 88 \text{ кН};$$

$$N_{\text{с}} = A_{\text{с}} \cdot \sigma_{\text{с}} = 707 \cdot 10^{-6} \cdot 120 \cdot 10^{6} = 84800 \text{ Н} = 84{,}8 \text{ кН}.$$

Величина продольной силы не одинакова для всего стержня, следовательно, в качестве допускаемой продольной силы должно быть принято меньшее из трех полученных значений, а именно $N = N_{\text{с}} = 84{,}8$ кН.

Длина стержня в результате защемления обоих концов остается при изменении температуры неизменной. Следовательно, удлинение стержня в результате повышения температуры должно равняться полученному упругому укорочению

$$\Delta l_t = \Delta l = l_{\text{м}} \alpha_{\text{м}} \Delta t + l_{\text{а}} \alpha_{\text{а}} \Delta t + l_{\text{с}} \alpha_{\text{с}} \Delta t = l(\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}) \Delta t,$$

где $\alpha_{\text{м}}$, $\alpha_{\text{а}}$, $\alpha_{\text{с}}$ – соответствующие коэффициенты теплового линейного расширения.

$$\Delta l = \Delta l_{\text{м}} = \Delta l_{\text{а}} = \Delta l_{\text{с}} = \frac{N l_{\text{м}}}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{N l_{\text{а}}}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{N l_{\text{с}}}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}} = Nl\left(\frac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right);$$

$$l(\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}) \Delta t = Nl\left(\frac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \frac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \frac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right),$$

откуда $\Delta t = \dfrac{N\left(\dfrac{1}{E_{\text{м}} A_{\text{м}}} + \dfrac{1}{E_{\text{а}} A_{\text{а}}} + \dfrac{1}{E_{\text{с}} A_{\text{с}}}\right)}{\alpha_{\text{м}} + \alpha_{\text{а}} + \alpha_{\text{с}}}.$

Подставим численные значения величин и произведем вычисления

$$\Delta t = \frac{84800\left[\dfrac{1}{1 \cdot 10^{11} \cdot 1963 \cdot 10^{-6}} + \dfrac{1}{0{,}7 \cdot 10^{11} \cdot 1257 \cdot 10^{-6}} + \dfrac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 707 \cdot 10^{-6}}\right]}{16{,}5 \cdot 10^{-6} + 25 \cdot 10^{-6} + 12{,}5 \cdot 10^{-6}} = 36^{\circ}.$$

Далее определим напряжения в поперечных сечениях стержня при повышении температуры на 36°

$$\sigma_{\text{м}} = -\frac{N}{A_{\text{м}}} = -\frac{84800}{1963 \cdot 10^{-6}} = -43 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -43 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{а}} = -\frac{N}{A_{\text{а}}} = -\frac{84800}{1257 \cdot 10^{-6}} = -67{,}5 \cdot 10^{6} \text{ Па} = -67{,}5 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{с}} = -120 \text{ МПа}.$$

1.4. Задания для расчетов стержней с учетом собственного веса

Для стального бруса с учетом собственного веса и при продольной нагрузке F (табл. 1.1.) требуется по указанной схеме (табл. 1.2.):

1. Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений по длине бруса.

2. Найти полное удлинение (укорочение) бруса для геометрических размеров, приведенных в табл. 1.1. Плотность стали ρ=7850 кг/см^3; ускорение силы тяжести g = 9,81 м/с^2, модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

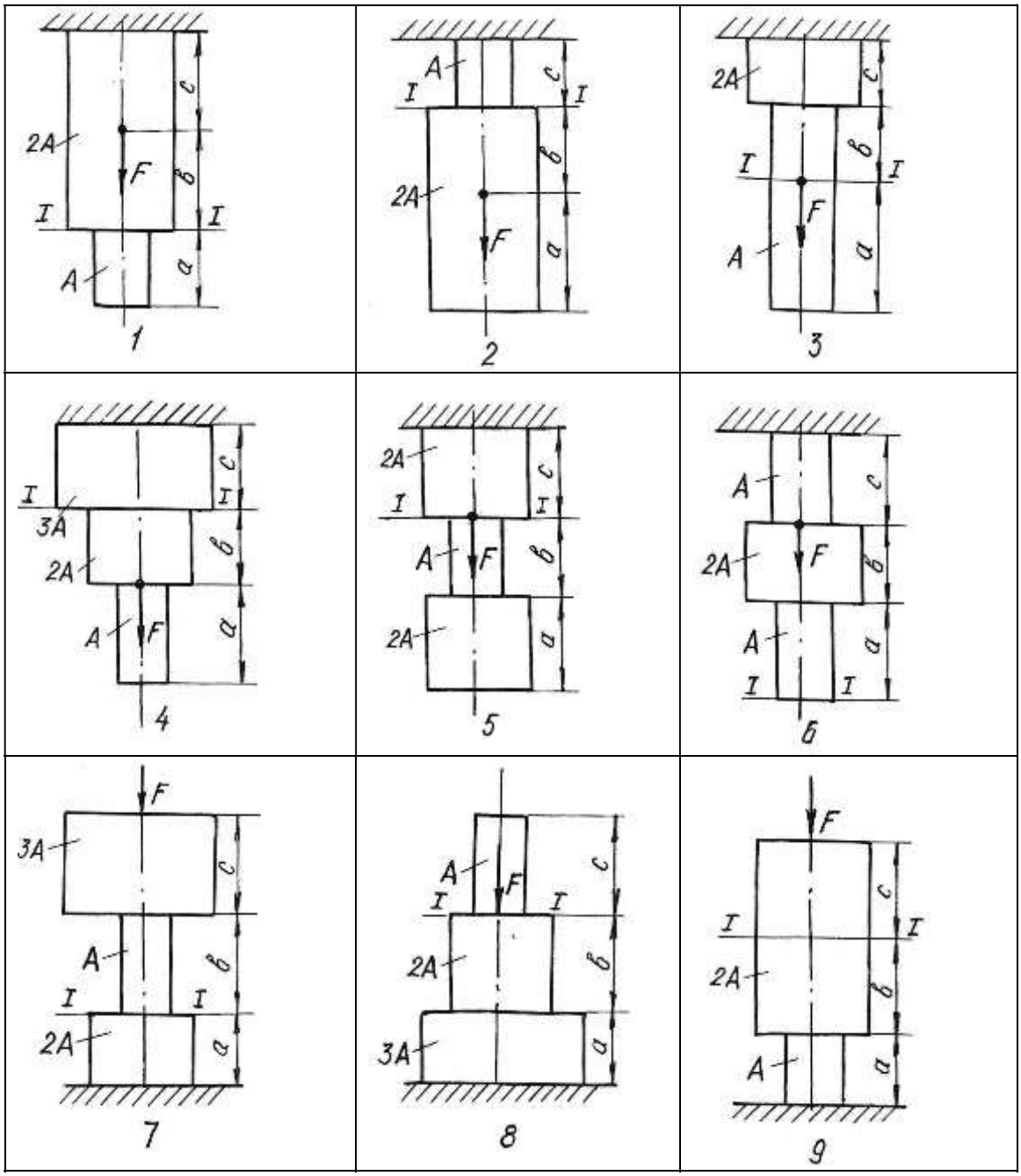
3. Определить перемещение сечений I-I.

Таблица 1.1

Номер варианта	a, м	b, м	c, м	F, кН	A, см²
1	1,5	1,0	2,0	30	20
2	1,0	1,5	2,0	40	30
3	2,0	1,0	2,0	50	40
4	2,0	1,0	1,5	60	18
5	2,0	1,5	1,5	20	24
6	1,5	1,0	2,0	40	28
7	1,5	1,0	1,0	50	30
8	1,0	1,5	2,0	50	32
9	1,5	1,0	1,5	60	12
10	2,0	1,0	1,5	70	14
11	1,0	2,0	1,0	20	15
12	2,0	2,0	1,0	40	18
13	1,0	1,5	1,0	30	20
14	1,4	1,0	1,0	40	24
15	1,0	3,0	1,0	50	28
16	1,0	2,0	1,0	40	30
17	1,2	1,0	2,4	70	32
18	2,0	1,5	2,0	60	20
19	2,6	1,0	1,7	60	18
20	2,0	1,0	1,5	50	22
21	1,5	1,8	1,4	40	15
22	2,0	1,0	1,4	30	16
23	1,2	1,2	1,2	20	20
24	1,5	1,0	2,0	10	16
25	1,4	2,0	1,0	40	18

Таблица 1.2

Расчетные схемы бруса



1.5. Задания для определения напряжений при плоском напряженном состоянии

Стальной кубик находится под действием сил, создающих плоское напряженное состояние (рис. 1.11.). Показать на рисунке элемент и направления напряжений в соответствии с вариантом задания.

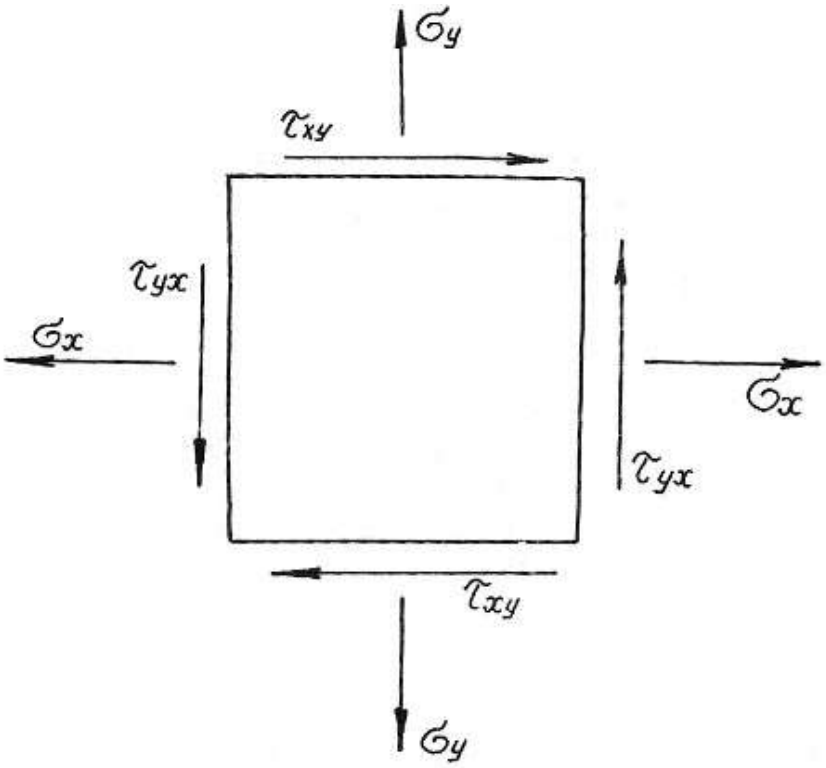


Рис. 1.11.

Требуется найти:

1. Главные напряжения и положение главных площадок.
2. Максимальные касательные напряжения.
3. Определить аналитически величины нормальных σ_α и касательных напряжений τ_α , действующих на площадках, нормаль к которым составляет угол α с горизонтальной осью x.

Данные приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Номер варианта	σ_x , МПа	σ_y , МПа	τ_{xy} , МПа	α, град
1	40,0	-20,0	-10,0	30
2	12,0	10,0	-80,0	-45
3	-10,0	-14,0	-12,0	15
4	15,0	12,0	90,0	30
5	20,0	-40,0	80,0	15
6	-12,0	10,0	-80,0	45
7	20,0	-2,0	10,0	-30
8	80,0	10,0	-60,0	45
9	12,0	14,0	10,0	30
10	-14,0	-10,0	50,0	15
11	20,0	10,0	-80,0	-45
12	30,0	-50,0	-10,0	60
13	-25,0	10,0	50,0	15
14	16,0	80,0	10,0	30
15	18,0	-10,0	10,0	-30
16	22,0	12,0	-90,0	45
17	-16,0	-12,0	10,0	20
18	10,0	80,0	-60,0	-20
19	25,0	-25,0	10,0	30
20	-10,0	10,0	60,0	60
21	12,0	10,0	-60,0	20
22	18,0	-10,0	-12,0	45
23	-40,0	30,0	20,0	30
24	50,0	-60,0	10,0	-30
25	45,0	35,0	15,0	-45

1.6. Задания для расчета статически неопределимых стержневых систем

Для статически неопределимой системы, состоящей из жесткой невесомой балки и стальных стержней 1 и 2, соединенных с ней шарнирно (табл.1.4), требуется:

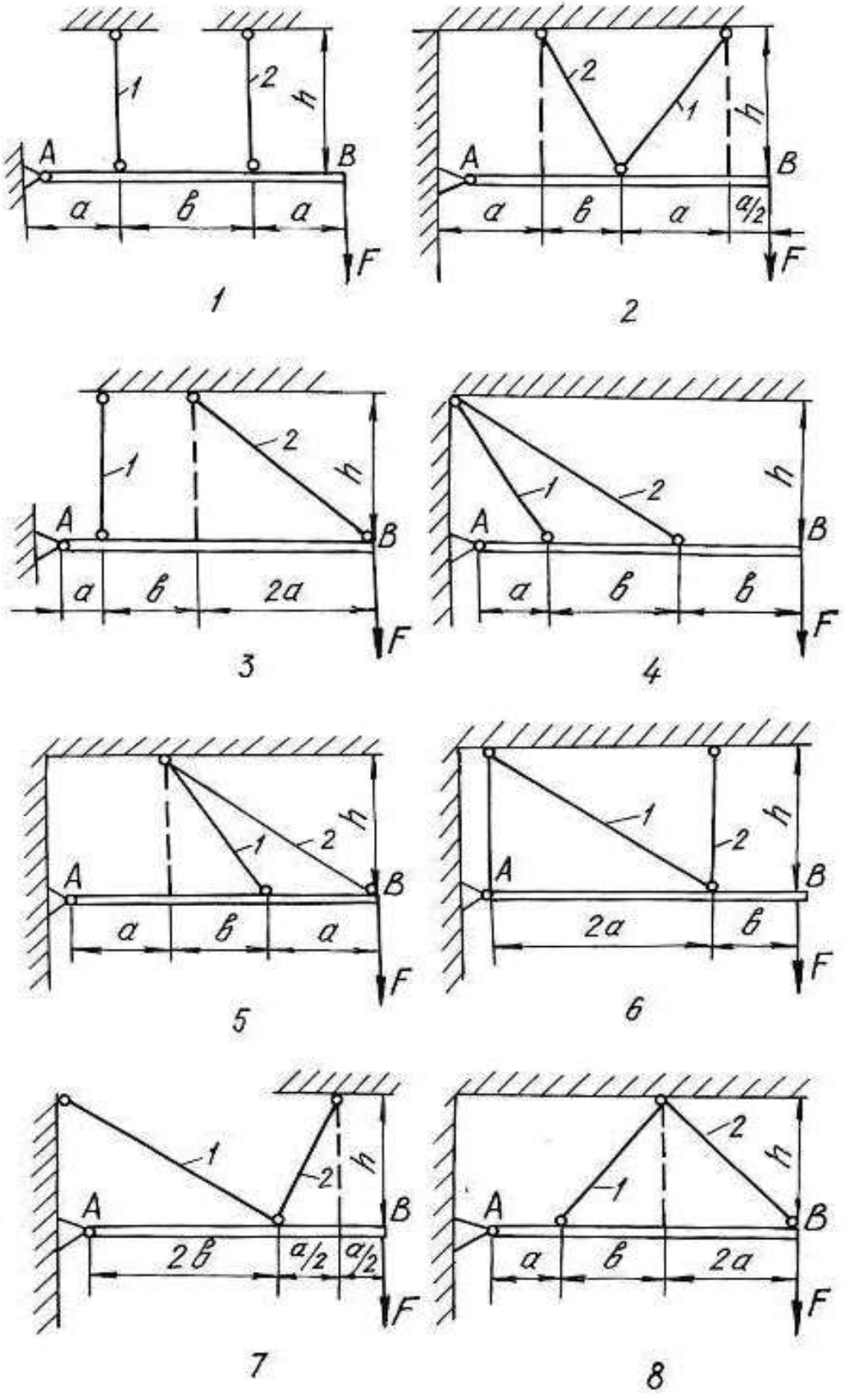
1. Определить усилия, возникающие в стержнях от действия нагрузки F;
2. Подобрать сечение стержней из двух равнобоких уголков каждое по ГОСТ 8509-93 (см. табл. П. 3).
3. Определить дополнительные усилия в стержнях конструкции, если стержень 2 изготовлен короче проектного размера на $\Delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м.

При расчетах принять $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; σ_{adm}=160 МПа, остальные данные приведены в табл. 1.4. Расчетные схемы приведены в табл. 1.5.

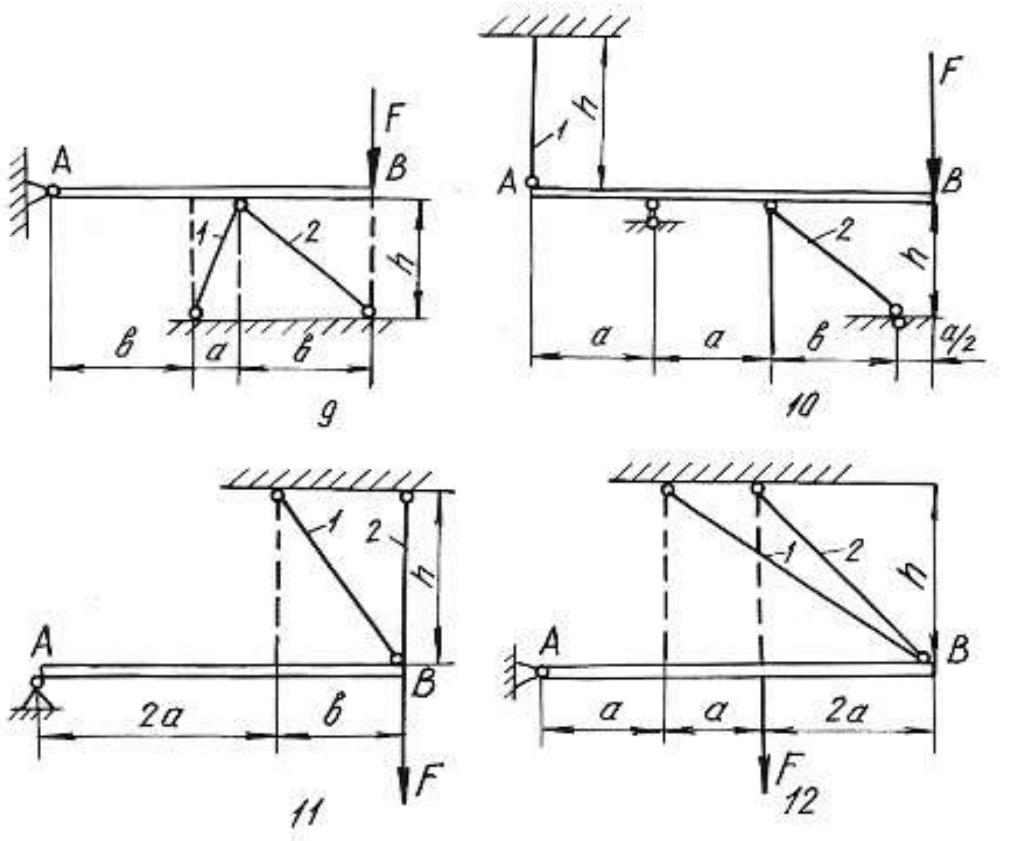
Таблица 1.4

Номер варианта	a, м	b, м	h, м	$A_2 : A_1$	F, кН
1	2,0	1,4	1,8	2,0	80
2	2,2	1,6	2,0	1,5	120
3	2,6	1,8	2,2	1,2	150
4	2,5	1,1	1,5	1,0	180
5	1,8	1,0	1,2	1,5	100
6	2,0	1,0	1,5	2,0	240
7	2,4	1,4	1,6	1,8	140
8	2,8	1,6	2,	2,0	120
9	1,6	1,2	1,5	1,5	100
10	2,4	1,4	1,6	1,8	180
11	3,0	2,0	2,0	1,5	260
12	2,4	1,8	2,2	2,0	320
13	1,8	1,4	1,2	1,5	400
14	2,0	1,5	1,3	1,2	360
15	1,5	1,5	2,0	1,5	400
16	1,0	0,9	1,5	1,1	340
17	1,1	1,3	1,8	1,8	250
18	1,5	1,2	2,0	2,0	120
19	0,9	0,6	3,0	1,4	170
20	0,8	0,7	2,3	1,6	210
21	1,2	1,7	1,3	1,3	200
22	1,3	1,4	0,8	1,7	90
23	2,0	2,0	2,0	0,9	110
24	2,0	1,1	1,0	0,8	130
25	1,5	1,6	0,8	0,7	280

Таблица 1.5


1
2
h
A
B
a
в
a
F
1
2
2
1
h
A
B
a
в
a
a/2
F
2
1
2
h
A
B
a
в
2a
F
3
1
2
h
A
B
a
в
в
F
4
1
2
h
A
B
a
в
a
F
5
1
2
h
A
B
2a
в
F
6
1
2
h
A
B
2в
a/2
a/2
F
7
1
2
h
A
B
a
в
2a
F
8

Окончание табл. 1.5



Глава 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

Моментами инерции являются геометрические характеристики, отражающие заполнение веществом плоского поперечного сечения балки. Значения моментов инерции для стандартных поперечных сечений можно найти в любой литературе, список которой приведен в конце настоящего пособия. Моменты инерции относительно собственных осей простых фигур определяются по известным формулам.

Для прямоугольника

$$J_x = \frac{bh^3}{12}; \qquad J_y = \frac{hb^3}{12}; \qquad J_{xy} = 0, \tag{2.1}$$

где x, y – горизонтальная и вертикальная оси, проходящие через центр тяжести прямоугольника; b – ширина; h – высота прямоугольника.

Для круга

$$J_x = J_y = \frac{\pi d^4}{64}; \qquad J_{xy} = 0. \tag{2.2}$$

Для треугольника

$$J_x = \frac{bh^3}{36}; \qquad J_y = \frac{hb^3}{36}; \qquad J_{xy} = \pm\frac{b^2h^2}{72}. \tag{2.3}$$

При этом знак центробежного момента определяется следующим образом. Треугольник вычерчивается в масштабе, через его центр проводятся оси, которые делят треугольник на четыре четверти. В первой и третьей четвертях площадь положительна, в остальных – отрицательна. Если суммарная положительная площадь будет по размеру больше отрицательной, то знак центробежного момента будет тоже положительный и наоборот.

Осевые моменты инерции прокатных профилей выписываются из таблицы (сортамента проката) в соответствии с номером профиля. Для равнополочных уголков центробежный момент относительно горизонтальной и вертикальной осей определяется по формуле:

$$J_{xy} = \left(J_{x_0} - J_{y_0}\right)\frac{\sin 2\alpha}{2} + J_{x_0y_0}\cos 2\alpha, \tag{2.4}$$

где x_0, y_0 – оси, проходящие через центр тяжести уголка под углом 45° к горизонтальной и вертикальной осям уголка.

При этом нужно помнить, что угол поворота осей *xy* относительно осей x_0y_0 будет отрицательным. Если уголок неравнополочный, то его условно разбивают на два прямоугольника, находят их центры тяжести, и центробежный

момент относительно собственных осей всего уголка определяют по формуле центробежных моментов инерции относительно параллельных осей.

Для составного сечения необходимо определять положение центра тяжести, разбив его на простейшие части (прямоугольник, круг, треугольник, двутавр, швеллер, уголок). Формулы для определения центра тяжести имеют вид:

$$x_c = \frac{\sum S_{x_{\text{вр}}}}{\sum A} = \frac{\left(A_1 x_1 + A_2 x_2 + \ldots, + A_n x_n\right)}{\left(A_1 + A_2 + \ldots, + A_n\right)};$$
$$y_c = \frac{\sum S_{y_{\text{вр}}}}{\sum A} = \frac{\left(A_1 y_1 + A_2 y_2 + \ldots, + A_n y_n\right)}{\left(A_1 + A_2 + \ldots, + A_n\right)}, \qquad (2.5)$$

где $S_{y_{\text{вр}}}, S_{x_{\text{вр}}}$ – статические моменты площадей простых фигур относительно временных осей; A_1, A_2,…, A_n – площади простых фигур; x_n, y_n – координаты центров тяжести простых фигур во временных осях.

Главными моментами инерции плоской фигуры (сечения) называют моменты инерции, определяемые относительно главных центральных осей сечения. Такие оси должны отвечать следующим требованиям:

1) они проходят через центр тяжести сечения;

2) относительно этих осей наблюдаются экстремальные значения моментов инерции (главные моменты инерции);

3) центробежный момент инерции относительно главных осей равен нулю.

В формулы напряжений, содержащие моменты инерции, необходимо всегда подставлять значения главных моментов инерции. Определение главных моментов инерции проводится в следующем порядке.

1. Заданное поперечное сечение сложной конфигурации вычерчивается в выбранном масштабе с указанием всех размеров.

2. Сечение условно разбивается на простейшие фигуры (прямоугольник, круг, треугольник, двутавр, швеллер, уголок).

3. Определяется положение центра тяжести площадки каждой простой фигуры и из этих центров проводятся собственные оси координат.

4. Для всей фигуры сечения проводятся временные (вспомогательные) оси координат $(x_{\text{вр}}, y_{\text{вр}})$ параллельно собственным осям отдельных фигур (желательно, чтобы временные оси проходили через центры тяжести простых фигур, что ведет к уменьшению объема вычислений).

5. Определяются координаты центра тяжести площади всего сечения по формулам (2.5).

6. Центр тяжести сечения наносится на чертеж, и из него проводятся опорные оси координат (x_c, y_c) параллельно временным осям.

7. Определяются осевые и центробежные моменты инерции сечения относительно опорных осей. При этом используют формулы для определения моментов инерции относительно параллельных осей:

$$J_{x_c} = \left(J_{x_1} + A_1 a_1^2\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_2} + A_2 a_2^2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{x_n} + A_n a_n^2\right)^{n};$$

$$J_{y_c} = \left(J_{y_1} + A_1 b_1^2\right)^{\text{I}} + \left(J_{y_2} + A_2 b_2^2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{y_n} + A_n b_n^2\right)^{n}; \qquad (2.6)$$

$$J_{x_c y_c} = \left(J_{x_1 y_1} + A_1 a_1 b_1\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_2 y_2} + A_2 a_2 b_2\right)^{\text{II}} + \ldots + \left(J_{x_n y_n} + A_n a_n b_n\right)^{n},$$

где $J_{x_1}, J_{x_2}, \ldots, J_{x_n}$ и $J_{y_1}, J_{y_2}, \ldots, J_{y_n}$ – моменты инерции простых фигур относительно собственных осей; $J_{x_1 y_1}, J_{x_2 y_2}, \ldots, J_{x_n y_n}$ – центробежные моменты инерции простых фигур относительно собственных осей; $a_1, a_2, \ldots, a_n$ – расстояния между собственными осями $x_1, x_2 \ldots, x_n$ простых фигур и центральной осью x_c; $b_1, b_2 \ldots, b_n$ – расстояния между собственными осями $y_1, y_2 \ldots, y_n$ простых фигур и центральной осью y_c (с учетом знаков).

8. Определяется положение главных осей инерции по формуле:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = \frac{2 \cdot J_{x_c y_c}}{J_{y_c} - J_{x_c}}. \qquad (2.7)$$

Положительным считается угол α_0, откладываемый против хода часовой стрелки.

9. Проводятся главные оси на чертеже под углом α_0 по отношению к центральным осям.

10. Определяются главные моменты инерции по формулам:

$$\begin{aligned} J_{x_0} &= J_{x_c} \cos^2 \alpha_0 + J_{y_c} \sin^2 \alpha_0 - J_{x_c y_c} \sin 2\alpha_0; \\ J_{y_0} &= J_{x_c} \sin^2 \alpha_0 + J_{y_c} \cos^2 \alpha_0 + J_{x_c y_c} \sin 2\alpha_0 \end{aligned} \qquad (2.8)$$

или

$$J_{\max/\min} = \frac{J_{x_c} + J_{y_c}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)^2 + 4 \cdot J_{x_c y_c}^2}. \qquad (2.9)$$

11. Проводится проверка правильности решения задачи в двух вариантах:

а) суммы главных моментов инерции и моментов инерции относительно центральных осей должны быть равны

$$J_{x_0} + J_{y_0} = \left(J_{x_c} + J_{y_c}\right) \pm 5\ \%; \qquad (2.10)$$

б) центробежный момент инерции относительно главных осей должен быть равен нулю

$$J_{x_0y_0} = \frac{J_{x_c} - J_{y_c}}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\cos 2\alpha_0 = 0\,. \qquad (2.11)$$

Пример 2.1.

Для заданного поперечного сечения, состоящего из швеллера и равнополочного уголка (рис. 2.1), требуется:

1) определить положение центра тяжести;

2) найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей, проходящих через центр тяжести;

3) определить направления главных центральных осей x_0 и y_0;

4) найти моменты инерции относительно главных центральных осей;

5) вычертить сечение в масштабе 1:2 и указать на нем все размеры в числах и все оси.

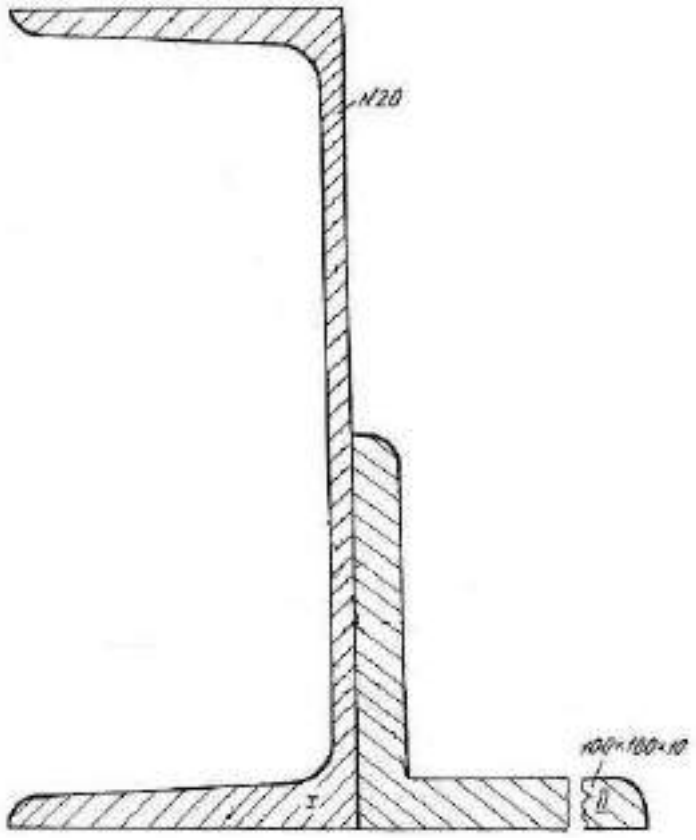


Рис. 2.1.

Решение.

1. Проводим временные оси $x_{\text{вр}}$ и $y_{\text{вр}}$ через левый нижний угол сечения (рис. 2.2) и разбиваем сечение на две фигуры: швеллер I и уголок II.

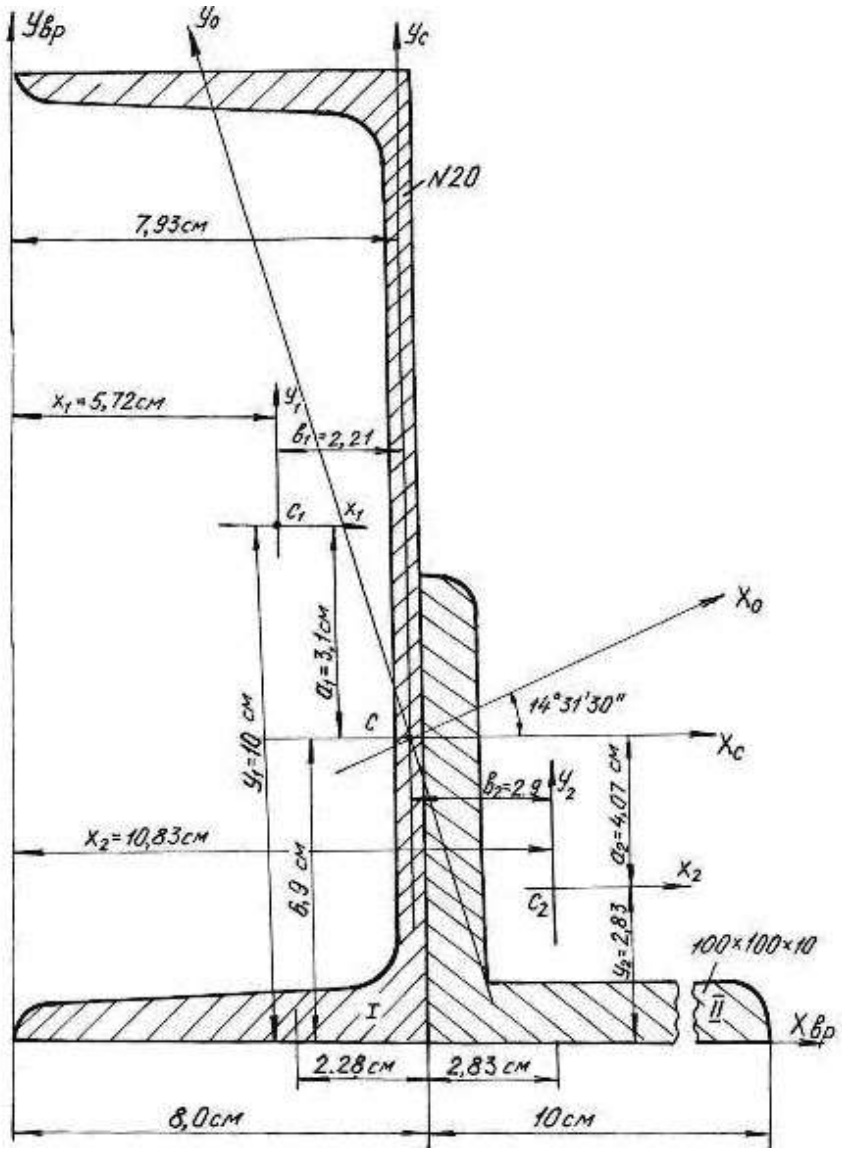


Рис. 2.2.

Основные данные фигур выписываем из таблиц сортамента проката.

Швеллер № 20а: $A_1 = 25{,}2$ см^2, $Z_0 = 2{,}28$ см, $J_{x_1} = 1670$ см^4, $J_{y_1} = 139$ см^4.

Уголок 100×100×10 мм: $A_2 = 19{,}2$ см^2, $Z_0 = 2{,}83$ см, $J_{x_0} = 284$ см^4, $J_{y_0} = 74{,}1$ см^4, $J_{x_2} = J_{y_2} = 179$ см^4 (рис. 2.3).

Координаты центра тяжести сечения

$$x_c = \frac{(A_1 x_1 + A_2 x_2)}{(A_1 + A_2)} = \frac{25{,}2 \cdot 5{,}72 + 19{,}2 \cdot 10{,}83}{25{,}2 + 19{,}2} = 7{,}93 \text{ см};$$

$$y_c = \frac{\left(A_1 y_1 + A_2 y_2\right)}{\left(A_1 + A_2\right)} = \frac{25{,}2 \cdot 10 + 19{,}2 \cdot 2{,}83}{25{,}2 + 19{,}2} = 6{,}9 \text{ см};$$

где A_1, A_2 – площади поперечного сечения первой и второй фигур; x_1, x_2, y_1, y_2 – координаты центров тяжести фигур относительно временных осей.

По значениям координат центра тяжести фигуры наносим точку C (см. рис. 2.2.) и проводим центральные оси x_c и y_c параллельно временным осям.

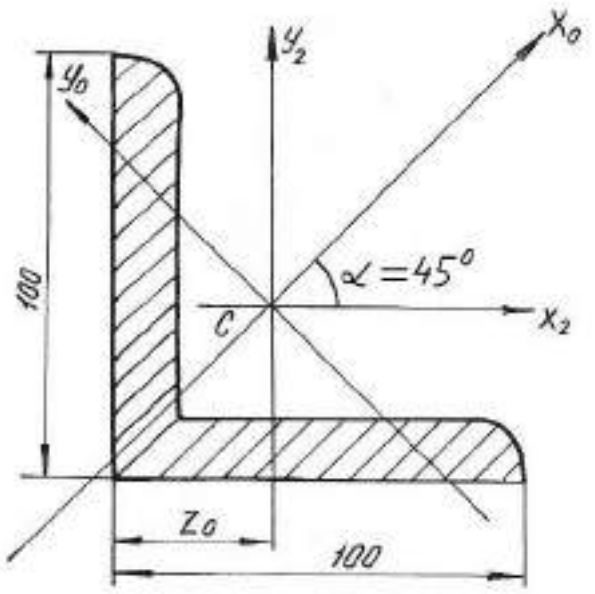


Рис. 2.3.

2. Вычисляем осевые моменты инерции относительно центральных опорных осей

$$J_{x_C} = \left(J_{x_C}\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_C}\right)^{\text{II}} = \left(J_{x_1} + A_1 a_1^2\right) + \left(J_{x_2} + A_2 a_2^2\right) =$$

$$= \left[1670 + 25{,}2\left(3{,}1\right)^2\right] + \left[179 + 19{,}2\left(-4{,}07\right)^2\right] = 2409 \text{ см}^4;$$

$$J_{y_C} = \left(J_{y_C}\right)^{\text{I}} + \left(J_{y_C}\right)^{\text{II}} = \left(J_{y_1} + A_1 b_1^2\right) + \left(J_{y_2} + A_2 b_2^2\right) =$$

$$= \left[139 + 25{,}2\left(\text{-}2{,}21\right)^2\right] + \left[179 + 19{,}2\left(2{,}9\right)^2\right] = 603 \text{ см}^4.$$

3. Вычисляем центробежный момент инерции сечения относительно осей x_c и y_c. Центробежный момент швеллера относительно собственных осей равен 0, так как его оси проходят через центр тяжести и одна из них является осью симметрии.

Для уголка собственные центральные оси, т. е. оси x_2 и y_2 не являются главными, поэтому центробежный момент уголка в этой системе координат не равен 0. Вычислим его.

Из таблиц сортамента

$$J_{x_0} = 284 \text{ см}^4; \quad J_{y_0} = 74{,}1 \text{ см}^4;$$

$$J_{x_2y_2} = \frac{\left(J_{x_0} - J_{y_0}\right)}{2}\sin 2\alpha + J_{x_0y_0}\cos 2\alpha = \frac{284 - 74{,}1}{2}(-1) + 0 = -104{,}95 \text{ см}^4.$$

Угол α отрицателен, так как поворот осей x_0, y_0 направлен по ходу часовой стрелки.

$$J_{x_cy_c} = \left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{I}} + \left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{II}} = (J_{x_1y_1} + A_1a_1b_1) + (J_{x_2y_2} + A_2a_2b_2) =$$

$$= [0 + 25{,}2(3{,}1)(-2{,}21)] + [-104{,}95 + 19{,}2(-4{,}07)(2{,}90)] =$$

$$= -172{,}0 - 104{,}95 - 225 = -501{,}95 \text{ см}^4.$$

Угол поворота главных осей инерции

$$\text{tg}2\alpha_0 = \frac{2J_{x_cy_c}}{\left(J_{y_c} - J_{x_c}\right)} = \frac{2(-501{,}95)}{(603 - 2409)} = 0{,}555, \quad 2\alpha_0 = 29^{\text{o}}03', \quad \alpha_0 = 14^{\text{o}}31'30''.$$

4. Откладываем полученный угол против хода часовой стрелки от центральных осей x_c, y_c и проводим главные оси инерции x_0, y_0 (см. рис. 2.2).

5. Определяем главные моменты инерции

$$J_{x_0} = J_{x_c}\cos^2\alpha_0 + J_{y_c}\sin^2\alpha_0 - J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0 = 2536 \text{ см}^4;$$

$$J_{y_0} = J_{x_c}\sin^2\alpha_0 + J_{y_c}\cos^2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0 = 476 \text{ см}^4.$$

Так как $J_{x_c} > J_{y_c}$, то $J_{\max}$ будет относительно оси x_0, а $J_{\min}$ будет относительно оси y_0.

Проверка.

а) Согласно формуле (2.10)

$$J_{x_c} + J_{y_c} = \left(J_{x_0} + J_{y_0}\right) \pm 5\ \%;$$

$$(2409 + 603)\cdot 10^{-8} = (2536 + 476)\cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$3012\cdot 10^{-8} \text{ см}^4 = 3012\cdot 10^{-8} \text{ см}^4.$$

б) Согласно формуле (2.11)

$$J_{x_0y_0} = \frac{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_cy_c}\cos 2\alpha_0 = 0;$$

$$J_{x_0y_0} = \frac{(2409-603)}{2}\sin 2\left(14^\circ 31' 30''\right) - 501{,}95 \cdot \cos 2\left(14^\circ 31' 30''\right) = 0;$$
$$J_{x_0y_0} = 438 - 438 = 0.$$

Проверка показывает, что главные моменты инерции определены правильно.

6. Вычерчиваем поперечное сечение в масштабе 1:2 с указанием всех осей и размеров.

Пример 2.2.

Для заданного поперечного сечения (рис. 2.4) определить положение центра тяжести, найти положение главных осей инерции и значения главных моментов инерции.

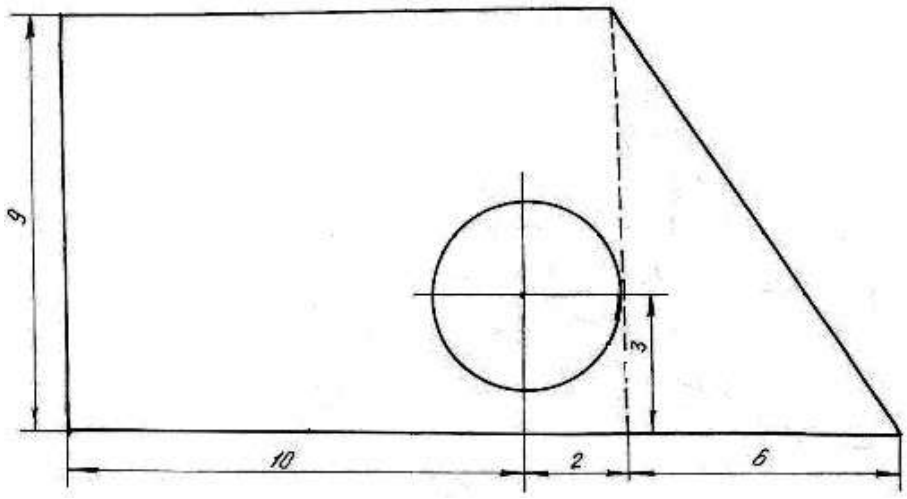


Рис. 2.4.

Решение.

1. Чертим поперечное сечение в масштабе 1:1;

2. Разбиваем сечение на простейшие фигуры: I – прямоугольник, II – прямоугольный треугольник, III – круг;

3. Проводим временные оси $x_{вр}$ и $y_{вр}$ через левый нижний угол заданного сечения (рис. 2.5).

4. Обозначив на рисунке центры тяжести простейших фигур, находим их координаты относительно временных осей и определяем площади фигур

$$C_1\begin{cases} x_1 = 6 \text{ см}; \\ y_1 = 4{,}5 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_2\begin{cases} x_2 = 14 \text{ см}; \\ y_2 = 3 \text{ см}; \end{cases} \qquad C_3\begin{cases} x_3 = 10 \text{ см}; \\ y_3 = 3 \text{ см}. \end{cases}$$

$$A_1 = 108 \text{ см}^2, \qquad A_2 = 27 \text{ см}^2, \qquad A_3 = 12{,}56 \text{ см}^2.$$

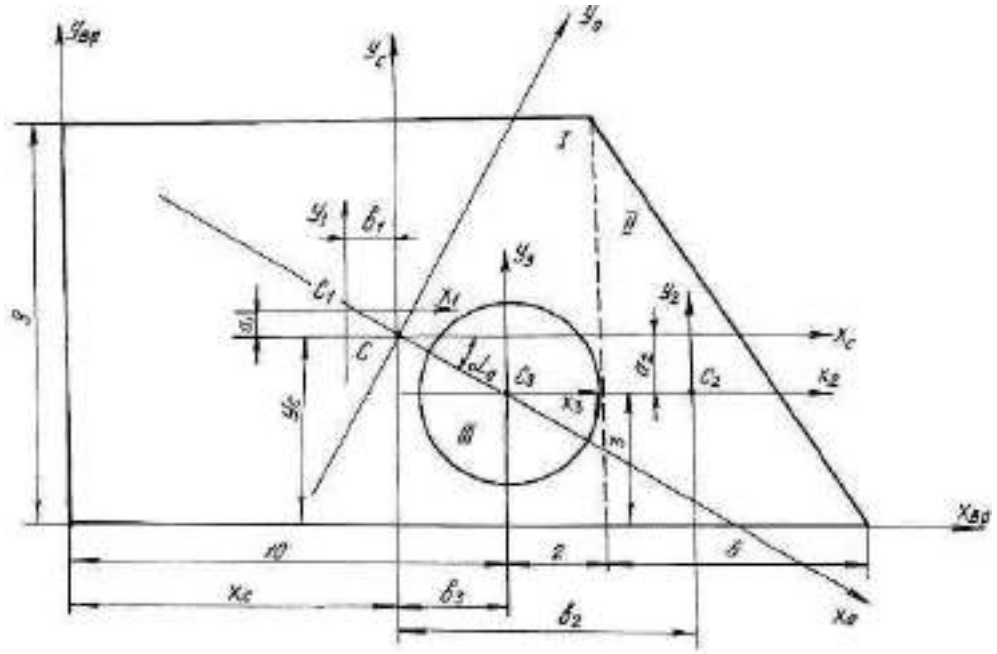


Рис. 2.5.

5. Определим координаты центра тяжести сечения

$$x_C = \frac{S_y}{A} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 - x_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{6 \cdot 108 + 14 \cdot 27 - 10 \cdot 12{,}56}{108 + 27 - 12{,}56} = 7{,}35 \text{ см};$$

$$y_C = \frac{S_x}{A} = \frac{y_1 A_1 + y_2 A_2 - y_3 A_3}{A_1 + A_2 - A_3} = \frac{4{,}5 \cdot 108 + 3 \cdot 27 - 3 \cdot 12{,}56}{108 + 27 - 12{,}56} = 4{,}32 \text{ см}.$$

Обозначим на рис. 2.5 положение центра тяжести C (x_c =7,35 см; y_c =4,32 см) и проведем центральные оси x_c и y_c параллельно временным осям.

6. Определим координаты центров тяжести простейших фигур $\left(C_1,\ C_2,\ C_3\right)$ относительно центральных осей x_c и y_c

$$C_1 \begin{cases} b_1 = x_1 - x_C = 1{,}35 \text{ см} \\ a_1 = y_1 - y_C = 0{,}18 \text{ см} \end{cases} \qquad C_2 \begin{cases} b_2 = x_2 - x_C = 6{,}65 \text{ см} \\ a_2 = y_2 - y_C = -1{,}32 \text{ см} \end{cases}$$

$$C_3 \begin{cases} b_3 = x_3 - x_C = 2{,}65 \text{ см} \\ a_3 = y_3 - y_C = -1{,}32 \text{ см}. \end{cases}$$

7. Определим моменты инерции простейших фигур относительно их центральных осей

Для прямоугольника:

$$J_{x_1} = \frac{bh^3}{12} = \frac{12 \cdot 9^3}{12} = 729 \text{ см}^4;\ J_{y_1} = \frac{b^3 h}{12} = \frac{12^3 \cdot 9}{12} = 1296 \text{ см}^4;\ J_{x_1 y_1} = 0.$$

Для треугольника:

$$J_{x_2}=\frac{bh^3}{36}=\frac{6\cdot 9^3}{36}=121{,}5\text{ см}^4;\qquad J_{y_2}=\frac{b^3h}{36}=\frac{6^3\cdot 9}{36}=54\text{ см}^4;$$

$$J_{x_2y_2}=-\frac{b^2h^2}{72}=-\frac{6^2\cdot 9^2}{72}=-40{,}5\text{ см}^4,$$

знак минус указывает на преобладание суммарной отрицательной части площади поперечного сечения.

Для круга:

$$J_{x_3}=J_{y_3}=\frac{\pi d^4}{64}=\frac{3{,}14\cdot 4^4}{64}=12{,}56\text{ см}^4;\qquad J_{x_3y_3}=0.$$

8. Определим моменты инерции всего сечения относительно центральных осей x_c и y_c, используя формулы моментов инерции относительно параллельных осей

$$J_{x_c}=\left(J_{x_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{x_1}+A_1a_1^2\right)+\left(J_{x_2}+A_2a_2^2\right)-\left(J_{x_3}+A_3a_3^2\right)=$$

$$=\left(729+0{,}18^2\cdot 108\right)+\left(121{,}5+\left(-1{,}32\right)^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+\left(-1{,}32\right)^2\cdot 12{,}56\right)=866{,}6\text{ см}^4;$$

$$J_{y_c}=\left(J_{y_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{y_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{y_c}\right)^{\text{III}}=\left(J_{y_1}+A_1b_1^2\right)+\left(J_{y_2}+A_2b_2^2\right)-\left(J_{y_3}+A_3b_3^2\right)=$$

$$=\left(1296+\left(-1{,}35\right)^2\cdot 108\right)++\left(54+6{,}65^2\cdot 27\right)-\left(12{,}56+2{,}65^2\cdot 12{,}56\right)=1093{,}32\text{ см}^4;$$

$$J_{x_cy_c}=\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{I}}+\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{II}}-\left(J_{x_cy_c}\right)^{\text{III}}=$$

$$=\left(J_{x_1y_1}+a_1b_1A_1\right)+\left(J_{x_2y_2}+a_2b_2A_2\right)-\left(J_{x_3y_3}+a_3b_3A_3\right)=$$

$$=\left(0+0{,}18\cdot\left(-1{,}35\right)\cdot 108\right)+\left(-40{,}5+\left(-1{,}32\right)\cdot 6{,}65\cdot 27\right)-\left(0+\left(-1{,}32\right)\cdot 2{,}56\cdot 12{,}56\right)=$$

$$=-259{,}82\text{ см}^4.$$

Получили, что центробежный момент сечения $J_{x_cy_c}\neq 0$, следовательно, оси x_c и y_c не являются главными осями инерции.

9. Найдём положение главных осей инерции по формуле:

$$\operatorname{tg}2\alpha_0=\frac{-2\cdot J_{x_cy_c}}{J_{x_c}-J_{y_c}}=-2{,}29;\text{ откуда }\ 2\cdot\alpha_0=-66^{\text{o}}20';\ \ \alpha_0=-33^{\text{o}}10'.$$

10. Проводим главные оси инерции x_0, y_0 под углом α_0 относительно центральных осей и определяем значение главных моментов инерции

$$J_{x_0}=J_{x_c}\cos^2\alpha_0+J_{y_c}\sin^2\alpha_0-J_{x_cy_c}\sin 2\alpha_0=696{,}48\text{ см}^4;$$

$$J_{y_0} = J_{x_c}\sin^2\alpha_0 + J_{y_c}\cos^2\alpha_0 + J_{x_c y_c}\sin 2\alpha_0 = 1263{,}42 \text{ см}^4.$$

$$J_{\min} = J_{x_0} = 696{,}48 \text{ см}^4; \qquad J_{\max} = J_{y_0} = 1263{,}42 \text{ см}^4.$$

Проверка.

а) Согласно формуле (2.10)

$$J_{x_c} + J_{y_c} = \left(J_{x_0} + J_{y_0}\right) \pm 5\%;$$

$$\left(866{,}6 + 1093{,}32\right)\cdot 10^{-8} = \left(696{,}48 + 1263{,}42\right)\cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$1959{,}9\cdot 10^{-8}\text{см}^4 = 1959{,}9\cdot 10^{-8}\text{см}^4.$$

б) Согласно формуле (2.11)

$$J_{x_0 y_0} = \frac{\left(J_{x_c} - J_{y_c}\right)}{2}\sin 2\alpha_0 + J_{x_c y_c}\cos 2\alpha_0 = 0;$$

$$J_{x_0 y_0} = \frac{\left(866{,}6 - 1093{,}32\right)}{2}\sin 2\left(-33^{\circ}10'\right) + \left(-259{,}82\right)\cos 2\left(-33^{\circ}10'\right) = 0;$$

$$J_{x_0 y_0} = 104 - 104 = 0.$$

Проверка показывает, что главные моменты инерции определены правильно.

2.1. Задания для определения главных моментов инерции

а) Для заданного поперечного сечения (табл. 2.1), состоящего из швеллера и равнополочного уголка или из швеллера и двутавра (табл. 2.2), требуется:

1. Определить положение центра тяжести;
2. Найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей x_C и y_C, проходящих через центр тяжести сечения;
3. Определить положение главных осей инерции x_0 и y_0;
4. Найти главные моменты инерции относительно главных осей x_0 и y_0;
5. Вычертить сечение в выбранном масштабе и указать на нем все размеры в числах и все оси;
6. Сделать проверочные расчеты.

б) Для заданного поперечного сечения (табл. 2.3) требуется:

1. Определить положение центра тяжести;
2. Найти осевые и центробежный моменты инерции относительно осей x_C и y_C, проходящих через центр тяжести сечения;
3. Определить положение главных осей инерции x_0 и y_0;

4. Найти главные моменты инерции относительно главных осей x_0 и y_0;

5. Сделать проверочные расчеты.

Таблица 2.1

Номер варианта	Тип сечения	Швеллер №	Равнобокий уголок, мм	Двутавр №
1	I	14	80×80×8	12
2	II	16	80×80×6	14
3	III	18	90×90×8	16
4	IV	20	90×90×7	18
5	V	22	90×90×6	20а
6	VI	24	100×100×8	20
7	VII	27	100×100×10	22а
8	VIII	30	100×100×12	22
9	IX	33	125×125×10	24а
10	X	36	125×125×12	24

Таблица 2.2

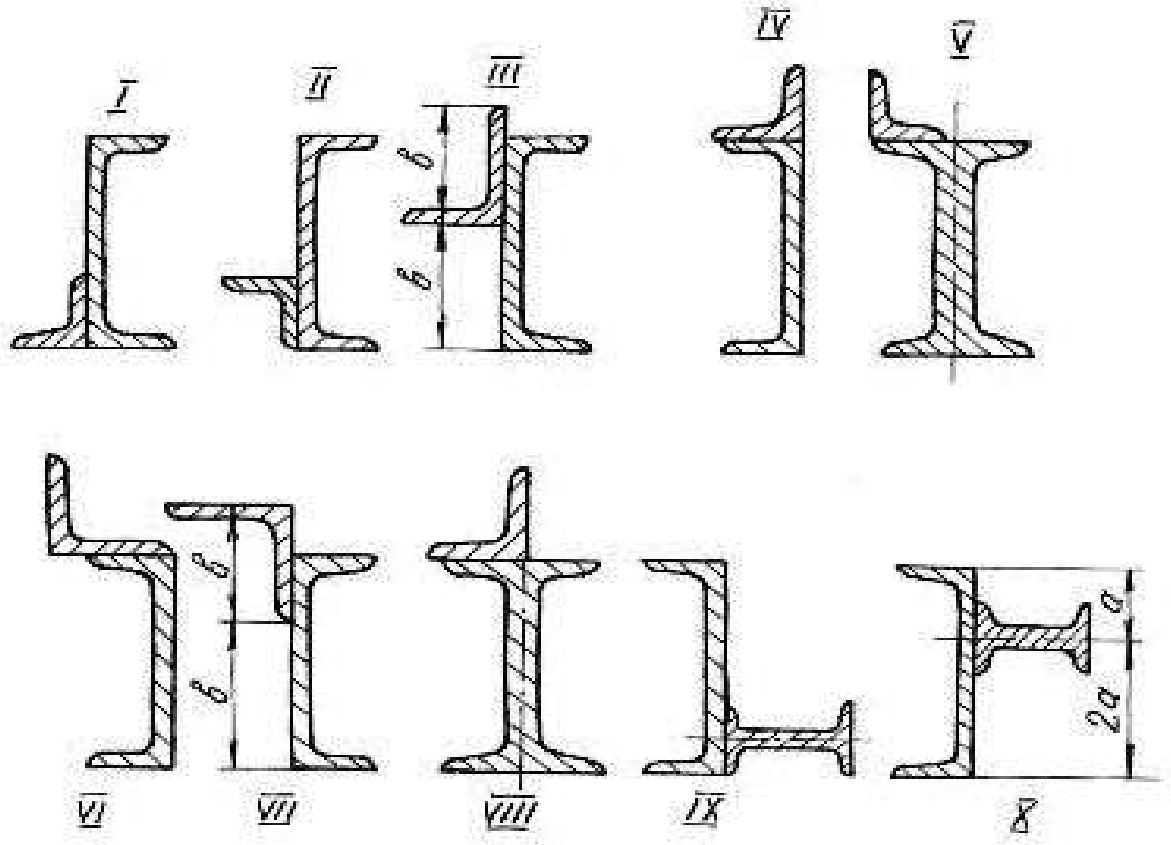
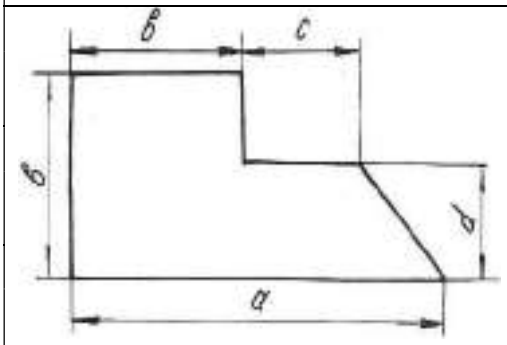
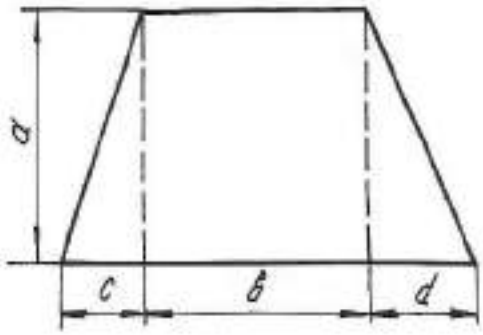
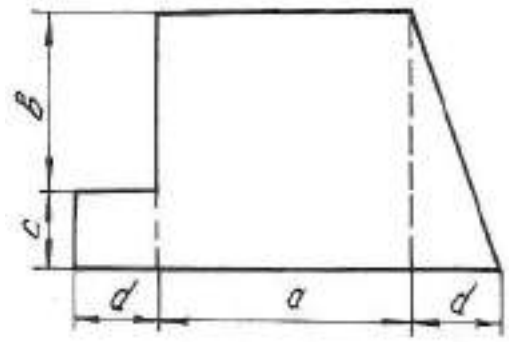
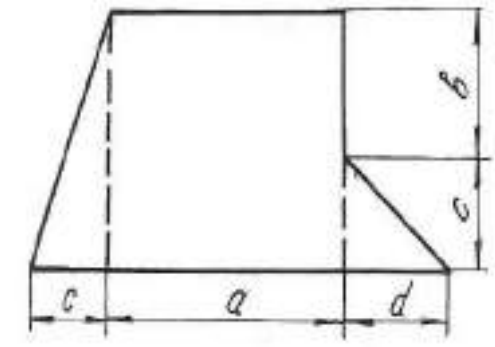
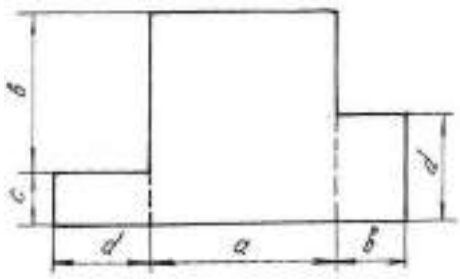
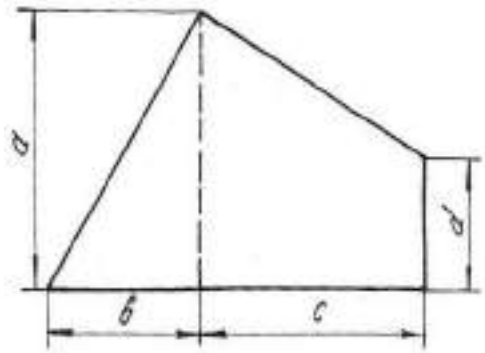
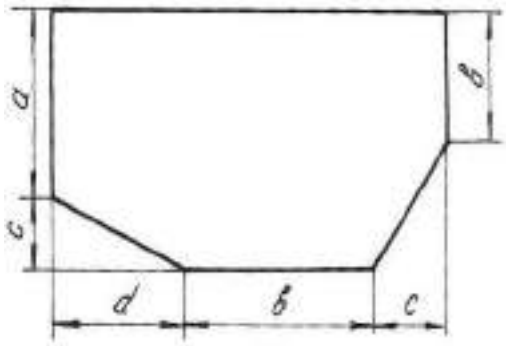
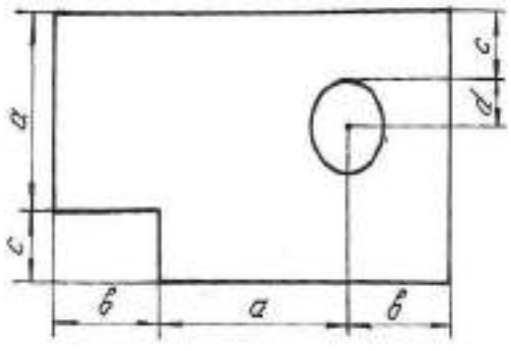


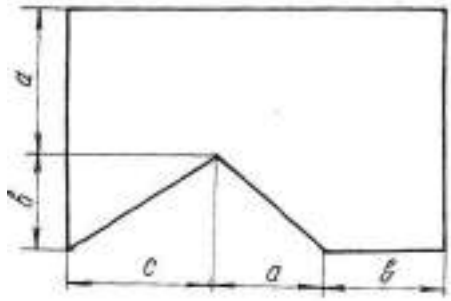
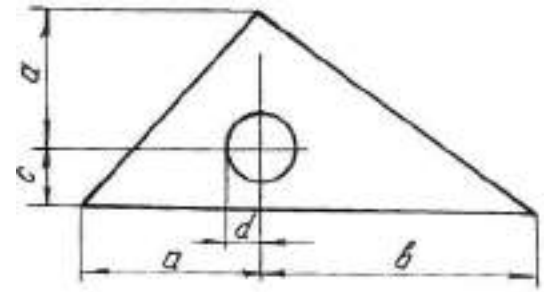
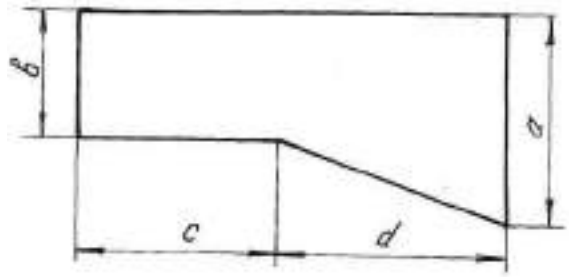
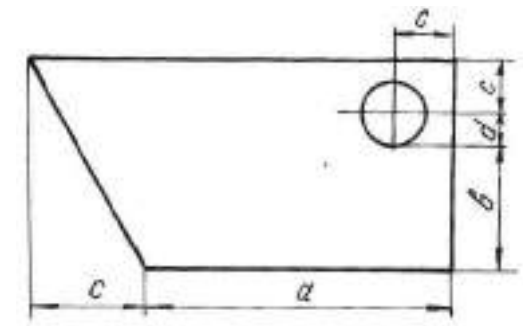
Таблица 2.3

Вид поперечного сечения	Номер варианта	*a*, см	*в*, см	*c*, см	*d*, см
	1	12	6	4	2
	2	16	10	2	6
	3	9	6	1	3
	4	6	9	3	5
	5	7	8	6	9
	6	8	6	4	6
	7	9	5	2	3
	8	6	4	3	4
	9	5	2	4	4
	10	4	3	2	5
	11	7	5	3	2
	12	9	4	4	6
	13	7	5	3	3
	14	6	3	6	4
	15	4	2	5	6

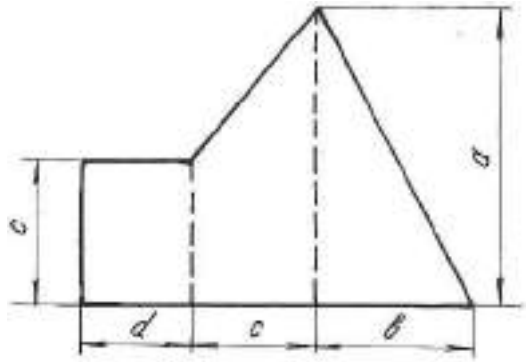
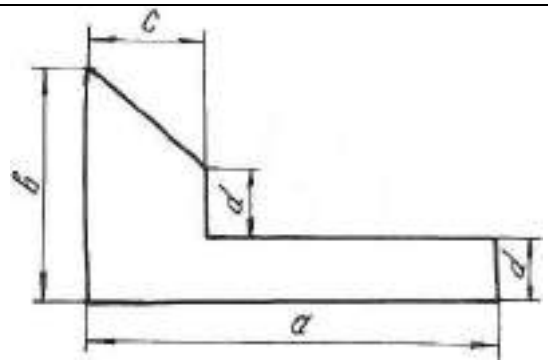
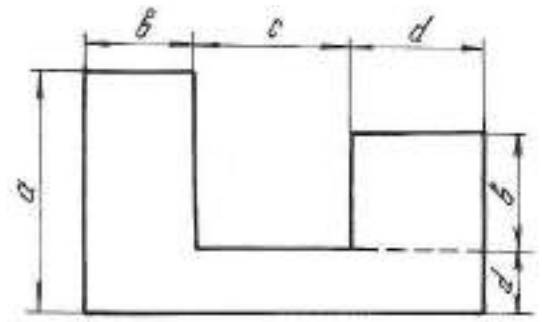
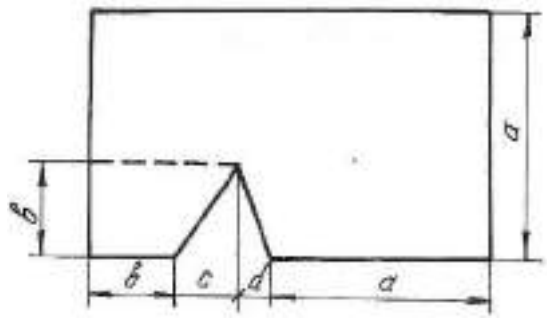
Продолжение табл. 2.3

Вид поперечного сечения	Номер варианта	*a*, см	*в*, см	*c*, см	*d*, см
	16	12	9	4	6
	17	18	12	5	8
	18	14	6	6	7
	19	15	19	3	4
	20	12	10	6	6
	21	16	8	9	4
	22	20	9	8	12
	23	14	14	12	6
	24	24	20	10	4
	25	10	8	4	3
	26	11	9	6	6
	27	13	12	5	9
	28	15	10	5	6
	29	8	4	8	12
	30	8	5	2	2
	31	9	4	1	2
	32	6	9	3	3
	33	10	6	4	1
	34	12	8	5	1

Продолжение табл. 2.3

Вид поперечного сечения	Номер варианта	*a*, см	*в*, см	*c*, см	*d*, см
	35	6	6	3	4
	36	9	4	6	5
	37	10	6	12	9
	38	12	9	10	6
	39	12	10	3	1
	40	10	12	3	2
	41	9	12	3	1
	42	8	10	3	2
	43	20	12	4	4
	44	18	10	3	5
	45	12	9	5	6
	46	15	12	6	4
	47	10	4	3	1
	48	12	6	4	2
	49	14	5	5	3
	50	16	6	4	1

Окончание табл. 2.3

Вид поперечного сечения	Номер варианта	*a*, см	*в*, см	*c*, см	*d*, см
	51	12	10	6	3
	52	18	12	4	9
	53	20	14	8	6
	54	22	16	10	4
	55	30	12	12	4
	56	24	14	10	6
	57	18	16	9	5
	58	12	10	8	3
	59	9	6	2	4
	60	6	5	4	2
	61	10	8	3	8
	62	12	9	4	1
	63	20	10	6	3
	64	12	6	4	3
	65	15	9	3	6
	66	18	10	9	6

Глава 3
ДЕФОРМАЦИЯ КРУЧЕНИЯ ВАЛА

Деформация кручения возникает при действии на вал пар сил, действующих в плоскостях, перпендикулярных к его продольной оси. При расчетах вала на кручение выполняются следующие условия прочности и жесткости:

$$\tau_{max} \le \tau_{adm}, \quad \varphi_{max} \le \varphi_{adm},$$

где τ_{max} – максимальное касательное напряжение, φ_{max} – максимальный угол закручивания вала.

Для определения максимального касательного напряжения и максимального угла закручивания необходимо иметь представление о том, как изменяется величина крутящего момента по длине вала. Текущие значения крутящих моментов определяются графиками их изменения, называемыми эпюрами. Вал по длине делится на участки вертикальными линиями, проведенными через те сечения, где приложены моменты пар сил. На каждом участке крутящий момент имеет постоянное значение и равен алгебраической сумме моментов относительно продольной оси, приложенных слева от сечения, проведенного условно на данном участке, или же приложенных справа от этого сечения.

Правило знаков: момент в сечении считается положительным, если, смотря на торцевое крайнее правое сечение вала, момент направлен по ходу часовой стрелки. Параллельно продольной оси вала проводится нулевая линия, от которой положительные моменты откладываются вверх, отрицательные – вниз в выбранном масштабе. Эпюра штрихуется вертикальными линиями. Диаметр сечения вала определяется из условия прочности

$$\tau_{max} = \frac{T_{max}}{W_p} \le \tau_{adm}, \tag{3.1}$$

где T_{max} – максимальный крутящий момент из эпюры T; $W_p = \dfrac{J_p}{d/2} = \dfrac{\left(\pi d^4/32\right)}{\left(d/2\right)} = \dfrac{\pi d^3}{16}$ – полярный момент сопротивления кручению поперечного сечения.

Исходя из условия прочности $\dfrac{\pi d^3}{16} \ge \dfrac{T_{max}}{\tau_{adm}}$, можно определить диаметр вала

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{16T_{max}}{\left(\pi\tau_{adm}\right)}} \quad . \tag{3.2}$$

Углы закручивания вала на отдельных участках определяются по формуле:

$$\varphi = \frac{Tl}{GJ_p}, \tag{3.3}$$

где T − крутящий момент на рассматриваемом участке вала, взятый из эпюры моментов; l - длина участка вала; GJ_p − жесткость вала при кручении; G − модуль сдвига; $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$ − полярный момент инерции поперечного сечения вала.

При построении эпюры углов закручивания вала необходимо помнить, что полный угол закручивания равен алгебраической сумме углов закручивания вала на отдельных участках. Значения углов закручивания в промежуточных сечениях определяются по формуле:

$$\alpha_{\text{прав}} = \alpha_{\text{лев}} + \varphi, \tag{3.4}$$

где $\alpha_{\text{лев}}$ − суммарный угол закручивания всех участков, которые находятся слева от рассматриваемого участка; φ − угол закручивания на данном участке.

Для определения максимального относительного угла закручивания определяют углы для каждого участка по формуле:

$$\theta = \frac{\varphi}{l}, \tag{3.5}$$

где l − длина рассматриваемого участка.

Пример 3.1.

К стальному валу приложены три известных момента: T_1=1100 Н·м, T_2=1400 Н·м, T_3= 1800 Н·м, a = 1,1 м, b = 1,4 м, c = 1,8 м (рис. 3.1).

Требуется:

1. Установить, при каком значении момента X угол закручивания правого концевого сечения вала равен нулю.

2. Построить эпюру крутящих моментов.

3. При заданном значении τ_{adm} определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его величину до ближайшего большого, соответственно равного 30, 35,40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм.

4. Построить эпюру углов закручивания.

5. Найти наибольший относительный угол закручивания и проверить вал на жесткость при $\theta_{\text{adm}} = 1{,}5\,\text{град}/\text{м}$.

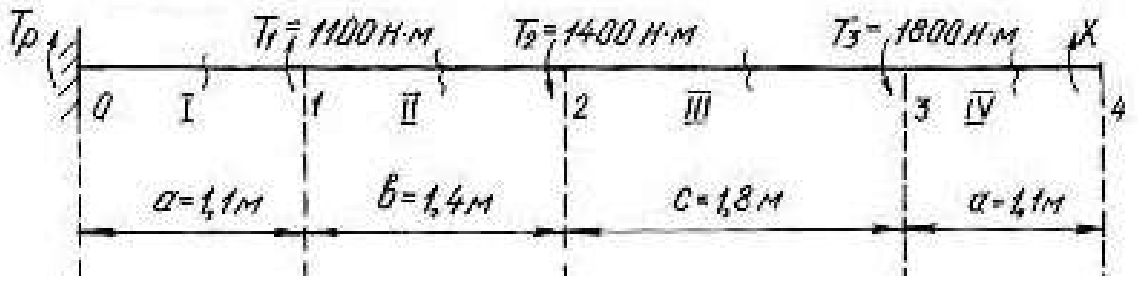


Рис. 3.1.

Решение.

1. Задача является статически неопределимой, так как невозможно определить из одного уравнения равновесия два неизвестных момента T_p и X. Для решения составим одно уравнение статики и одно уравнение совместности деформации. Уравнение статики представляем в виде уравнения моментов относительно продольной оси вала

$$\sum T = T_p + T_1 - T_2 - T_3 + X = 0 .$$

Угол закручивания правого концевого сечения может быть выражен как алгебраическая сумма взаимных углов закручивания сечений отдельных участков под действием каждого из моментов в отдельности

$$\sum \varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = 0 ,$$

где φ_1 – угол закручивания вала на участке 0-1 под действием момента T_1; φ_2 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_2; φ_3 – угол закручивания вала на участке под действием момента T_3; φ_4 – угол закручивания вала на участке 3-4 под действием неизвестного момента *X*.

При этом

$$\varphi_1 = \frac{T_1 a}{GJ_p}; \quad \varphi_2 = -\frac{T_2 (a+b)}{GJ_p}; \quad \varphi_3 = -\frac{T_3 (a+b+c)}{GJ_p}; \quad \varphi_4 = \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p}.$$

$$\sum \varphi = \frac{T_1 a}{GJ_p} - \frac{T_2 (a+b)}{GJ_p} - \frac{T_3 (a+b+c)}{GJ_p} + \frac{X(2a+b+c)}{GJ_p} =$$

$$= T_1 a - T_2 (a+b) - T_3 (a+b+c) + X(2a+b+c) = 0.$$

Подставив данные, получим

$$1100 \cdot 1{,}1 - 1400 \cdot 2{,}5 - 1800 \cdot 4{,}3 + X \cdot 5{,}4 = 0 ;$$

откуда $X = \dfrac{-1210 + 3500 + 7740}{5{,}4} = 1857$ Н·м.

Реактивный момент находим из уравнения статики:

$$T_p = -T_1 + T_2 + T_3 - X;$$

$$T_p = -1100 + 1400 + 1800 - 1857 = 243 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2. Для построения эпюры моментов (рис. 3.2) определяем значения мо-

ментов методом сечений.

В сечении IV-IV $T_{IV} = 1857$ Н·м.

В сечении III-III $T_{III} = 1857 - 1800 = 57$ Н·м.

В сечении II-II $T_{II} = 1857 - 1800 - 1400 = -1343$ Н·м.

В сечении I-I $T_{I} = 1857 - 1800 - 1400 + 1100 = -243$ Н·м.

3. Найдем полярный момент инерции сечения

$$W_P \geq \frac{|T_{max}|}{\tau_{adm}} \geq \frac{1857}{60 \cdot 10^6} \geq 30{,}95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

где $\tau_{adm} = 60$ МПа; $T_{max} = 1857$ Нм.

Из соотношения $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$ найдем диаметр вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_P}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 30{,}95 \cdot 10^{-6}}{3{,}14}} = 5{,}5 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 55 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала равным 60 мм.

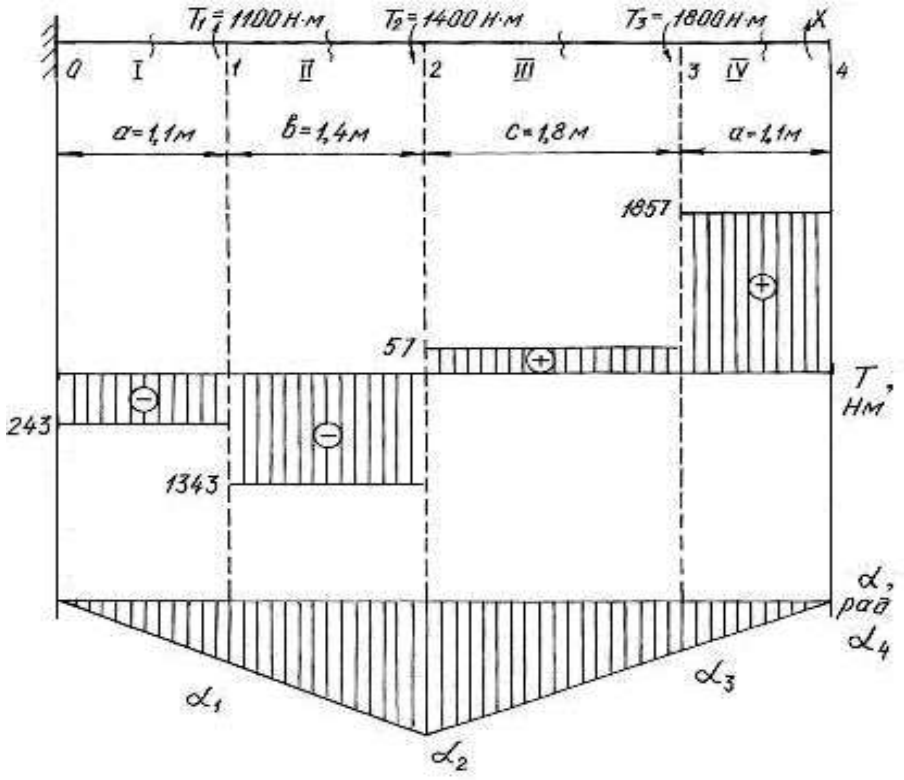


Рис. 3.2.

4. Углы закручивания вала на участках находим по формуле (3.3). Для этого сначала найдем J_p

$$J_p = \frac{3{,}14 \cdot 6^4}{32} = 127{,}2 \text{ см}^4 = 127{,}2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

$$\varphi_{\text{I}} = \frac{T_{\text{I}} a}{G J_p} = -\frac{243 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0026 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{II}} = \frac{T_{\text{II}} b}{G J_p} = -\frac{-1343 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}4}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0185 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{III}} = \frac{T_{\text{III}} c}{G J_p} = \frac{57 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}8}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0010 \text{ рад};$$

$$\varphi_{\text{IV}} = \frac{T_{\text{IV}} a}{G J_p} = \frac{1857 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}1}{8 \cdot 10^4 \cdot 127{,}2 \cdot 10^{-8}} = 0{,}0200 \text{ рад}.$$

В месте жёсткой заделки в сечении 0 вал неподвижен. По формуле (3.4), находим угол закручивания вала в сечениях 1, 2, 3, 4:

$\alpha_1 = \alpha_0 + \varphi_{\text{I}} = 0 - 0{,}0026$ рад;

$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{\text{II}} = -0{,}0026 - 0{,}0185 = -0{,}0211$ рад;

$\alpha_3 = \alpha_2 + \varphi_{\text{III}} = -0{,}0211 + 0{,}001 = -0{,}0201$ рад;

$\alpha_4 = \alpha_3 + \varphi_{\text{IV}} = -0{,}0201 + 0{,}02 = -0{,}0001 \approx 0$ рад.

Строим эпюру углов закручивания (см. рис.3.2). Относительный угол закручивания на каждом участке можно определить по формуле (3.5):

$$\theta_{\text{I}} = \frac{\varphi_{\text{I}}}{1{,}1} = -\frac{0{,}0026}{1{,}1} = -0{,}0023 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{II}} = \frac{\varphi_{\text{II}}}{1{,}4} = -\frac{0{,}0185}{1{,}4} = -0{,}0132 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{III}} = \frac{\varphi_{\text{III}}}{1{,}8} = \frac{0{,}0010}{1{,}8} = 0{,}0006 \text{ рад/м};$$

$$\theta_{\text{IV}} = \frac{\varphi_{\text{IV}}}{1{,}1} = \frac{0{,}0200}{1{,}1} = 0{,}0182 \text{ рад/м}.$$

5. Наибольшим является относительный угол закручивания на участке 3-4

$$\theta_{\max} = 0{,}0182 \text{ рад/м} = 0{,}0182 \frac{180^\circ}{\pi} = 1{,}04 \text{ град/м}.$$

Таким образом, $\theta_{\max} = 1{,}04$ град/м $< \theta_{\text{adm}} = 1{,}5$ град/м, т. е. условие жесткости выполняется.

Пример 3.2.

Шкив двухколодочного тормоза крана, имеющий диаметр $D = 300$ мм, жестко крепится на стальном валу диаметром $d = 30$ мм (рис. 3.3). Определить наибольшие напряжения кручения в сечении вала, если сила нажатия на колодки тормозного шкива Q = 820 Н, коэффициент трения скольжения между колодками и шкивом $f = 0{,}4$. Определить угол закручивания вала, если $l = 400$ мм.

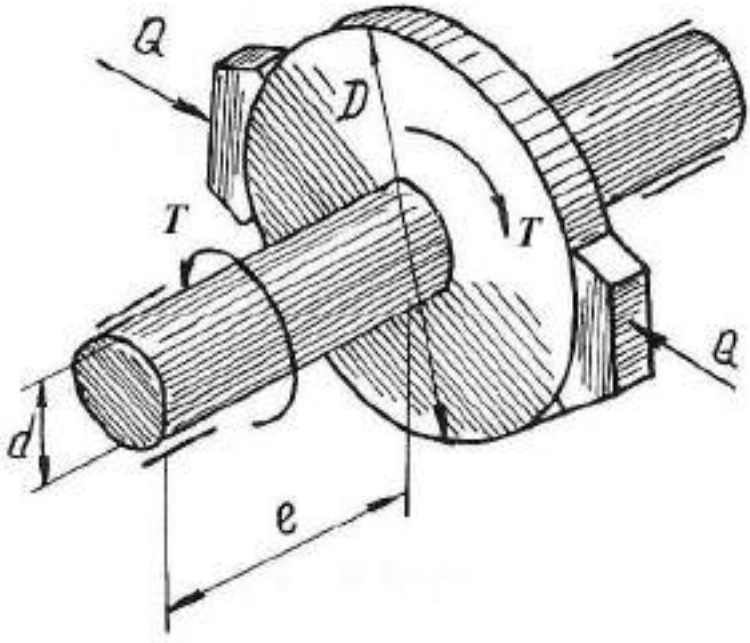


Рис. 3.3.

Решение.

Окружное усилие на тормозном шкиве равно силе трения, возникающей между колодками и шкивом

$$F = Qf = 820 \cdot 0{,}4 = 328 \text{ Н}.$$

Крутящий момент на тормозном шкиве

$$T = FD = 328 \cdot 30 \cdot 10^{-2} = 98{,}4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Полярный момент сопротивления и полярный момент инерции сечения вала равны

$$W_p = \frac{\pi}{16} d^3 = \frac{\pi}{16}\left(3 \cdot 10^{-2}\right)^3 = 5{,}3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$J_p = \frac{\pi}{32} d^4 = \frac{\pi}{32}\left(3 \cdot 10^{-2}\right)^4 = 7{,}96 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Наибольшее касательное напряжение в сечении определяем по формуле (3.1)

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_P} = \frac{98,4}{5,3 \cdot 10^{-6}} = 18,5 \cdot 10^6 \text{ Па} = 18,5 \text{ МПа}.$$

Угол закручивания вала тормозного шкива

$$\varphi = \frac{Tl}{GJ_p} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{98,4 \cdot 0,4}{8 \cdot 10^{-10} \cdot 7,96 \cdot 10^{-8}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0,36^\circ,$$

следовательно $\varphi = 22'$.

Пример 3.3.

К стальному валу, оба конца которого защемлены (рис. 3.4, *а*), приложен крутящий момент $T = 440$ Н·м. Определить реактивные моменты в опорах A и B и построить эпюру крутящих моментов при $l_1 = 0,2$ м, $l = 0,8$ м.

Решение.

Обозначим реактивные моменты в защемлении через T_A и T_B. Из статики знаем уравнение равновесия

$$-T_A + T - T_B = 0 \text{ или } T_A + T_B = T$$

Далее составим уравнение совместности деформаций. Для этого отбросим (мысленно) защемление правого конца вала и заменим его действием на вал неизвестным реактивным моментом T_B (рис. 3.4, *б*).

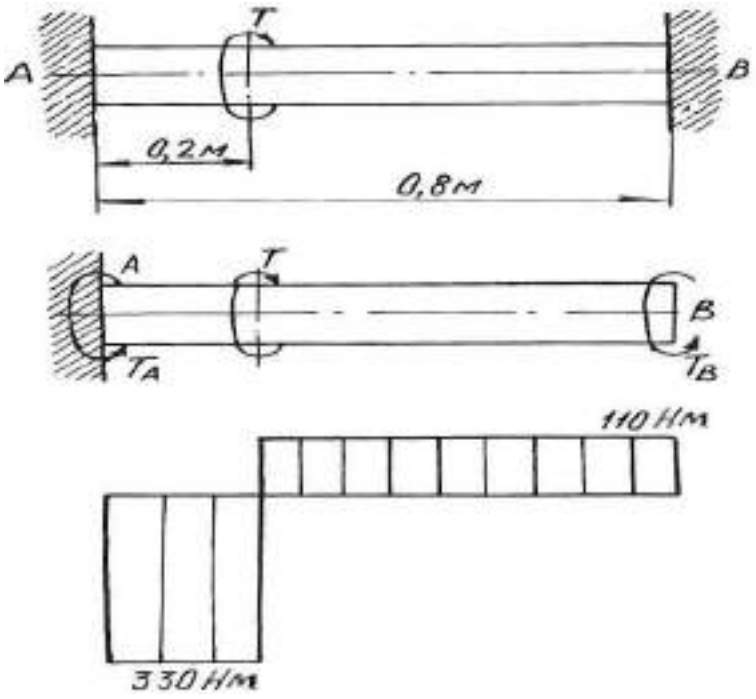


Рис. 3.4.

Величину момента T_B определим из условия, что угол закручивания правого крайнего сечения от действия моментов T и T_A равен нулю, так как это сечение вследствие защемления неподвижно. Угол закручивания правого освобожденного сечения вала на основе принципа независимости действия сил можно определить как сумму двух слагаемых

$$\varphi = \varphi' + \varphi'',$$

где φ' и φ'' – углы закручивания правого освобожденного сечения вала, найденные отдельно от моментов T и T_B, при этом $\varphi' = \dfrac{Tl_1}{GJ_p}$; $\varphi'' = -\dfrac{T_B l}{GJ_p}$.

Знак минус в выражении φ'' взят потому, что моменты T и T_B противоположны по направлению.

Полный угол закручивания правого сечения равен нулю, поэтому

$$\varphi = \varphi' + \varphi'' = \frac{Tl_1}{GJ_p} - \frac{T_B l}{GJ_p} = 0,$$

откуда $T_B = \dfrac{Tl_1}{l} = \dfrac{440 \cdot 0{,}2}{0{,}8} = 110$ Н·м.

Из уравнения статики определим момент T_A

$$T_A = T - T_B = 440 - 110 = 330 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Эпюра крутящих моментов приведена на рис. 3.4, *в*.

3.1. Задания для расчета валов на кручение

К стальному валу приложены три известных момента $T_1,\ T_2,\ T_3$.

Требуется:

1. Установить, при каком значении момента *X* угол закручивания правого концевого сечения вала равен нулю.

2. Построить эпюру крутящих моментов.

3. При заданном значении τ_{adm} определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм.

4. Построить эпюру углов закручивания, найти наибольший относительный угол закручивания и проверить вал на жесткость при $\theta_{adm} = 1{,}5$ град/м.

Данные для расчета приведены на рис. 3.5 и в табл. 3.1.

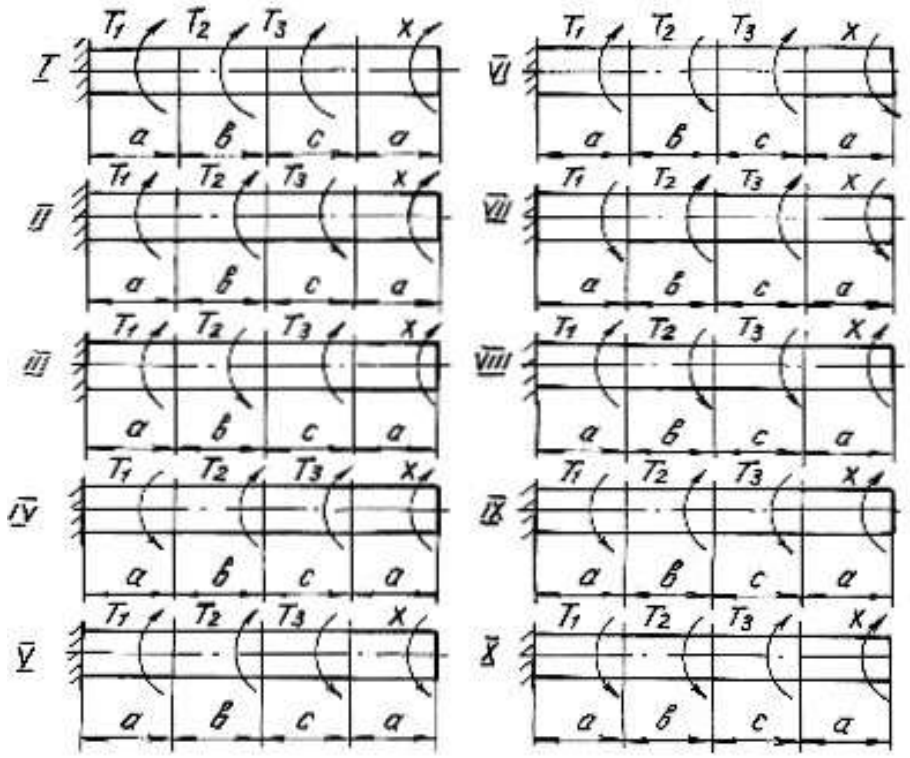


Рис. 3.5.

Таблица 3.1

Номер варианта	Номер схемы	Расстояние, м			Момент, Н·м			τ_{adm}, МПа
		a	*b*	*c*	T_1	T_2	T_3	
1	I	1,1	1,2	1,1	1100	1000	1200	35
2	II	1,2	1,3	1,2	1200	1100	1000	40
3	III	1,3	1,4	1,3	1300	1200	1100	45
4	IV	1,4	1,5	1,4	1400	1300	1200	50
5	V	1,5	1,6	1,5	1500	1400	1300	55
6	VI	1,6	1,7	1,6	1600	600	1500	60
7	VII	1,7	1,8	1,7	1700	700	1600	65
8	VIII	1,8	1,9	1,8	1800	800	1700	70
9	IX	1,9	2,0	1,9	1900	900	1800	75
10	X	2,0	2,1	2,0	2000	1000	2100	80

Глава 4
ДЕФОРМАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА БАЛОК

Деформация поперечного изгиба может возникнуть от любых нагрузок, если линии действия этих нагрузок находятся в плоскости, проходящей через продольную ось балки. Если в такой плоскости располагается одна из главных осей инерции поперечного сечения, то возникает деформация плоского изгиба. От действия внешних нагрузок в поперечных сечениях балок возникают внутренние силовые факторы – поперечные силы и изгибающие моменты. Для их нахождения пользуемся методом сечений и, изучая равновесие сил, приводим внешние нагрузки к центру тяжести поперечного сечения.

Поперечная сила Q_x в любом сечении равна алгебраической сумме проекций всех внешних сил, приложенных с одной стороны от рассматриваемого сечения, на ось, перпендикулярную к продольной оси балки.

Изгибающий момент M_x в любом сечении равен алгебраической сумме моментов всех сил, действующих с одной стороны от рассматриваемого сечения балки, относительно центра тяжести сечения.

Правило знаков для Q_x и M_x:

1) поперечная сила считается положительной, если она сдвигает левую часть балки от сечения вверх, а правую часть балки вниз;

2) изгибающий момент в сечении считается положительным, если он изгибает балку выпуклостью вниз; при изгибе балки выпуклостью вверх изгибающий момент считается отрицательным.

Уравновесить момент внешних сил может только момент внутренних сил упругости, который образован силами, направленными нормально к сечению балки. Поперечная сила может быть уравновешена силой, которая является равнодействующей внутренних сил упругости, расположенных в плоскости сечения балки.

Таким образом, нормальные напряжения, возникающие в поперечных сечениях балок, зависят от величины изгибающих моментов в этих сечениях, а касательные напряжения – от величины поперечных сил в этих сечениях. Эту зависимость в общем виде можно записать

$$\sigma = f_1(M_x); \quad \tau = f_2(Q_x)$$

Таким образом, для того, чтобы определить напряжения в поперечных сечениях, необходимо знать законы изменения Q_x и M_x по длине балок. Для этого строят два графика, называемых эпюрами поперечных сил и изгибающих моментов.

Порядок построения эпюр сводится к следующему:

1. Заданная балка вычерчивается в выбранном масштабе с указанием размеров и нагрузок;

2. С помощью уравнений равновесия статики определяются реакции опор с обязательной последующей проверкой;

3. Балка разбивается на отдельные участки. Каждый участок имеет свой закон изменения нагрузки;

4. Для каждого участка записываются уравнения для определения Q_x и M_x;

5. Вычисляют ординаты Q_x и M_x по составленным для отдельных участков уравнениям;

6. Строят в принятом масштабе эпюры Q_x и M_x.

Положительные значения найденных величин откладываются выше нулевой линии эпюры, а отрицательные − ниже ее.

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов можно выполнить, применяя следующие контрольные правила для построения эпюр:

1. На концевых шарнирных опорах Q_x равны реакциям, а M_x равны нулю, если на опорах не приложены пары с моментами *M.*

2. На участках балки, где отсутствует распределенная нагрузка, поперечная сила постоянна, а изгибающий момент изменяется по линейному закону.

3. На участках, где приложена равномерно распределенная нагрузка, эпюра Q_x изменяется по закону прямой наклонной линии, а эпюра M_x − по закону квадратичной параболы. В том сечении, где эпюра Q_x пересекается с нулевой линией, на эпюре M_x наблюдается экстремальное значение момента (вершина параболы).

4. На участках, где приложена нагрузка, изменяющаяся по закону треугольника, эпюра Q_x изменяется по закону квадратичной параболы, а эпюра M_x − по закону кубической параболы.

5. В тех сечениях, где приложены сосредоточенные силы (включая и реакции), на эпюре Q_x наблюдаются скачки (перепады) на величину этих сил, а на эпюре M_x − переломы смежных линий.

6. В тех сечениях, где приложены пары с моментами *M*, на эпюре M_x наблюдаются скачки на величину этих моментов.

7. На свободном конце консольной балки поперечная сила Q_x равна нулю, если в этом месте не приложена сосредоточенная сила; и изгибающий момент M_x равен нулю, если в этом месте не приложена пара с моментом *M.*

8. В жесткой заделке консольной балки Q_x равна реакции, а изгибающий момент M_x равен моменту заделки.

Нормальные напряжения при изгибе определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M_x}{J_{\text{н.о.}}} y, \qquad (4.1)$$

где M_x − изгибающий момент в сечении; $J_{\text{н.о.}}$ − момент инерции сечения относительно нейтральной оси поперечного сечения (нейтральная ось – это ось, в любой точке которой нормальные напряжения всегда равны нулю); y − расстояние до рассматриваемого волокна от нейтральной оси.

Касательные напряжения при изгибе могут быть определены по формуле Д. И. Журавского:

$$\tau = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b}, \tag{4.2}$$

где Q_x − поперечная сила в сечении; $S_{\text{н.о.}}$ − статический момент площади отсеченной части поперечного сечения выше уровня, на котором определяются касательные напряжения относительно нейтральной оси; b − ширина сечения на уровне, для которого определяются напряжения.

Подбор поперечного сечения балки производится на основании следующего условия прочности:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}}, \tag{4.3}$$

откуда

$$W_{\text{н.о.}} \ge \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}}, \tag{4.4}$$

где $M_{\max}$ − максимальный изгибающий момент, взятый из эпюры M_x; $W_{\text{н.о.}}$ − момент сопротивления поперечного сечения балки изгибу относительно нейтральной оси; σ_{adm} − допускаемое нормальное напряжение для материала балки.

После подбора поперечного сечения производится полная проверка балки на прочность по следующим напряжениям:

а) по рабочим нормальным напряжениям

$$\sigma_{\text{раб.}} = \frac{M_{\max}}{W_{\text{н.о.}}} \le \sigma_{\text{adm}},$$

где $W_{\text{н.о.}}$ − момент сопротивления выбранного поперечного сечения.

б) по максимальным касательным напряжениям

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_{\text{н.о.}}}{J_{\text{н.о.}} b} \le \tau_{\text{adm}},$$

где $Q_{\max}$ − наибольшая поперечная сила, взятая из эпюры Q_x; $S_{\text{н.о.}}$ − статический момент части площади выбранного поперечного сечения, находящейся выше или ниже нейтральной оси, относительно этой оси; b − ширина сечения на уровне нейтральной оси; $J_{\text{н.о.}}$ − момент инерции выбранного сечения относительно нейтральной оси.

в) по главным напряжениям:

проверка проводится для балок, ширина сечений которых не постоянна. При этой проверке на основании эпюр выбирается опасное сечение балки, в котором одновременно значения Q_x и M_x большие. По формулам (4.1) и (4.2) для этого сечения строят эпюры нормальных и касательных напряжений, а затем определяют главные напряжения для характерных волокон сечения по его высоте, пользуясь формулой:

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{2}(\sigma \pm \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}). \tag{4.5}$$

Для стальных балок определяют расчётное (эквивалентное) напряжение для верхних (нижних), средних, переходных волокон (где резко изменяется ширина сечения) по III или IV теориям прочности.

Проверка прочности сводится к рассмотрению выполнения следующих условий прочности:

$$\sigma_p^{III} = \sigma_1 - \sigma_2 \le \sigma_{adm}, \tag{4.6}$$

$$\sigma_p^{IV} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \le \sigma_{adm}. \tag{4.7}$$

4.1. Расчет балки на прочность

Пример 4.1.

Для расчетной схемы с указанными размерами и нагрузками (рис. 4.1.) построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

Подобрать поперечное сечение балки в двух вариантах:

а) прямоугольного профиля, полагая, что балка деревянная при $\sigma_{adm} = 10$ МПа; соотношение между размерами сечения принять равным $b:h = 1:2$;

б) двутаврового профиля (см. табл. П.1), материал сталь при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $\tau_{adm} = 96$ МПа.

в) провести полную проверку стальной балки на прочность.

Решение.

Определение опорных реакций.

Расчёт балки следует начинать с расстановки и определения величины опорных реакций. Величина и направление опорных реакций и реактивных моментов могут быть определены из решения уравнений равновесия. Для плоской

системы параллельных сил (поперечный плоский изгиб) условия равновесия описываются двумя уравнениями статики: $\sum M_A = 0;\ \sum M_B = 0$.

Рассматриваемая балка (см. рис. 4.1) имеет две шарнирные опоры. В опоре *A* (шарнирно-подвижной) возникает одна реакция R_A , в опоре *B* (шарнирно-неподвижной) направление реакции в общем случае неизвестно, поэтому разложим её на две составляющие: H_B − горизонтальную и R_B − вертикальную. Все нагрузки действуют перпендикулярно продольной оси балки, поэтому из уравнения проекций на горизонтальную ось *x* получается, что составляющая $H_B = 0$. Запишем уравнения моментов сил относительно опоры *B*

$$\sum M_B = 0, \qquad M_1 - R_A \cdot 5 + F \cdot 3 - M_2 + q \cdot 3 \cdot 0{,}5 = 0 .$$

Решаем уравнение относительно R_A

$$R_A = \frac{M_1 + F \cdot 3 - M_2 + q \cdot 3 \cdot 0{,}5}{5} = \frac{30 + 60 \cdot 3 - 50 + 20 \cdot 1{,}5}{5} = 38 \text{ кН} .$$

Запишем уравнения моментов сил относительно опоры *A*

$$\sum M_A = 0, \quad R_B \cdot 5 - q \cdot 3 \cdot 4{,}5 - M_2 - F \cdot 2 + M_1 = 0 .$$

Решаем уравнение относительно R_B

$$R_B = \frac{q \cdot 3 \cdot 4{,}5 + M_2 + F \cdot 2 - M_1}{5} = \frac{20 \cdot 3 \cdot 4{,}5 + 50 + 60 \cdot 2 - 30}{5} = \frac{410}{5} = 82 \text{ кН}.$$

Для проверки правильности вычисления опорных реакций составим уравнение проекций всех сил на вертикальную ось *y*:

$$\sum y = 0, \quad R_A - F - q \cdot 3 + R_B = 0; \quad 38 - 60 - 60 + 82 = 0, \ \ 120 - 120 = 0 .$$

Последнее уравнение обращается в тождество, следовательно, величина реакций и их направление определены правильно.

Если в результате решения уравнения реакция имеет отрицательное значение, то следует изменить направление реакции на противоположное и в дальнейших расчётах считать её положительной.

После определения опорных реакций можно перейти к построению эпюр изгибающих моментов и поперечных сил, предварительно разбив балку по длине на участки, в пределах которых закон изменения внешних нагрузок остаётся постоянным.

Границы участков располагаются в местах приложения моментов пар сил, сосредоточенных сил, начала или конца распределенной нагрузки.

Участки нумеруются слева или справа от концевых сечений балки. Рассчитываемая балка имеет пять участков I - V.

При составлении аналитических выражений для Q_x и M_x в пределах I-го участка проведём сечение с абсциссой x_1 и рассмотрим равновесие левой части консоли. На эту часть балки действует пара сил с моментом $M_1 = 30$ кН · м, поэтому поперечная сила $Q_\text{I} = 0$, а изгибающий момент в любом сечении будет постоянным $M_\text{I} = -M_1 = -30$ кН · м.

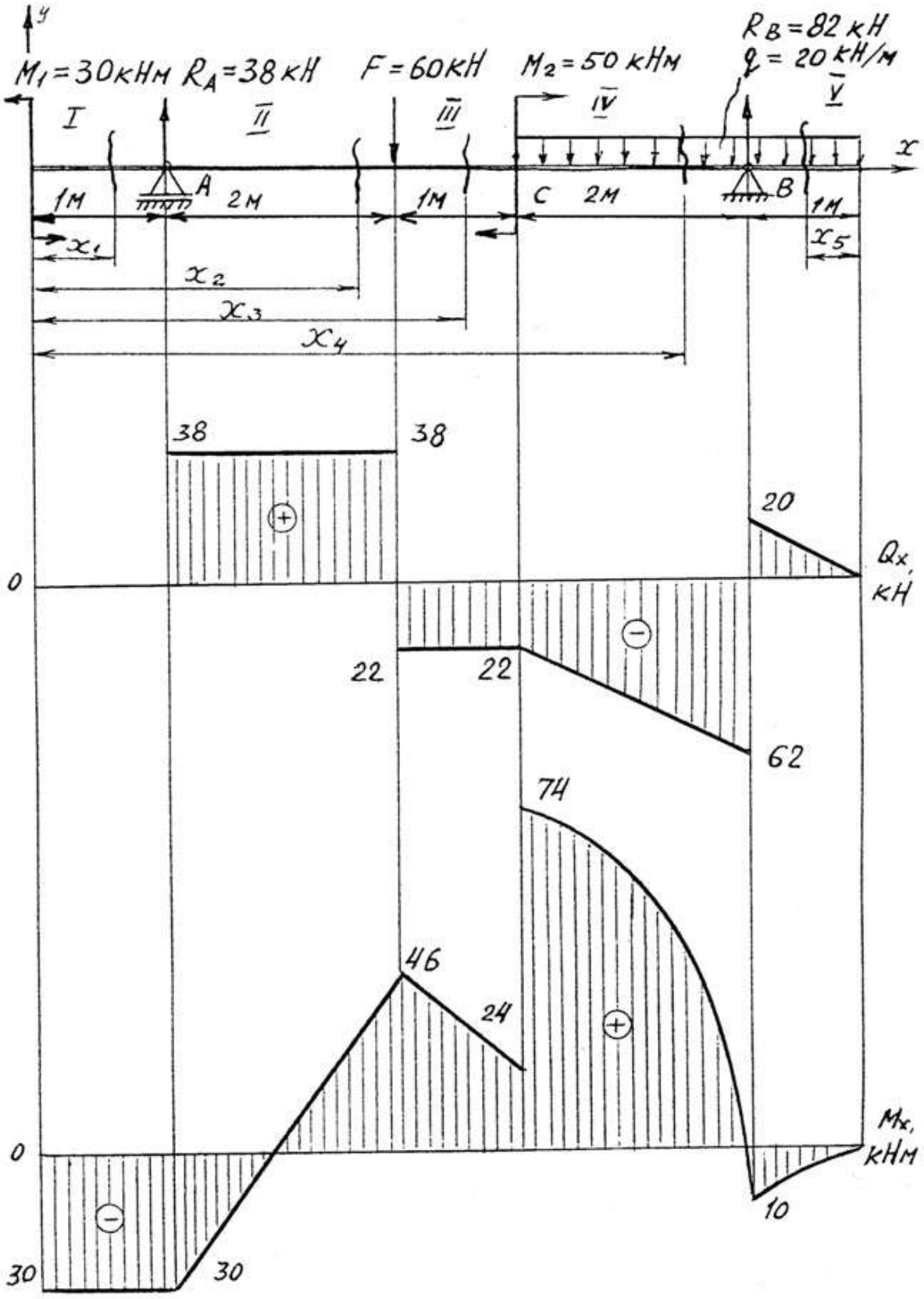

y
M1 = 30кНм
RA = 38 кН
F = 60кН
M2 = 50 кНм
RB = 82 кН
q = 20 кН/м
I
II
III
IV
V
x
A
B
C
1м
2м
1м
2м
1м
x1
x2
x3
x4
x5
38
38
20
0
Qx, кН
22
22
62
74
46
24
0
Mx, кНм
10
30
30

Рис. 4.1.

Для составления аналитических выражений Q_x и M_x в пределах II-го участка проводим сечение с абсциссой x_2 и рассматриваем равновесие левой части балки.

$Q_{\text{II}} = R_A = 38$ кН − поперечная сила в пределах II-го участка постоянна.

$M_{\text{II}} = -M + R_A(x_2 - 1)$.

Это уравнение прямой линии, для её построения достаточно определить ординаты изгибающего момента в двух точках (на концах участка):

при $x_2 = 1$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_1 = -30$ кН·м;

при $x_2 = 3$ м $\quad M_{\text{II}} = -M_1 + R_A \cdot 2 = -30 + 76 = 46$ кН·м.

Для III-го участка (сечение с абсциссой x_3)

$Q_{\text{III}} = R_A - F = 38 - 60 = -22$ кН.

На этом участке поперечная сила не зависит от x_3 и поэтому на протяжении всего участка она не меняет своего значения.

$M_{\text{III}} = -M_1 + R_A(x_3 - 1) - F(x_3 - 3)$.

Это уравнение прямой линии.

Вычислим моменты при следующих значениях x_3:

при $x_3 = 3$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 2 = 46$ кН·м;

при $x_3 = 4$ м $\quad M_{\text{III}} = -30 + 38 \cdot 3 - 60 = 24$ кН·м.

Для IV-го участка (сечение с абсциссой x_4) поперечная сила равна:

$Q_{\text{IV}} = R_A - F - q(x_4 - 4)$.

Это уравнение прямой линии.

Вычислим ординаты в начале и в конце участка:

при $x_4 = 4$ м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 = -22$ кН;

при $x_4 = 6$ м $\quad Q_{\text{IV}} = 38 - 60 - 40 = -62$ кН.

Уравнение изгибающих моментов для IV-го участка имеет вид

$$M_{\text{IV}} = -M_1 + R_A(x_4 - 1) - F(x_4 - 3) + M_2 - q\frac{(x_4 - 4)^2}{2}.$$

Это уравнение параболы.

Для её построения определяем моменты:

при $x_4 = 4$ м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 114 - 60 + 50 - 20 \cdot 0 = 74$ кН;

при $x_4 = 6$ м $\quad M_{\text{IV}} = -30 + 38 \cdot 5 - 60 \cdot 3 + 50 - 20 \cdot (4/2) = -10$ кН.

Прежде, чем составлять выражение поперечной силы и изгибающего момента для V-го участка, заметим, что их можно найти как из равновесия левой части, так и из равновесия отсеченной правой части. Каждый раз к выбору решения нужно подходить с точки зрения возможной простоты и наименьшего количества вычислений.

Для V-го участка (сечение с абсциссой x_5) поперечная сила равна

$Q_{\text{V}} = q\,x_5$.

Вычислим значения ординат:

при $x_5 = 0$ $\quad Q_{\text{V}} = 0$;

при $x_5 = 1$ м $\quad Q_{\text{V}} = 20$ кН.

Составим уравнение изгибающего момента для V-го участка:

$$M_{\text{V}} = -qx_5 \frac{x_5}{2} = -\frac{qx_5^2}{2}.$$

Получили уравнение параболы. Для её построения вычислим ординаты:

при $x_5 = 0$, $\quad M_{\text{V}} = 0$;

при $x_5 = 1$, $\quad M_{\text{V}} = -10$ кН·м.

При построении эпюр Q_x и M_x выбираем масштаб и откладываем положительные значения ординат эпюр от нулевой линии вверх, а отрицательные вниз (см. рис. 4.1). После построения эпюр устанавливаем наибольшие значения поперечной силы $Q_{\max} = 62$ кН и изгибающего момента $M_{\max} = 74$ кН·м.

Сечение *C* является опасным, в нем $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН$\cdot$м.

Подбор поперечного сечения балки проводим в соответствии с условием задания в двух вариантах:

а) подбор сечения прямоугольного профиля деревянной балки

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 7{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 7400 \text{ см}^3.$$

Для прямоугольного сечения $W_{\text{н.о.}} = \dfrac{J_{\text{н.о.}}}{y_{\max}} = \dfrac{(bh)^3/12}{h/2} = \dfrac{bh^2}{6}$.

При $h = 2b$, $\quad W_{\text{н.о.}} = (2/3)b^3 \geq 7400$ см^3, $\quad$ отсюда $\quad b \geq \sqrt[3]{\dfrac{3 \cdot 7400}{2}} = 22{,}3$ см;

$h = 2 \cdot 22{,}3 = 44{,}6$ см.

После округления размеров в большую сторону принимаем: $h = 46$ см, $b = 23$ см.

б) подбор сечения двутаврового профиля

$$W_{\text{н.о.}} \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 4{,}62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 462 \text{ см}^3.$$

Из таблицы сортамента проката этому значению соответствует двутавр № 30, для которого $W_{\text{н.о.}} = W_x^{\text{табл.}} = 472$ см^3.

Основные размеры и геометрические характеристики профиля:

высота $h = 0{,}3$ м; ширина полки $b = 0{,}135$ м; толщина полки $t = 0{,}01$ м; толщина стенки $d = 0{,}65 \cdot 10^{-2}$ м; площадь сечения $A = 46{,}5 \cdot 10^{-4}$ м^2; момент инерции сечения относительно нейтральной оси $J_{\text{н.о.}} = J_x^{\text{табл.}} = 0{,}708 \cdot 10^{-4}$ м^4; статический момент половины площади сечения относительно нейтральной оси $S_{\text{н.о.}}^{\max.} = S_x^{\text{табл.}} = 2{,}68 \cdot 10^{-4}$ м^3.

Полная проверка стальной балки на прочность:

а) проверка по рабочим нормальным напряжениям

$$\sigma_{\text{раб.}} = \frac{M_{\max}}{W_x^{\text{табл.}}} = \frac{74 \cdot 10^3}{4,72 \cdot 10^{-4}} = 157 \cdot 10^6 \text{ Па} = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{раб.}} = 157 \text{ МПа} < \sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ МПа},$$

т. е. условие прочности выполняется.

б) проверка по максимальным касательным напряжениям

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} S_x^{\text{табл.}}}{J_x^{\text{табл.}} d} = \frac{62 \cdot 2,68 \cdot 10^{-4}}{0,708 \cdot 10^{-4} \cdot 0,65 \cdot 10^{-2}} = 36,2 \cdot 10^6 \text{ Па} = 36,2 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\max} = 36,2 \text{ МПа} < \tau_{\text{adm}} = 96 \text{ МПа}.$$

Таким образом, условие прочности выполняется.

в) проверка по главным напряжениям в опасном сечении *C*, в котором $Q_x = 22$ кН, $M_x = 74$ кН·м.

Строим эпюру нормальных напряжений для этого сечения по уровням (рис. 4.2):

$$\sigma_{1-1} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{1-1} = -\frac{74 \cdot 10^3}{0,708 \cdot 10^{-4}} 0,15 = -157 \cdot 10^6 \text{ Па} = -157 \text{ МПа}.$$

Знак «минус» при напряжении для верхних волокон указывает на то, что при положительной эпюре M_x в этом сечении верхняя часть волокон испытывает деформацию осевого сжатия.

$$\sigma_{7-7} = \sigma_{1-1} = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{2-2} = \sigma_{3-3} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} y_{2-2} = -\frac{M_x}{J_x^{\text{табл.}}} \left(\frac{h}{2} - t\right) = -\frac{74 \cdot 10^3}{0,708 \cdot 10^{-4}} (0,15 - 0,01) =$$

$$= -147 \cdot 10^6 \text{ Па} = -147 \text{ МПа}; \qquad \sigma_{4-4} = 0, \text{ так как } y_{4-4} = 0.$$

Эпюра касательных напряжений также строится по значениям, определяемым для различных уровней (волокон) сечения

$$\tau_{1-1} = \tau_{7-7} = 0,$$

так как $S_{\text{н.о.}}^{1-1} = 0,$ т. е. статический момент площади сечения, находящейся выше или ниже уровня 1-1 относительно нейтральной оси, равен нулю.

Напряжения в волокнах уровня 2-2 и 6-6 можно не определять, так как они обычно очень малы.

В переходных волокнах 3-3 и 5-5 напряжения будут равны

$$\tau_{3-3} = \tau_{5-5} = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}^{3-3}}{J_x^{\text{табл.}} b_{3-3}} = \frac{Q_x bt(h/2 - t/2)}{J_x^{\text{табл.}} d} =$$

$$= \frac{22 \cdot 10^3 \cdot 0{,}135 \cdot 0{,}01 \cdot (0{,}15 - 0{,}005)}{0{,}708 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-2}} = 9{,}7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 9{,}7 \text{ МПа}.$$

Для волокон нейтрального слоя

$$\tau_{4-4} = \frac{Q_x S_{\text{н.о.}}^{4-4}}{J_x^{\text{табл.}} b_{4-4}} = \frac{Q_x S_x^{\text{табл.}}}{J_x^{\text{табл.}} d} = \frac{22 \cdot 2{,}68 \cdot 10^{-4}}{0{,}708 \cdot 10^{-4} \cdot 0{,}65 \cdot 10^{-2}} = 12{,}8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 12{,}8 \text{ МПа}.$$

Эпюры σ и τ строятся в масштабе (см. рис. 4.2).

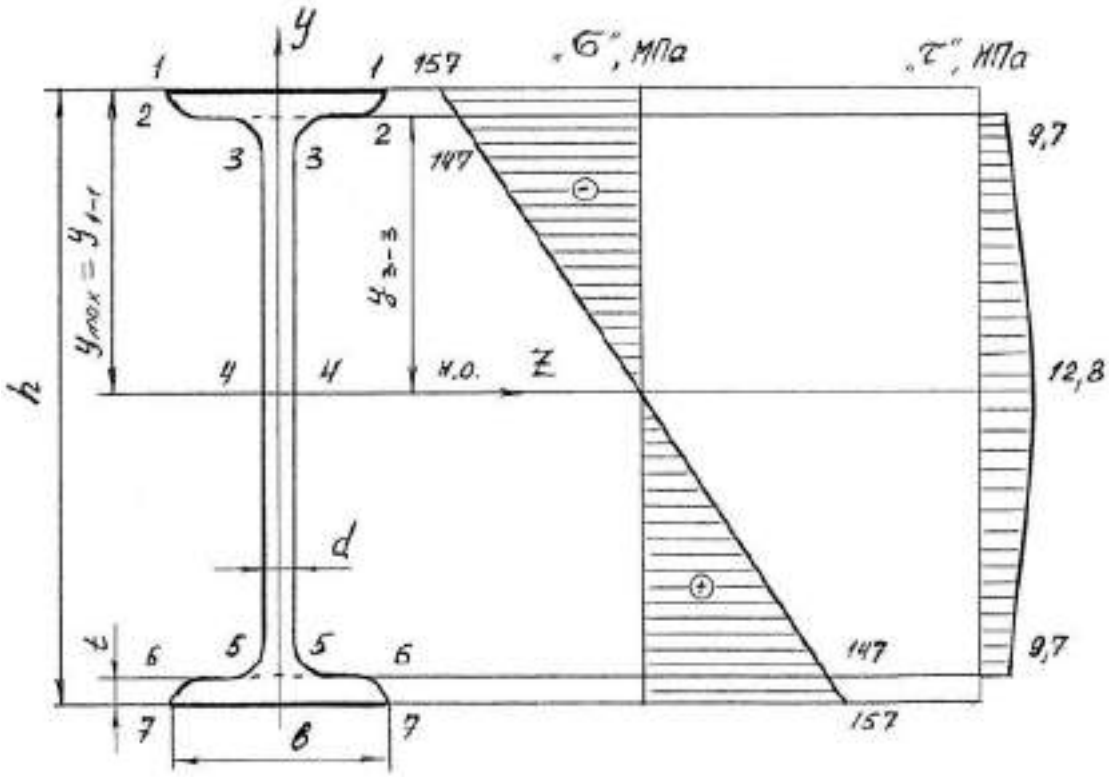


Рис. 4.2.

На основании эпюр напряжений определяют главные напряжения для верхних, переходных и средних волокон

$$\sigma_1^{1-1} = 1/2(\sigma_{1-1} + \sqrt{\sigma_{1-1}^2 + 4\tau_{1-1}^2}) = 1/2(-157 + \sqrt{157^2 + 4 \cdot 0^2}) = 0;$$

$$\sigma_2^{1-1} = 1/2(-157 - \sqrt{157^2 + 4 \cdot 0^2}) = -157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_1^{3-3} = 1/2(-147 + \sqrt{147^2 + 4 \cdot 9{,}7^2}) = 0{,}5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2^{3-3} = 1/2(-147 - \sqrt{147^2 + 4 \cdot 9{,}7^2}) = -147{,}5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_1^{4-4} = 1/2(0 + \sqrt{0^2 + 4 \cdot 12{,}8^2}) = 12{,}8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2^{4-4} = -12{,}8 \text{ МПа}.$$

Определим величины расчётных напряжений по третьей теории прочности:

$$\sigma_{\text{p}}^{1-1} = \sigma_1^{1-1} - \sigma_2^{1-1} = 0 - (-157) = 157 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{p}}^{3-3} = \sigma_1^{3-3} - \sigma_2^{3-3} = 0,5 - (-147,5) = 148 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{p}}^{4-4} = \sigma_1^{4-4} - \sigma_2^{4-4} = 12,8 - (-12,8) = 25,6 \text{ МПа},$$

таким образом условие прочности $\sigma_{\text{p}}^{\text{III}} < \sigma_{\text{adm}}$ выполняется.

По четвертой теории прочности

$$\sigma_{\text{p}}^{1-1} = \sqrt{(\sigma_1^{1-1})^2 + (\sigma_2^{1-1})^2 - \sigma_1^{1-1}\sigma_2^{1-1}} = \sqrt{0^2 + 157^2 - 0^2} = 157 \text{ МПа}.$$

Аналогично: $\sigma_{\text{p}}^{3-3} = 148$ МПа; $\sigma_{\text{p}}^{4-4} = 22,1$ МПа.

Таким образом, результаты по всем вариантам полной проверки прочности балки показывают, что все условия прочности выполняются, следовательно, к практическому применению принимается двутавр № 30.

Пример 4.2. Консольная балка, сложное сечение.

Для заданной схемы балки (рис. 4.3) построить эпюры поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x, определить размеры сечения заданной формы из условия прочности, принимая $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

Решение.

Определим реакции опоры A из уравнений равновесия

1) $\sum M_A = 0; \quad -M_A + M - q \cdot 1 \cdot 2,5 + F \cdot 3 = 0;$

$M_A = M - q \cdot 1 \cdot 2,5 + F \cdot 3 = 6 - 10 + 24 = 20$ кН·м.

2) $\sum Y = 0; \quad R_A - q \cdot 1 + F = 0$ (предварительное направление реакции R_A вверх);

$R_A = q \cdot 1 - F = 4 - 8 = -4$ кН (меняем направление реакции на противоположное).

Проверка

$$\sum M_C = 0; \quad -M_A + R_A \cdot 3 + M + q \cdot 1 \cdot 0,5 = -20 + 12 + 6 + 2 = 0.$$

Определим размеры поперечного сечения (см. рис. 4.3), для чего условно разбиваем это сечение на фигуры 1, 2, 3 и 4, площади которых равны: $A_1 = 5b \cdot 6b;\ A_2 = 2b \cdot 3b;\ A_3 = A_4 = b \cdot b.$

Для определения положения центра тяжести сечения проводим вспомогательную ось $x_{\text{вр}}$ и найдем координату y_C по известной формуле

$$y_c = \frac{S_{x_{\text{вр}}}}{A} = \frac{A_1 y_1 - A_2 y_2 + A_3 y_3 + A_4 y_4}{A_1 - A_2 + \cdot A_3 + A_4} =$$

$$= \frac{6b \cdot 5b \cdot 2{,}5b - 2b \cdot 3b \cdot 1{,}5b + 2b \cdot b \cdot 0{,}5b}{6b \cdot 5b - 2b \cdot 3b + 2b \cdot b} = 2{,}58b,$$

где y_1, y_2, y_3, y_4 – расстояния от центров тяжести фигур 1, 2, 3, 4 до оси $x_{вр}$.

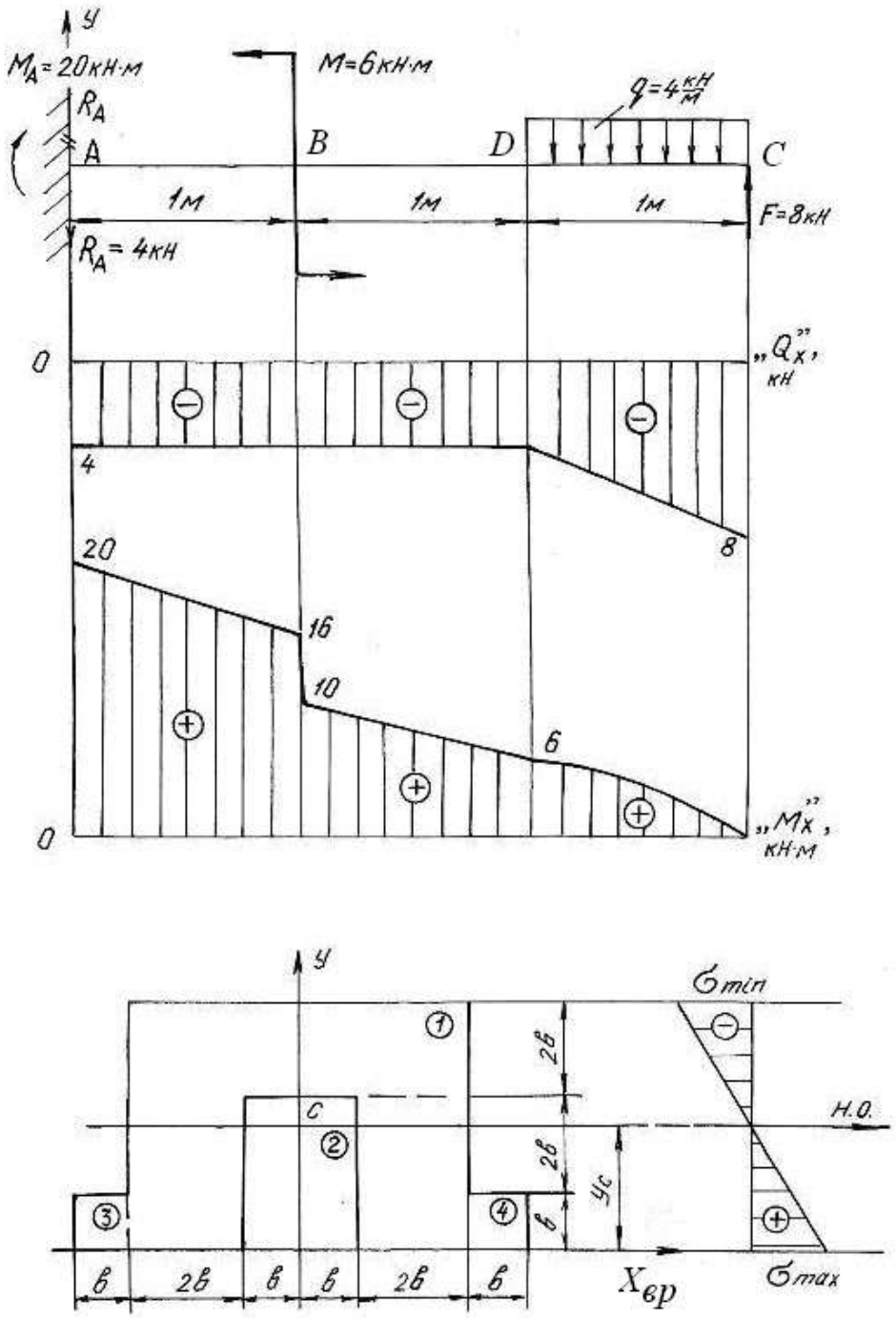


Рис. 4.3.

Так как сечение симметричное, то его центр тяжести лежит на оси симметрии y.

Проводим нейтральную ось через центр тяжести параллельно вспомогательной оси $x_{\text{вр}}$. Находим момент инерции относительно нейтральной оси

$$J_{\text{н.о.}} = \left(J_{\text{н.о.}}\right)^1 - \left(J_{\text{н.о.}}\right)^2 + 2\left(J_{\text{н.о.}}\right)^3 = \left[\frac{6b\cdot(5b)^3}{12} + 6b\cdot 5b\cdot(y_1 - y_c)^2\right] -$$

$$-\left[\frac{2b\cdot(3b)^3}{12} + 2b\cdot 3b\cdot(y_2 - y_c)^2\right] + 2\cdot\left[\frac{b\cdot b^3}{12} + b\cdot b\cdot(y_3 - y_c)^2\right] = 60\cdot b^4,$$

где $(y_n - y_C)$ – расстояние между собственной осью простой фигуры и нейтральной осью.

Строим эпюры поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x, пользуясь контрольными правилами и начиная построения со свободного конца балки.

$Q_C = -F = -8$ кН; $Q_D = -F + q\cdot 1 = -8 + 4 = -4$ кН $= Q_B = Q_A$;

$M_C = 0$; $M_D = F\cdot 1 - q\cdot 1\cdot 0{,}5 = 8 - 2 = 6$ кН·м;

$M_B = F\cdot 2 - q\cdot 1\cdot 1{,}5 = 16 - 6 = 10$ кН·м.

В сечении B изгибающий момент возрастает на момент $M = 6$ кН·м, что на эпюре M_x отражается в виде скачка. Изгибающий момент в жесткой заделке равен моменту заделки M_A.

Максимальный изгибающий момент $M_{\max} = M_A = 20$ кН·м. Максимальные напряжения, возникающие в нижних волокнах этого сечения

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} y^{\text{н}}_{\max}}{J_{\text{н.о.}}} = \frac{20\cdot 2{,}58\cdot b}{60\cdot b^4} = \frac{0{,}83\ \text{кН}\cdot\text{м}}{b^3}.$$

Максимальные напряжения, возникающие в верхних волокнах этого сечения

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\max} y^{\text{в}}_{\max}}{J_{\text{н.о.}}} = \frac{20\cdot 2{,}42\cdot b}{60\cdot b^4} = \frac{0{,}81\ \text{кН}\cdot\text{м}}{b^3}.$$

Приравнивая наибольшее напряжение к допускаемому напряжению σ_{adm}, получим размер сечения b

$$\sigma_{\max} = \frac{0{,}83\ \text{кН}\cdot\text{м}}{b^3} \le \sigma_{\text{adm}} = 160\ \text{МПа};\ b^3 \ge \frac{0{,}83\cdot 10^3}{160\cdot 10^6},$$

$$b \ge \sqrt[3]{5{,}2\cdot 10^{-6}} = 1{,}73\cdot 10^{-2}\ \text{м};\ \ b = 18\ \text{мм}.$$

4.2. Задания для расчета балок на прочность

Для расчетной схемы балки необходимо:

1. Построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

2. Подобрать поперечное сечение балки в двух вариантах:

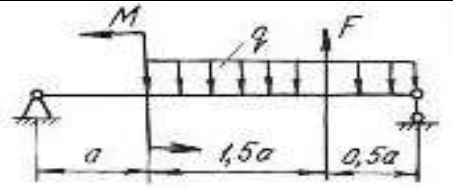
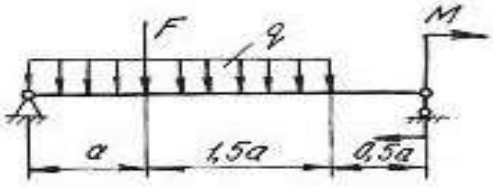
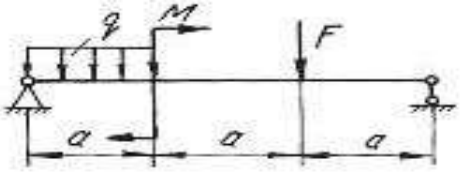
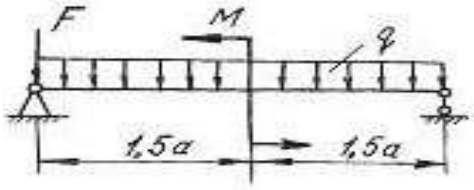
а) прямоугольного профиля, полагая, что балка деревянная при $\sigma_{adm} = 10$ МПа; соотношение между размерами сечения принять равными $b:h = 1:2$;

б) двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $\tau_{adm} = 96$ МПа.

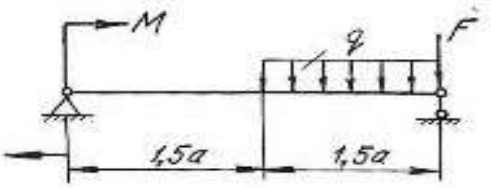
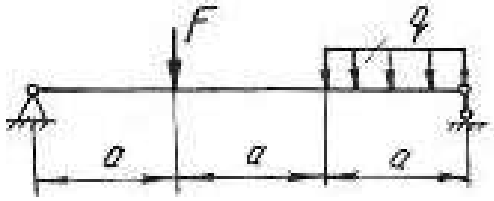
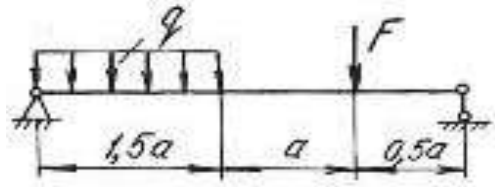
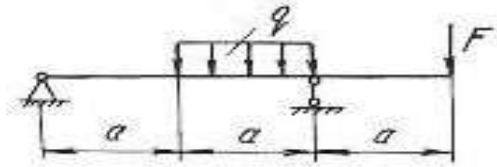
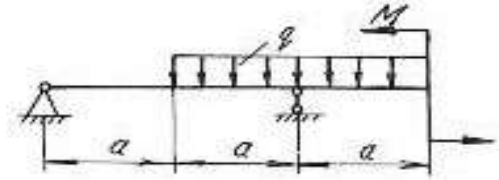
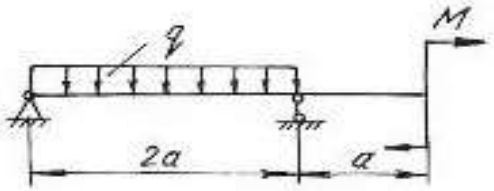
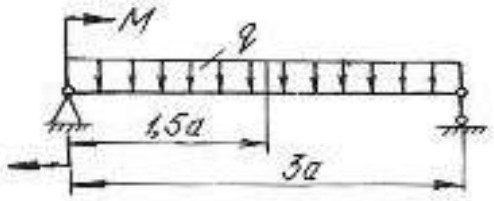
3. Провести полную проверку стальной двутавровой балки на прочность.

Данные для расчета приведены в табл. 4.1.

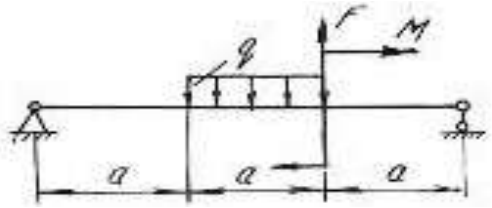
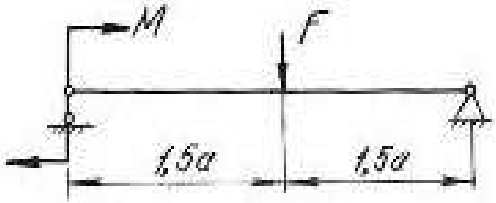
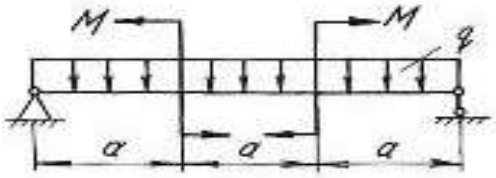
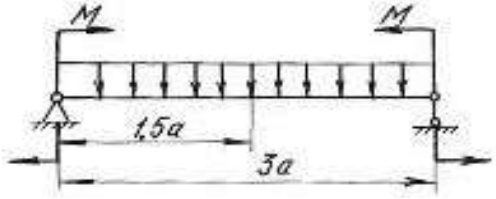
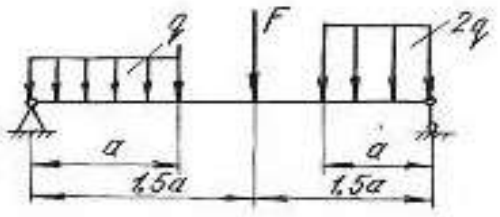
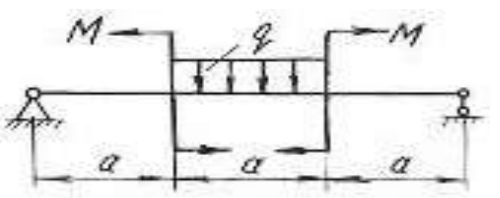
Таблица 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	1	2,0	19	20	20
	2	1,0	16	35	40
	3	1,2	10	30	40
	4	2,0	10	25	50
	5	2,2	30	50	40
	6	2,4	10	10	20
	7	1,0	10	65	20
	8	1,2	10	55	40
	9	2,0	20	45	15
	10	1,0	18	32	60
	11	2,2	10	35	50
	12	1,8	30	42	30
	13	2,0	12	26	20
	14	1,0	14	14	20
	15	2,0	15	25	30

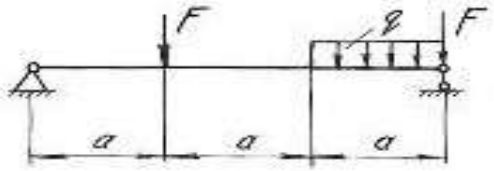
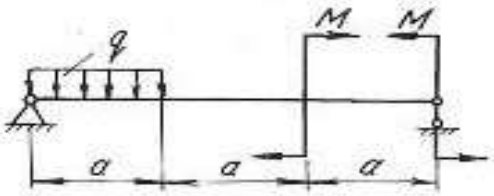
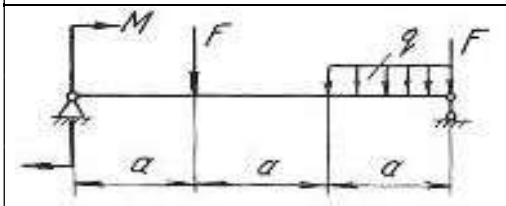
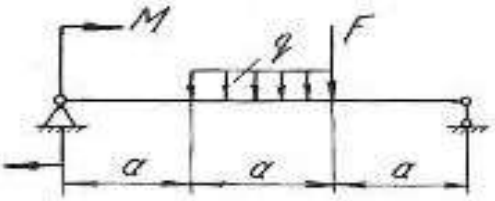
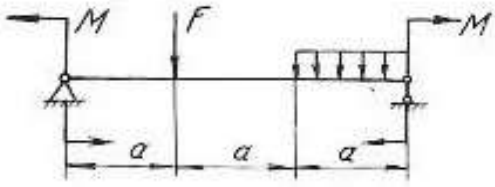
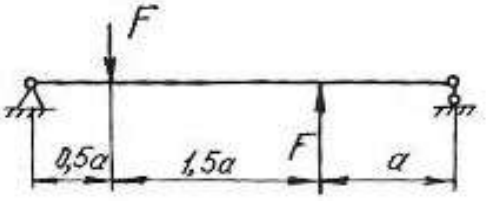
Продолжение табл. 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	16	1,0	10	32	40
	17	2,0	25	42	20
	18	1,6	30	50	30
	19	1,0	10	–	10
	20	2,0	11	–	30
	21	1,0	12	–	30
	22	1,2	13	–	60
	23	2,2	14	–	70
	24	3,0	15	–	40
	25	3,0	16	–	20
	26	1,2	17	–	70
	27	2,0	18	–	70
	28	3,0	20	10	–
	29	2,0	21	60	–
	30	2,0	22	10	–
	31	2,1	23	30	–
	32	2,0	24	30	–
	33	2,2	25	30	–
	34	2,0	26	40	–
	35	2,0	27	40	–
	36	2,0	28	40	–

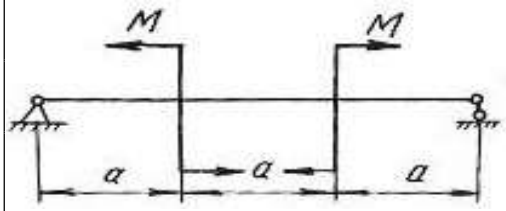
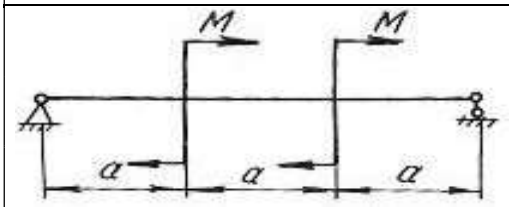
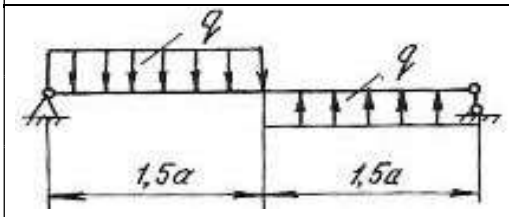
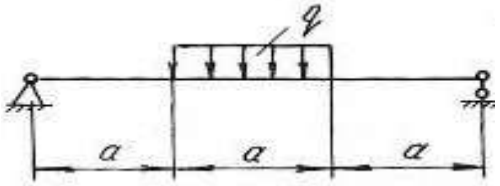
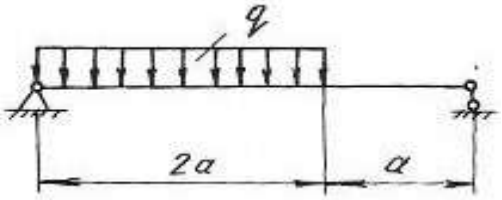
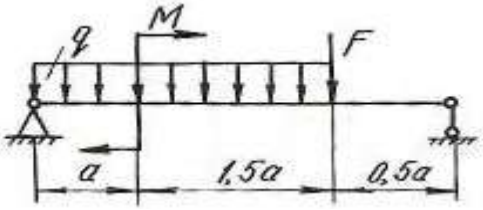
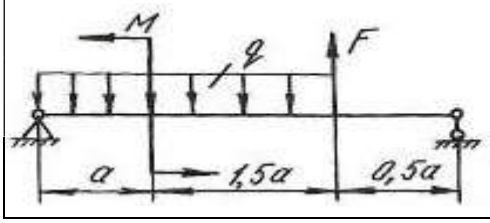
Продолжение табл. 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	37	1,2	10	30	15
	38	1,3	12	40	10
	39	1,4	15	45	12
	40	1,0	14	50	10
	41	2,0	13	60	20
	42	2,0	12	55	12
	43	1,1	16	–	20
	44	1,4	17	–	16
	45	1,5	20	–	15
	46	1,6	18	30	–
	47	1,2	11	20	–
	48	1,3	14	10	–
	49	0,8	15	40	–
	50	0,7	13	13	–
	51	1,1	17	22	–
	52	0,5	24	–	20
	53	0,6	28	–	30
	54	0,9	30	–	40
	55	1,1	10	30	–
	56	1,2	20	31	–
	57	1,3	30	32	–

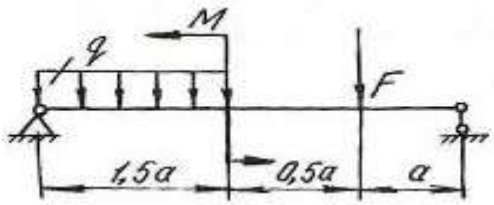
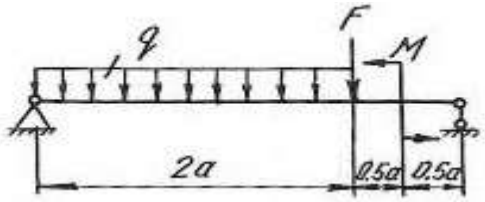
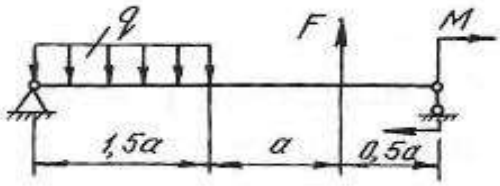
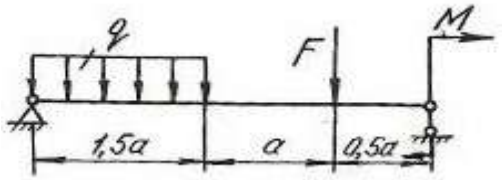
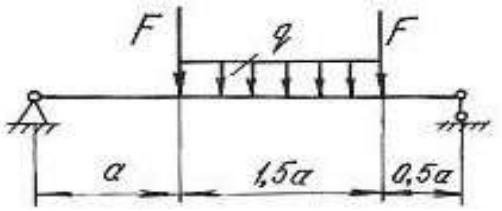
Продолжение табл. 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	58	1,4	40	–	40
	59	1,2	35	–	50
	60	2,0	28	–	80
	61	1,5	12	20	–
	62	1,7	14	30	–
	63	1,9	16	40	–
	64	2,1	18	20	20
	65	2,3	19	30	30
	66	2,5	20	25	40
	67	2,0	12	30	25
	68	2,4	10	35	30
	69	2,7	10	30	35
	70	1,0	12	10	40
	71	2,0	14	20	30
	72	2,0	16	30	40
	73	1,0	–	–	20
	74	2,0	–	–	30
	75	2,5	–	–	40

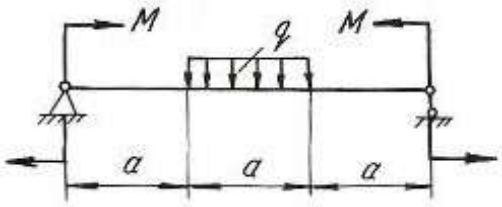
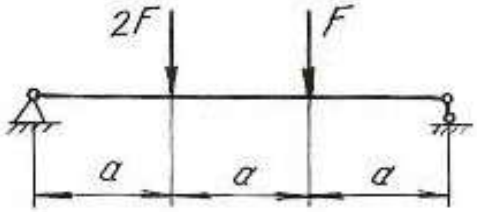
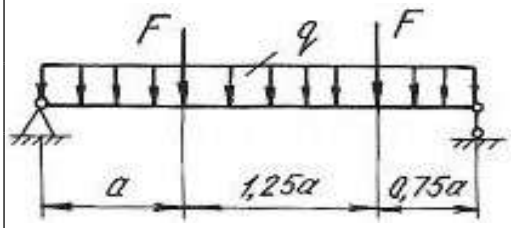
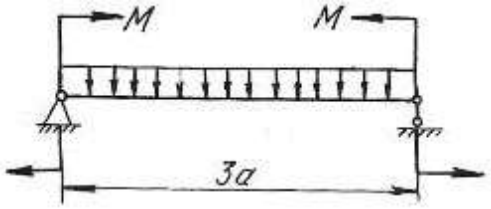
Продолжение табл. 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	76	1,5	–	30	–
	77	2,5	–	40	–
	78	1,2	–	50	–
	79	1,3	–	40	–
	80	1,4	–	25	–
	81	1,6	–	30	–
	82	1,7	10	–	–
	83	1,8	10	–	–
	84	1,9	10	–	–
	85	2,1	30	–	–
	86	2,2	20	–	–
	87	2,3	10	–	–
	88	2,0	25	–	–
	89	1,0	15	–	–
	90	2,3	10	–	–
	91	1,0	15	30	80
	92	2,0	20	40	90
	93	2,0	25	50	100
	94	1,2	10	45	25
	95	1,4	12	50	30
	96	1,6	15	60	35

Продолжение табл. 4. 1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	97	1,8	15	30	40
	98	1,0	18	20	45
	99	1,4	21	55	50
	100	1,0	10	30	55
	101	2,0	20	35	80
	102	1,0	30	60	40
	103	1,9	15	25	60
	104	1,7	13	50	40
	105	1,3	17	75	20
	106	1,0	18	20	35
	107	2,2	16	60	45
	108	2,3	14	40	55
	109	1,0	–	30	50
	110	0,6	–	40	50
	111	0,8	–	30	60
	112	1,0	2	–	70
	113	0,6	30	–	60
	114	1,2	40	–	50

Окончание табл. 4.1

Схема балки и нагрузки	Номер варианта	Числовые значения нагрузок и размеров			
		a, м	*q*, кН/м	*M*, кН·м	*F*, кН
	115	1,2	20	40	–
	116	1,3	10	20	–
	117	1,4	20	30	–
	118	1,5	–	–	40
	119	1,0	–	–	30
	120	1,3	–	–	20
	121	1,0	10	–	20
	122	1,0	20	–	40
	123	1,0	30	–	10
	124	1,2	10	20	–
	125	1,3	11	40	–
	126	1,5	12	50	–

4.3. Расчет балки на жесткость

После проверки балок на прочность они обычно проверяются на жесткость.

Проверка состоит в определении максимальных перемещений балки при изгибе и сравнении их с допускаемыми значениями для данного материала и типа балки. При этом должны выполняться следующие условия:

$$y_{\max} \le y_{\text{adm}}; \quad y_{\text{adm}} = (\frac{1}{20} \div \frac{1}{250})l; \qquad \theta_{\max} \le \theta_{\text{adm}},$$

где y_{adm} – допускаемый прогиб; θ_{adm} – допускаемый угол поворота; l – пролёт балки.

Для определения прогибов и углов поворота в статически определимых балках обычно применяют метод начальных параметров, который записывается в виде следующих универсальных уравнений:

$$EJ_Z\theta = EJ_Z\theta_0 + \sum_{i=1}^{n}\frac{M_i(x-a_i)^1}{1!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{F_i(x-b_i)^2}{2!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i(x-c_i)^3}{3!}, \quad (4.8)$$

где n – количество нагрузок на рассматриваемых участках.

$$EJ_z y = EJ_Z y_0 + EJ_Z\theta_0 x + \sum_{i=1}^{n}\frac{M_i(x-a_i)^2}{2!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{F_i(x-b_i)^3}{3!} + \sum_{i=1}^{n}\frac{q_i(x-c_i)^4}{4!}, \quad (4.9)$$

где θ – угол поворота в исследуемом сечении; y – прогиб в исследуемом сечении; y_0 – прогиб в начале координат; θ_0 – угол поворота в начале координат; x – расстояние от начала координат до сечения, в котором определяются перемещения; M, F, q – внешние нагрузки, включая и реакции; a – расстояния от начала координат до сечений, где приложены моменты; b – расстояния от начала координат до сечений, где приложены сосредоточенные силы; c – расстояния от начала координат до начала каждого участка, нагруженного равномерно распределенной нагрузкой; EJ_Z – жесткость балки при поперечном изгибе.

Метод начальных параметров применяется при условии, что жесткость EJ_Z постоянна по всей длине балки.

Слагаемые, которые включают M, F, q, по знаку определяются в соответствии с правилами знаков, принятыми для определения M_x при расчете слева. При использовании метода начальных параметров необходимо выполнить следующие требования:

1. Начало координат принимается единым для всей балки (обычно в левом крайнем сечении балки);

2. Если равномерно распределенная нагрузка не доходит до рассматриваемого сечения, то ее необходимо продлить до этого сечения, а для сохранения равновесия приложить такую же по величине, но противоположного направления нагрузку. Эту контрнагрузку необходимо включить в уравнения.

Начальные параметры y_0 и θ_0 определяются следующим образом. Если начало координат находится не на опоре (рис. 4.4, *б*), то составляем два дополнительных уравнения прогибов для двух опор, где заранее известно, что прогибы на опорах равны нулю. Если начало координат находится на концевой шарнирной опоре (рис. 4.4, *в*), то составляем одно дополнительное уравнение прогибов для другой опоры. Если начало координат находится в жесткой заделке (рис. 4.4, *г*), то дополнительные уравнения составлять не нужно.

При решении задач необходимо иметь в виду, что положительное направление оси y принято вверх. При этом условии положительное значение угла поворота соответствует вращению сечения против хода часовой стрелки, положительный прогиб направлен вверх.

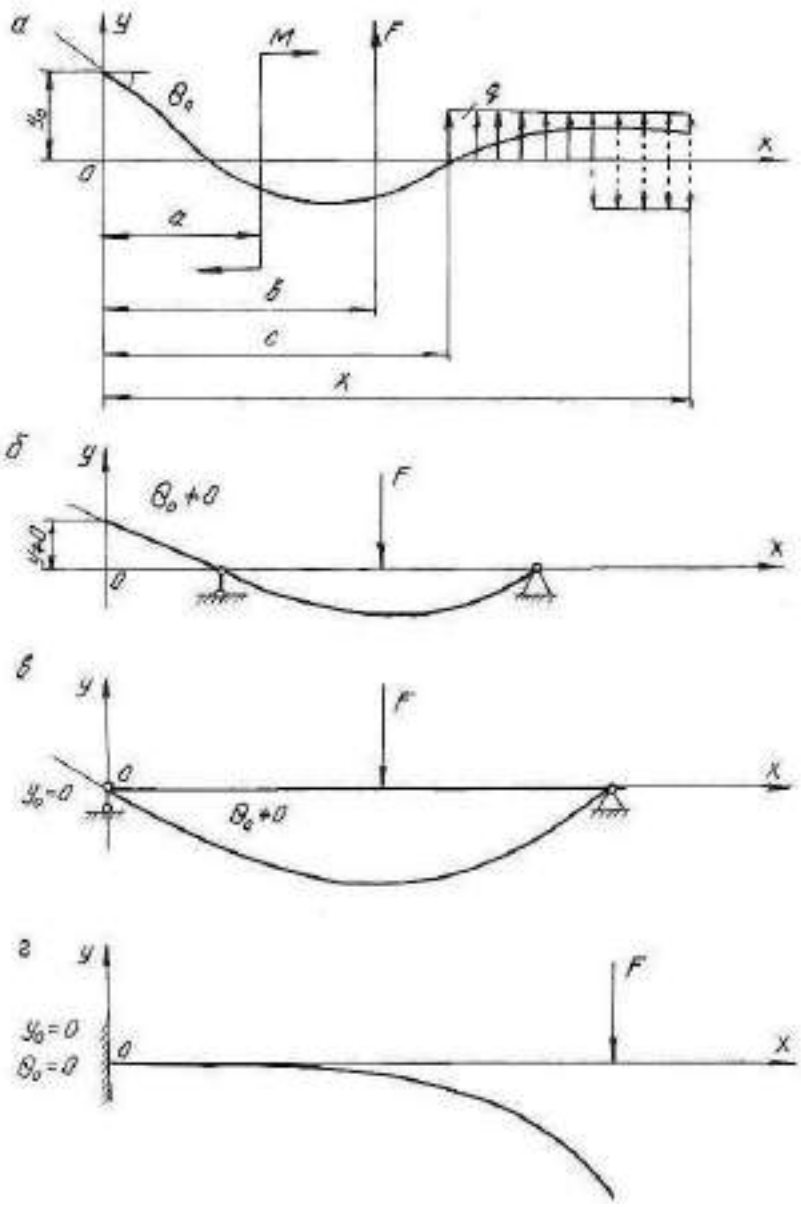


Рис. 4.4.

Пример 4.3.

Для балки, изображенной на рис. 4.5, построить эпюры Q_x и M_x, подобрать поперечное двутавровое сечение (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. По методу начальных параметров определить прогибы в сечениях C и D и угол поворота сечения B. Построить эпюру прогибов и провести проверку на жесткость при $y_{adm} = (1/200)l = (1/200)4 = 0,02$ м $= 2$ см, где l – пролет балки.

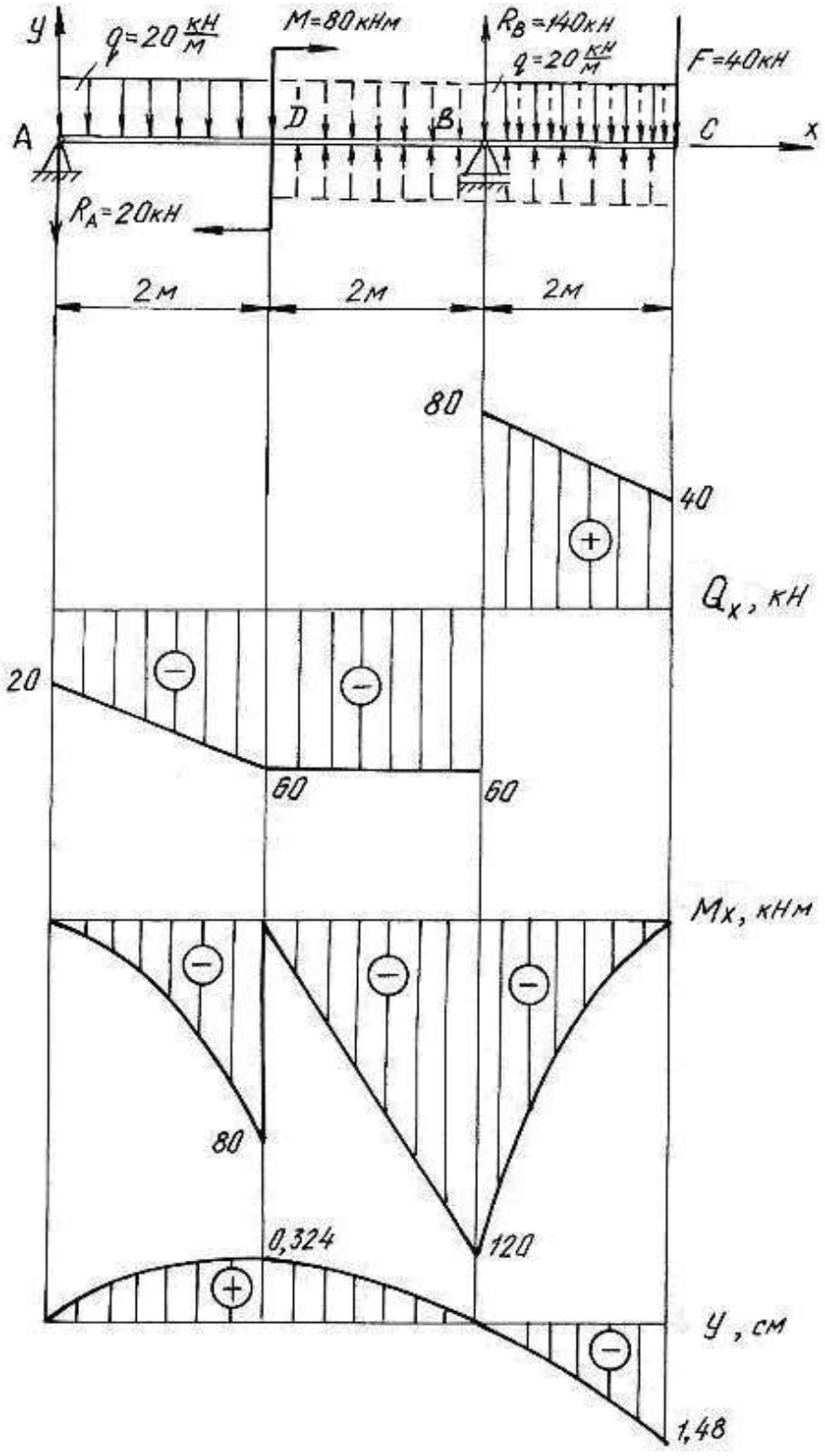

y
q=20 кН/м
M=80 кНм
R_B=140кН
q=20 кН/м
F=40кН
A
D
B
C
x
R_A=20кН
2м
2м
2м
80
40
Q_x, кН
20
60
60
M_x, кНм
80
120
0,324
y, см
1,48

Рис. 4.5.

Решение.

Определим опорные реакции:

$$\sum M_B = 0, \qquad R_A \cdot 4 + q \cdot 2 \cdot 3 - M - q \cdot 2 \cdot 1 - F \cdot 2 = 0;$$
$$R_A \cdot 4 + 20 \cdot 2 \cdot 3 - 80 - 20 \cdot 2 \cdot 1 - 40 \cdot 2 = 0; \quad R_A = 20 \text{ кН}.$$
$$\sum M_A = 0, \quad R_B \cdot 4 - q \cdot 2 \cdot 1 - M - q \cdot 2 \cdot 5 - F \cdot 6 = 0;$$
$$R_B \cdot 4 - 20 \cdot 2 \cdot 1 - 80 - 20 \cdot 2 \cdot 5 - 40 \cdot 6 = 0; \qquad R_B = 140 \text{ кН}.$$

Проводим проверку

$$\sum Y = 0; \qquad -R_A + R_B - q \cdot 2 - F - q \cdot 2 = 0;$$
$$-20 + 140 - 20 \cdot 2 - 40 - 20 \cdot 2 = 0; \quad 0 = 0$$

По контрольным правилам строим эпюры Q_x и M_x, и подбираем поперечное сечение при $M_{\max} = 120$ кН.

$$W_z = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{120 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 750 \text{ см}^3.$$

По таблице сортамента (см. табл. П.1) принимаем двутавр № 36:

$J_z = J_x^{\text{табл.}} = 13380 \text{ см}^4 = 13380 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$.

Для определения перемещений помещаем начало координат на левой опоре (прогиб $y_0 = 0$, угол поворота $\theta_0 \neq 0$). Составляем дополнительное уравнение прогибов для сечения B (при $x_B = 4$ м), где заранее известно, что прогиб на опоре y_B равен нулю.

Распределенная нагрузка обрывается в сечении D. Продолжим её до сечения B, в котором определяем перемещение, но, чтобы не нарушить прежнее равновесие, вводим уравновешивающую нагрузку обратного направления на участке BD.

$$EJ_Z y_B = EJ_Z \theta_0 x_B + \frac{M(x-2)^2}{2} - \frac{R_A(x_B - 0)^3}{6} - \frac{q(x_B - 0)^4}{24} + \frac{q(x_B - 2)^4}{24};$$
$$0 = EJ_Z \theta_0 \cdot 4 + \frac{80(4-2)^2}{2} - \frac{20(4-0)^3}{6} - \frac{20(4-0)^4}{24} + \frac{20(4-2)^4}{24}.$$

Последний член уравнения учитывает компенсирующую нагрузку. Подставляя числовые значения, получим $EJ_Z \theta_0 = EJ_Z \theta_A = 63,3 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

Определим прогибы на границах заданных участков. При определении прогиба в сечении C равномерно распределенную нагрузку необходимо продлить до этого сечения и уравновесить её.

В сечении C ($x_C = 6$ м):

$$EJ_Z y_C = EJ_Z \theta_0 x_C + \frac{M(x_C-2)^2}{2} - \frac{R_A(x_C-0)^3}{6} + \frac{R_B(x_C-4)^3}{6} -$$
$$- \frac{q(x_C-0)^4}{24} + \frac{q(x_C-2)^4}{24} - \frac{q(x_C-4)^4}{24};$$

$$EJ_Z y_C = 63{,}3 \cdot 6 + \frac{80 \cdot (6-2)^2}{2} - \frac{20 \cdot (6-0)^3}{6} + \frac{140 \cdot (6-4)^3}{6} - \frac{20 \cdot (6-0)^4}{24} +$$
$$+ \frac{20(6-2)^4}{24} - \frac{20(6-4)^4}{24} = -393 \text{ кНм}^3;$$

$$y_C = \frac{-393 \cdot 10^3}{EJ_Z} = \frac{-393 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = -0{,}0148 \text{ м}; \; y_C = -1{,}480 \text{ см};$$

в сечении D ($x_D = 2$ м):

$$EJ_Z y_D = EJ_Z \theta_0 \cdot x_D - \frac{R_A(x_D-0)^3}{6} - \frac{q(x_D-0)^4}{24} = 63{,}3 \cdot 2 - \frac{20(2-0)^3}{6} - \frac{20(2-0)^4}{24} =$$

$$= 86{,}7 \text{ кНм}^3; \qquad y_D = \frac{86{,}7 \cdot 10^3}{EJ_Z} = \frac{86{,}7 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = 0{,}00324 \text{ м} = 0{,}324 \text{ см}.$$

По полученным значениям прогибов строим изогнутую ось балки (см. рис. 4.5).

Определим угол поворота сечения B ($x_B = 4$ м), продлив и уравновесив распределенную нагрузку

$$EJ_Z \theta_B = EJ_Z \theta_0 + \frac{M(x-2)^1}{1} - \frac{R_A(x-0)^2}{2} - \frac{q(x-0)^3}{6} + \frac{q(x-2)^3}{6} =$$

$$= 63{,}3 + \frac{80(4-2)^1}{1} - \frac{20(4-0)^2}{2} - \frac{20(4-0)^3}{6} + \frac{20(4-2)^3}{6} = -123 \text{ кНм}^2;$$

$$\theta_B = -\frac{123 \cdot 10^3}{EJ_Z} = -\frac{123 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{11} \cdot 13380 \cdot 10^{-8}} = -46 \cdot 10^{-4} \text{ рад} =$$
$$= -46 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{180}{\pi} = -0{,}26^\circ = -0^\circ 15' 36''.$$

Максимальный прогиб балки $y_{\max} = y_C = 1{,}480$ см.

Таким образом, $y_{\max} = 1{,}480$ см $< y_{\text{adm}} = 2$ см, следовательно, условие жесткости выполняется.

4.4. Задания для расчета балок на жесткость

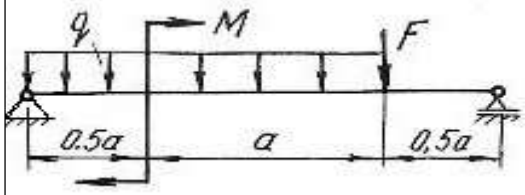
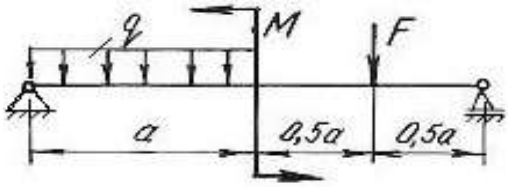
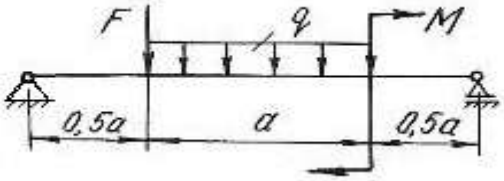
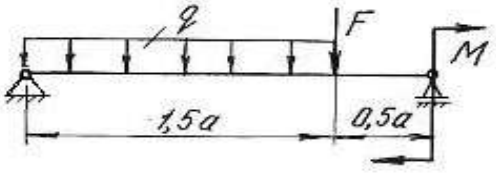
Для расчетной схемы (табл. 4.2) необходимо:

1. Построить по длине балки эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.

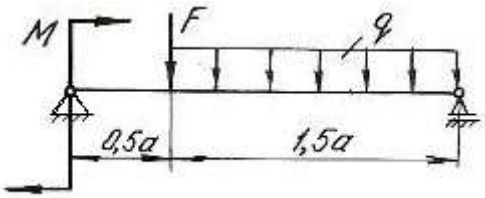
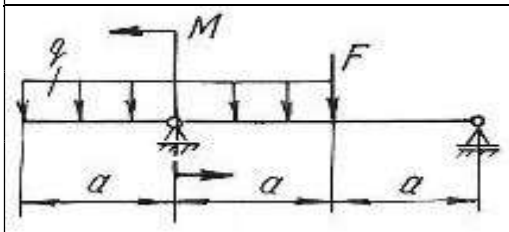
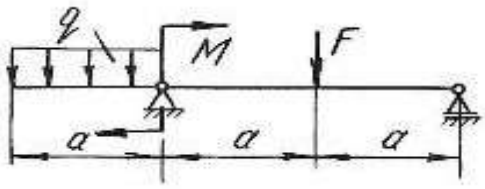
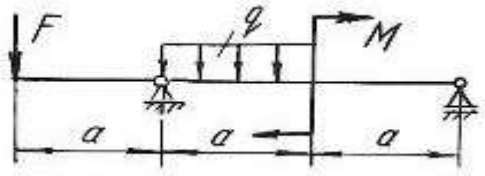
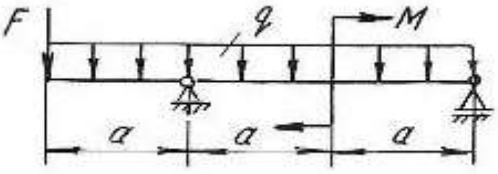
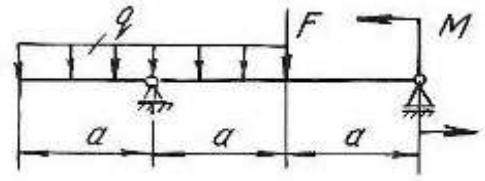
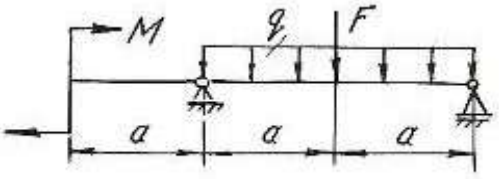
2. Подобрать поперечное сечение балки двутаврового профиля (см. табл. П. 1), материал – сталь при $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

3. Определить по методу начальных параметров величину прогибов балки в характерных сечениях и провести проверку балки на жесткость, приняв $y_{adm} = (1/100)l$.

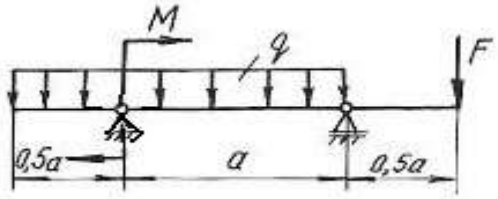
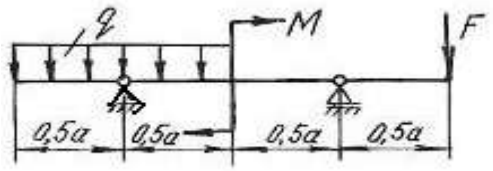
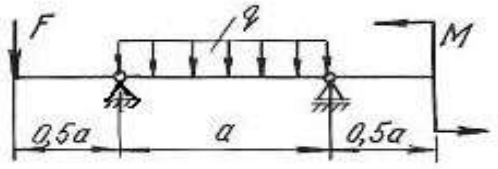
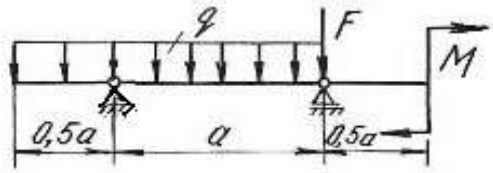
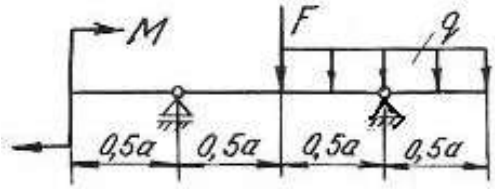
Таблица 4.2

Схема балки и нагрузки	Вариант	a, м	q, кН/м	M, кН·м	F, кН
	1	1	10	30	20
	2	0,5	20	25	30
	3	1	10	10	16
	4	2	20	30	10
	5	0,5	30	15	12
	6	1	12	36	24
	7	2	6	12	10
	8	1	4	12	8
	9	0,5	10	20	16
	10	2	4	12	10
	11	1	20	24	12
	12	1	12	12	10
	13	2	10	4	10
	14	1	8	20	30

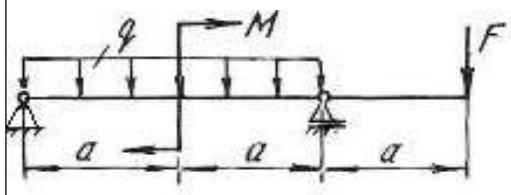
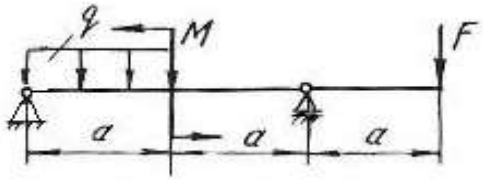
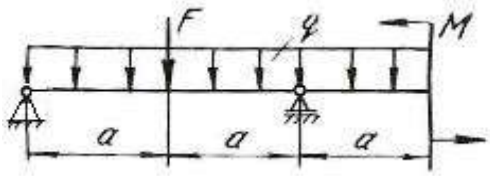
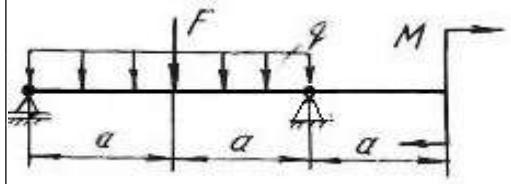
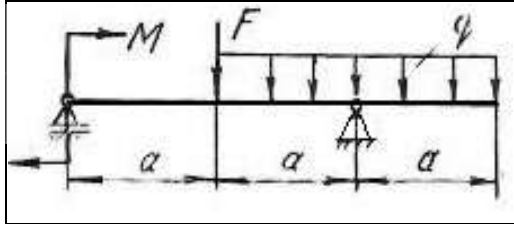
Продолжение табл. 4.2

Схема балки и нагрузки	Вариант	a, м	q, кН/м	M, кН·м	F, кН
	15	1	8	12	16
	16	1	12	14	10
	17	2	4	16	6
	18	1	10	18	24
	19	2	4	16	16
	20	0,5	20	32	24
	21	1	20	15	8
	22	2	8	14	4
	23	0,5	10	28	12
	24	1	24	10	10
	25	2	12	16	12
	26	0,5	4	18	24
	27	1	20	10	6
	28	2	10	8	16
	29	0,5	4	15	8
	30	1	2	6	4
	31	2	4	12	10
	32	0,5	8	12	18
	33	1	10	12	4
	34	2	12	18	12
	35	0,5	20	30	10

Продолжение табл. 4.2

Схема балки и нагрузки	Вариант	a, м	q, кН/м	M, кН·м	F, кН
	36	1	20	12	8
	37	2	12	16	16
	38	1	40	24	20
	39	1	10	20	12
	40	2	4	12	8
	41	1	8	4	12
	42	1	24	12	8
	43	2	8	10	4
	44	1	12	24	20
	45	1	36	12	24
	46	2	32	16	20
	47	1	16	8	8
	48	1	16	18	10
	49	2	12	20	12
	50	1	32	10	6
	51	1	24	20	4
	52	2	4	24	16
	53	1	8	30	10

Окончание табл. 4.2

Схема балки и нагрузки	Вариант	a, м	q, кН/м	M, кН·м	F, кН
	54	1	10	12	6
	55	2	4	10	8
	56	0,5	8	8	4
	57	1	20	12	6
	58	2	12	36	8
	59	1	24	16	12
	60	1	10	40	16
	61	0,5	12	18	10
	62	2	4	36	12
	63	1	10	20	10
	64	1	12	16	8
	65	2	4	16	12
	66	1	12	10	20
	67	2	8	32	16
	68	0,5	24	12	12
	69	1	10	18	12
	70	2	8	36	16
	71	0,5	20	42	8

Глава 5

СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ НЕРАЗРЕЗНЫЕ МНОГОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ И ПЛОСКИЕ РАМЫ

5.1. Статически неопределимые балки

Цельная балка, лежащая на нескольких опорах, называется неразрезной. С промежуточными опорами такая балка обычно соединена шарнирно. Концевые опоры могут быть или шарнирными или защемленными.

Неразрезные балки представляют собой статически неопределимые системы, так как для их расчета уравнений статики недостаточно. Эти балки могут быть рассчитаны с помощью теоремы о трех моментах или методом сил.

В данном разделе рассматривается решение неразрезной балки по методу сил.

Способ расчета статически неопределимых систем, при котором за «лишние» неизвестные принимаются силы или моменты, называется **методом сил**. Для расчета статически неопределимой балки необходимо раскрыть ее статическую неопределимость, для чего эту балку освобождают сначала от «лишних» связей, превращая ее тем самым в статически определимую (геометрически неизменяемую) систему, называемую основной системой. Она может быть получена путем введения необходимого количества шарниров, балочных опор, путем разреза контура (чаще для рам) и др.

Дополнительные уравнения для нахождения «лишних» неизвестных составляются из условий, что взаимные перемещения основной системы в местах приложения «лишних» неизвестных равны нулю (условия совместности деформаций – условия неразрезности).

Степень статической неопределимости балки соответствует количеству «лишних» неизвестных. В качестве «лишних» неизвестных можно принимать реакции на опорах балки или опорные моменты. Для многопролетных неразрезных балок за «лишние» неизвестные удобнее принять опорные моменты. Опорными моментами называют суммарные моменты внутренних сил упругости, возникающих в поперечных сечениях над опорами.

На рис. 5.1, *а* показана дважды статически неопределимая балка. За «лишние» неизвестные приняты опорные моменты на первой и второй опорах. Моменты на нулевой и третьей опорах равны нулю (рис. 5.1, *б*).

Для определения «лишних» неизвестных воспользуемся условием:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 0, \\ \Delta_2 &= 0, \end{aligned} \qquad (5.1)$$

где Δ_1 – суммарное возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от всех внешних нагрузок и от всех «лишних» неизвестных по направле-

нию действия первой «лишней» неизвестной X_1; Δ_2 – суммарное возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от всех внешних нагрузок и от всех «лишних» неизвестных по направлению действия второй «лишней» неизвестной X_2.

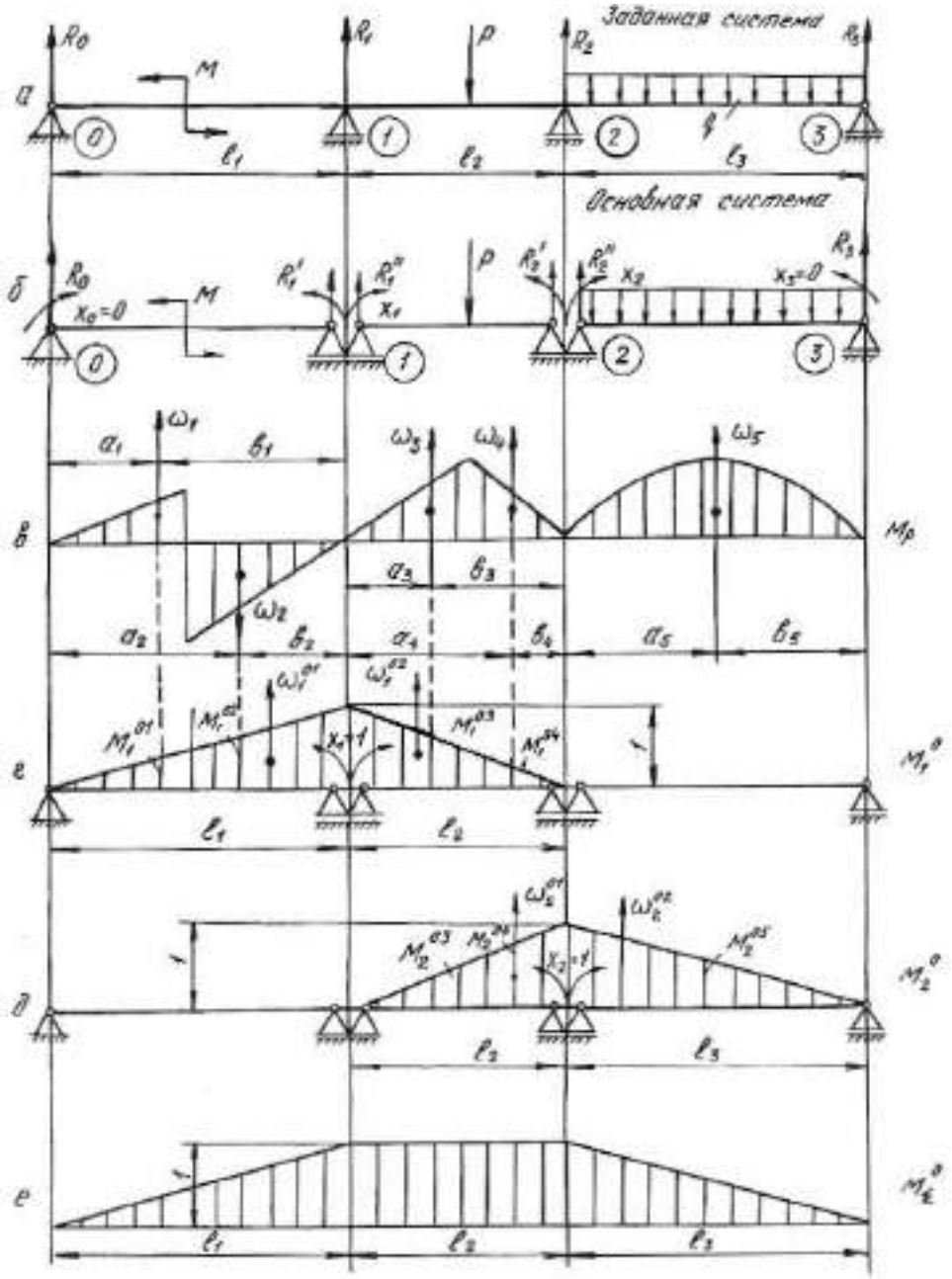


Рис. 5.1.

Эти перемещения в силу принципа независимости действия сил можно представить как сумму перемещений от каждой отдельной силы, приложенной к системе, т. е. от внешней нагрузки, обобщенно обозначаемой буквой *P,* и от неизвестных X_1, X_2, приложенных на опорах основной системы. Указанные пе-

ремещения выражаются через неизвестные X_1, X_2, нагрузку P и перемещения от единичных сил X_1=1, X_2=1.

$$\begin{aligned} \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0, \\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0. \end{aligned} \tag{5.2}$$

Эти уравнения носят название канонических уравнений метода сил. Число их равно степени статической неопределимости системы. На примере первого уравнения рассмотрим обозначения:

δ_{11} – возможное перемещение центра тяжести поперечного сечения от действия единичной силы $X_1 = 1$ по направлению действия первой «лишней» неизвестной X_1;

$\delta_{11}X_1$ – возможное перемещение, вызванное действием X_1 по ее направлению;

δ_{12} – возможное перемещение от единичной нагрузки $X_2 = 1$ по направлению X_1;

$\delta_{12}X_2$– возможное перемещение от второй «лишней» неизвестной X_2 по направлению X_1;

Δ_{1p} – возможное перемещение от всех внешних нагрузок по направлению «лишней» неизвестной X_1.

Коэффициенты канонических уравнений с одинаковыми числовыми индексами δ_{11}, δ_{22} называются *главными коэффициентами***.** Они всегда положительны. Коэффициенты с разными числовыми индексами δ_{21}, δ_{12} называются *побочными*. Они могут быть положительными или отрицательными. На основании теоремы о взаимности перемещений побочные коэффициенты $\delta_{21} = \delta_{12}$.

Свободные члены канонических уравнений Δ_{1p}, и Δ_{2p} еще называют *грузовыми членами*, так как они представляют собой перемещения от внешних нагрузок.

Для вычисления коэффициентов и грузовых членов канонических уравнений строим эпюры изгибающих моментов от единичных нагрузок (единичные эпюры) – рис. 5.1, *г*, *д* и эпюры изгибающих моментов от внешних нагрузок (грузовые эпюры) – рис. 5.1, *в*.

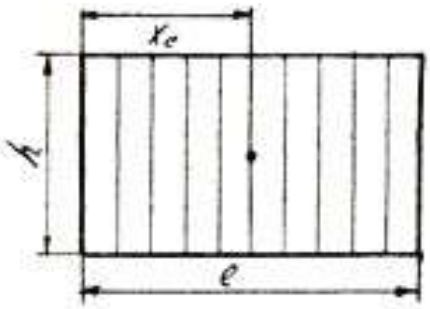
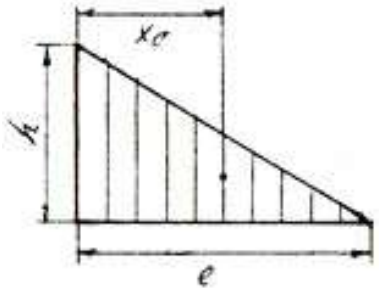
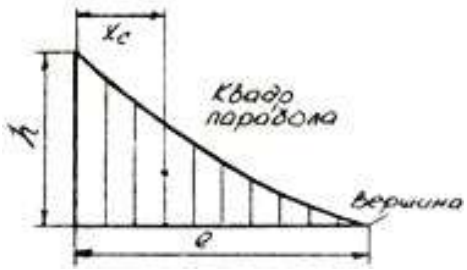
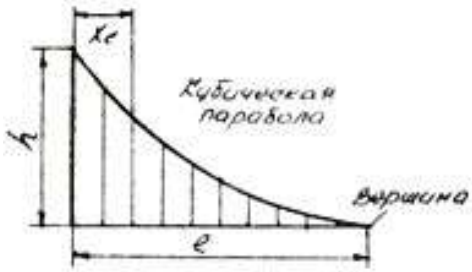
Коэффициенты уравнений и свободные члены находим путем перемножения эпюр по формуле Верещагина (или по формуле Симпсона)

$$\delta = \frac{1}{EJ}\sum \omega M_c^0, \tag{5.3}$$

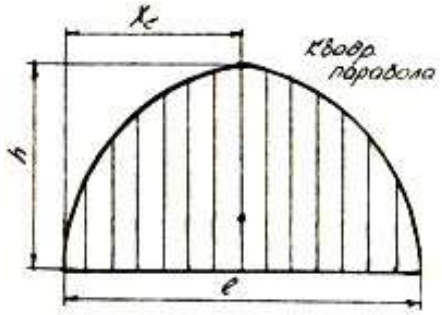
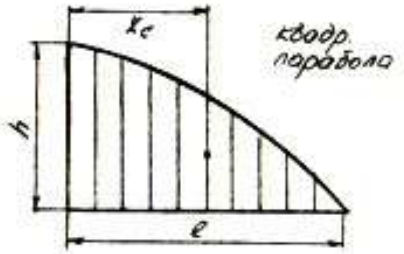
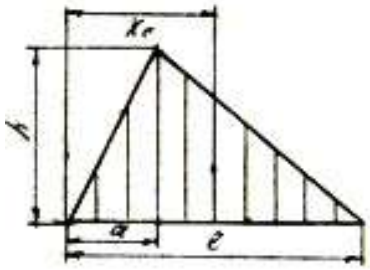
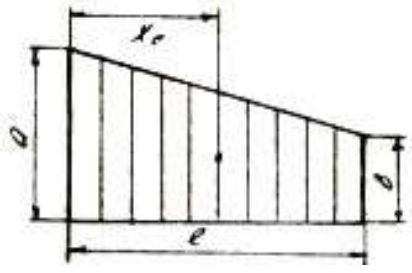
где ω – площадь эпюры изгибающих моментов; M_c^0 – ордината из единичной эпюры напротив центра тяжести грузовой эпюры; EJ – жесткость балки при изгибе.

Формулы для определения площадей и координат их центров тяжести приведены в табл. 5.1**.**

Таблица 5.1

Фигура	ω	x_c
	lh	$\frac{1}{2}l$
	$\frac{1}{2}lh$	$\frac{1}{3}l$
	$\frac{1}{3}lh$	$\frac{1}{4}l$
	$\frac{1}{4}lh$	$\frac{1}{5}l$

Окончание табл. 5.1

Фигура	ω	x_c
	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{1}{2}l$
	$\frac{2}{3}lh$	$\frac{3}{8}l$
	$\frac{1}{2}lh$	$\frac{a+l}{3}$
	$l\frac{a+b}{2}$	$\frac{(a+2b)}{3(a+b)}l$

Главные коэффициенты δ_{11} и δ_{22} находим в результате перемножения единичных эпюр M_1^0, M_2^0 самих на себя

$$\delta_{11}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_1^0 M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{3}\right);$$

$$\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_2^0 M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_2}{3}+\frac{l_3}{3}\right);$$

Побочные коэффициенты находим путем взаимного перемножения указанных единичных эпюр.

Для определения коэффициента δ_{12} берется площадь эпюры M_2^0 на участке длиной l_2, которая умножается на ординату с эпюры M_1^0

$$\delta_{12}=\delta_{21}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_2^0 M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\sum\omega_1^0 M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_2\cdot 1\right)\cdot\frac{1}{3}\cdot 1=\frac{l_2}{6\cdot EJ}.$$

Свободные члены уравнений находим путем умножения грузовых эпюр M_p на единичные M_1^0 и M_2^0

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_p M_{c1}^0=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1 M_1^{01}-\omega_2 M_1^{02}+\omega_3 M_1^{03}+\omega_4 M_1^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\frac{b_3}{l_2}+\omega_4\frac{b_4}{l_2}\right),$$

где $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – площади грузовых эпюр; $M_1^{01}, M_1^{02}, M_1^{03}, M_1^{04}$ – ординаты, взятые из единичной эпюры M_1^0 напротив центров тяжести указанных площадей.

$$\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\sum\omega_p M_{c2}^0=\frac{1}{EJ}\left(\omega_3 M_2^{03}+\omega_4 M_2^{04}+\omega_5 M_2^{05}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\omega_3\frac{a_3}{l_2}+\omega_4\frac{a_4}{l_2}+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right).$$

После подстановки найденных перемещений в канонические уравнения получим

$$\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{3}\right)X_1+\frac{l_2}{6EJ}X_2+\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\frac{b_3}{l_2}+\omega_4\frac{b_4}{l_2}\right)=0;$$

$$\frac{l_2}{6EJ}X_1+\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_2}{3}+\frac{l_3}{3}\right)X_2+\frac{1}{EJ}\left(\omega_3\frac{a_3}{l_2}+\omega_4\frac{a_4}{l_2}+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right)=0.$$

Во избежание ошибок при определении «лишних» неизвестных необходимо проверить правильность определения коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Для этого необходимо построить суммарную эпюру единичных моментов M_Σ^0.

При умножении по правилу Верещагина суммарной единичной эпюры M_{Σ}^{0} на единичную эпюру M_{1}^{0} должна получиться сумма коэффициентов первого канонического уравнения

$$\delta_{11}+\delta_{12}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+\frac{l_2}{2}\right).$$

При умножении суммарной эпюры M_{Σ}^{0} на эпюру M_{2}^{0} должна получиться сумма коэффициентов второго канонического уравнения

$$\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_3}{3}+\frac{l_2}{2}\right).$$

Эта проверка называется построчной.

Произведение суммарной единичной эпюры саму на себя должно быть равным сумме всех коэффициентов канонических уравнений

$$\delta_{11}+\delta_{12}+\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_1\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(l_2\cdot 1\cdot 1\right)+\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}l_3\cdot 1\frac{2}{3}\cdot 1\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(\frac{l_1}{3}+l_2+\frac{l_3}{3}\right).$$

Эта проверка называется универсальной.

Правильность определения грузовых членов уравнений состоит в следующем: их сумма должна равняться произведению грузовой эпюры M_p на суммарную единичную эпюру M_{Σ}^{0}

$$\Delta_{1p}+\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1\frac{a_1}{l_1}-\omega_2\frac{a_2}{l_1}+\omega_3\cdot 1+\omega_4\cdot 1+\omega_5\frac{b_5}{l_3}\right).$$

Убедившись в правильности определения коэффициентов и свободных членов уравнений методом последовательного исключения, находим «лишние» неизвестные X_1 и X_2 из канонических уравнений. При правильном определении «лишних» неизвестных после их подстановки в канонические уравнения, последние должны обращаться в тождества.

Учитывая опорные моменты и внешние нагрузки, определяют по уравнениям статики опорные реакции, строят эпюру поперечных сил Q_x и эпюру изгибающих моментов M_x.

Порядок решения неразрезной балки методом сил сводится к следующему:

1. Определяют степень статической неопределимости балки;

2. Выбирают основную систему (тем самым выбираются «лишние» неизвестные);

3. По числу «лишних» неизвестных составляются канонические уравнения;

4. Строят эпюры изгибающих моментов от действующих на основную систему внешних нагрузок – грузовые эпюры;

5. В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладывают единичные моменты и строят эпюры изгибающих моментов от этих единичных моментов – единичные эпюры;

6. Вычисляют главные, побочные коэффициенты и свободные члены канонических уравнений и проверяют правильность их вычисления;

7. Методом последовательного исключения неизвестных решают канонические уравнения и определяют «лишние» неизвестные с последующей проверкой;

8. С помощью уравнений равновесия определяют опорные реакции заданной балки с последующей проверкой;

9. Строят эпюры поперечных сил Q_x и изгибающих моментов M_x;

10. Подбирают поперечное сечение балки заданного профиля;

11. Производят проверку на прочность и жесткость балки, если это требуется по условию задачи.

Пример 5.1.

Для заданной схемы стальной неразрезной балки (рис. 5.2, *а*) требуется:

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
2. Подобрать поперечное сечение двутаврового профиля (см. табл. П. 1), если $\sigma_{adm} = 160\,\text{МПа}$, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

Решение.

Определяем степень статической неопределимости балки. Она равна двум (числу опор без двух плюс единица из-за наличия жесткой заделки) и выбираем основную систему.

В качестве «лишних» неизвестных принимаются опорные моменты. Основная система показана на рис. 5.2, *б*.

Составляем канонические уравнения:

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \Delta_{1p} = 0,$$

$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \Delta_{1p} = 0.$$

Для определения главных, побочных коэффициентов и свободных членов уравнений строим единичные эпюры M_1^0 (рис. 5.2, *г*), M_2^0 (рис. 5.2, *д*) и суммарную единичную эпюру M_Σ^0 (рис. 5.2, *е*). Грузовые эпюры M_p представлены на рис. 5.2, *в*.

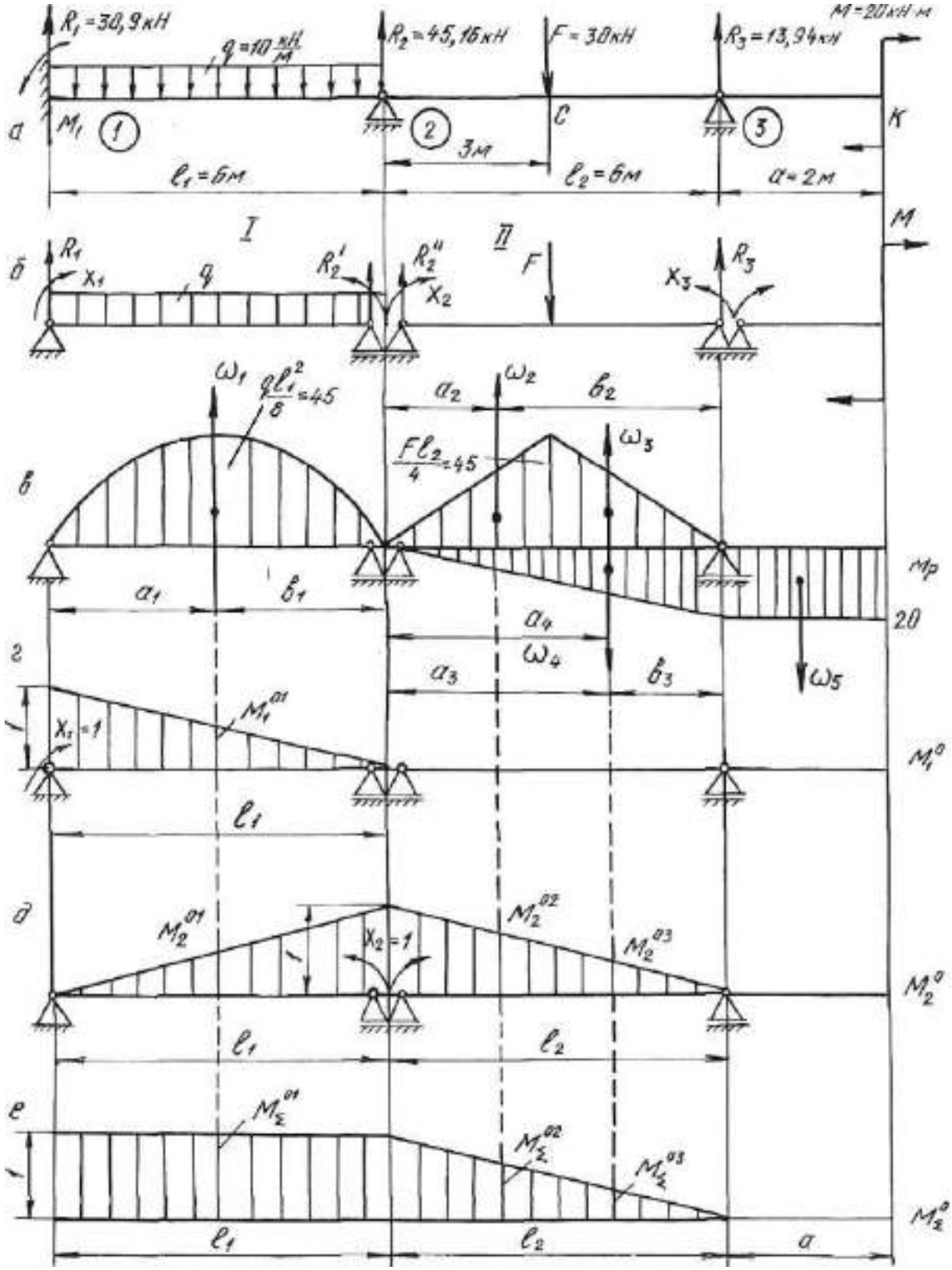

R1 = 30,9 кН
q = 10 кН/м
R2 = 45,16 кН
F = 30 кН
R3 = 13,94 кН
M = 20 кН м
а
M1
1
2
3
C
K
3м
ℓ1 = 6м
ℓ2 = 6м
a = 2м
I
II
б
R1
X1
q
R2'
R2''
X2
F
X3
R3
M
ω1
ql1²/8 = 45
a2
ω2
b2
Fℓ2/4 = 45
ω3
в
Mр
a1
b1
a4
ω4
20
г
a3
b3
ω5
X1 = 1
M1^01
M1^0
ℓ1
д
M2^01
M2^02
M2^03
X2 = 1
M2^0
ℓ2
е
Mz^01
Mz^02
Mz^03
Mz^0
a

Рис. 5.2.

Путем умножения эпюр M_1^0 и M_2^0 самих на себя, находим значения главных коэффициентов:

$$\delta_{11}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot 6\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{2{,}0}{EJ};$$

$$\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_2\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(2{,}0+2{,}0\right)=\frac{4{,}0}{EJ}.$$

Побочные коэффициенты определяем путем взаимного перемножения единичных эпюр M_1^0 и M_2^0

$$\delta_{12}=\delta_{21}=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot l_1\frac{1}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(\frac{1}{2}\cdot 1\cdot 6\cdot\frac{1}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}.$$

Находим свободные (грузовые) члены уравнений, перемножая эпюры изгибающих моментов от внешних нагрузок на единичные эпюры.

Площади грузовых эпюр:

$$\omega_1=\frac{2}{3}h_1l_1=\frac{2}{3}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 6=18\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2;$$

$$\omega_2=\omega_3=\frac{1}{2}h_2\frac{l_2}{2}=\frac{1}{2}\cdot 4{,}5\cdot 10^4\cdot 3=6{,}75\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2;$$

$$\omega_4=\frac{1}{2}\cdot 20\cdot 10^3\cdot 6=6\cdot 10^4\ \text{Н·м}^2.$$

Расстояния $a_1=b_1=3$ м; $a_2=b_3=2$ м; $b_2=a_3=4$ м; $a_4=4$ м.

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1M_1^{01}\right)=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot\frac{1}{2}\cdot 1\right)=\frac{9\cdot 10^4}{EJ},$$

где M_1^{01} – ордината единичной эпюры M_1^0 напротив центра тяжести площади грузовой эпюры ω:

$$\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1M_2^{01}+\omega_2M_2^{02}+\omega_3M_2^{03}-\omega_4M_2^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot\frac{1}{2}\cdot 1-6\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{4}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}\right)=$$

$$=\frac{15{,}75\cdot 10^4}{EJ}-\frac{2\cdot 10^4}{EJ}=\frac{13{,}75\cdot 10^4}{EJ},$$

где M_2^{01}, M_2^{02}, M_2^{03}, M_2^{04} – ординаты единичной эпюры M_2^0 напротив центров тяжести площадей грузовых эпюр ω_1, ω_2, ω_3, ω_4.

Производим проверку правильности определения коэффициентов и свободных членов уравнений, для чего строим суммарную единичную эпюру M_Σ^0.

Построчная проверка. Перемножая суммарную единичную эпюру M_{Σ}^{0} на единичную эпюру M_{1}^{0}, должны получить сумму коэффициентов первого канонического уравнения

$$\delta_{11}+\delta_{12}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+0\right)=\frac{3}{EJ}.$$

При перемножении эпюры M_{Σ}^{0} на единичную эпюру M_{2}^{0} должны получить сумму коэффициентов второго канонического уравнения:

$$\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot 6\cdot\frac{1}{2}\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 6\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{5{,}00}{EJ}.$$

Универсальная проверка. Умножаем суммарную единичную эпюру M_{Σ}^{0} саму на себя. Должны получить сумму всех коэффициентов канонических уравнений:

$$\delta_{11}+\delta_{12}+\delta_{21}+\delta_{22}=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot l_1\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot l_2\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1\right)=\frac{1}{EJ}\left(1\cdot 6\cdot 1+\frac{1}{2}\cdot 6\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\right)=\frac{8{,}00}{EJ}.$$

Проводим проверку правильности определения грузовых членов уравнений.

Перемножением грузовой эпюры M_p на суммарную единичную эпюру M_{Σ}^{0} должны получить сумму свободных членов уравнений:

$$\Delta_{1p}+\Delta_{2p}=\frac{1}{EJ}\left(\omega_1 M_{\Sigma}^{01}+\omega_2 M_{\Sigma}^{02}+\omega_3 M_{\Sigma}^{03}-\omega_4 M_{\Sigma}^{04}\right)=$$

$$=\frac{1}{EJ}\left(18\cdot 10^4\cdot 1+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{4}{6}+6{,}75\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}-6\cdot 10^4\cdot\frac{2}{6}\right)=\frac{22{,}75\cdot 10^4}{EJ}.$$

Подставляем коэффициенты и свободные члены в канонические уравнения:

$$\frac{2{,}00}{EJ}X_1+\frac{1{,}00}{EJ}X_2+\frac{9\cdot 10^4}{EJ}=0.$$

$$\frac{1{,}00}{EJ}X_1+\frac{4{,}0}{EJ}X_2+\frac{13{,}75\cdot 10^4}{EJ}=0.$$

После сокращения на жесткость получаем:

$$2{,}00X_1+1{,}00X_2+9\cdot 10^4=0.$$

$$1{,}00X_1+4{,}00X_2+13{,}75\cdot 10^4=0.$$

Решая совместно эти уравнения, находим:

$$X_1=M_1=-3{,}18\cdot 10^4\ \text{Н·м}=-31{,}8\ \text{кН·м},$$

$$X_2 = M_2 = -2{,}64 \cdot 10^4 \text{ Нм} = -26{,}4 \text{ кН·м}.$$

На опоре № 3 (см. рис. 5.2, *а*) опорный момент будет равен моменту M со знаком минус:

$$X_3 = M_3 = -20 \text{ кН·м}.$$

Подставив найденные значения «лишних» неизвестных в канонические уравнения, убеждаемся в том, что эти уравнения превращаются в тождества.

Определяем опорные реакции заданной балки из уравнений статики:

$$\sum M_1^{\text{I}} = 0; \quad R_2^1 l_1 + M_2 - \frac{q l_1^2}{2} - M_1 = 0;$$

$$R_2^{'} = -\frac{M_2}{l_1} + \frac{q l_1}{2} + \frac{M_1}{l_1} = \frac{26{,}4}{6} + \frac{10 \cdot 6}{2} - \frac{31{,}8}{6} = 29{,}1 \text{ кН}.$$

$$\sum M_2^{\text{I}} = 0; \quad -R_1 l_1 - M_1 + \frac{q l_1^2}{2} + M_2 = 0;$$

$$R_1 = -\frac{M_1}{l_1} + \frac{q l_1}{2} + \frac{M_2}{l_1} = \frac{31{,}8}{6} + \frac{10 \cdot 6}{2} - \frac{26{,}4}{6} = 30{,}9 \text{ кН}.$$

$$\sum M_2^{\text{II}} = 0; \quad M_3 + R_3 l_3 - F\frac{l_2}{2} - M_2 = 0;$$

$$R_3 = -\frac{M_3}{l_2} + \frac{F}{2} + \frac{M_2}{l_2} = \frac{20}{6} + \frac{30}{2} - \frac{26{,}4}{6} = 13{,}94 \text{ кН}.$$

$$\sum M_3^{\text{II}} = 0; \quad -M_2 - R_2^2 l_2 + P\frac{l_2}{2} + M_3 = 0;$$

$$R_2^{''} = -\frac{M_2}{l_2} + \frac{F}{2} + \frac{M_3}{l_2} = \frac{26{,}4}{6} + \frac{30}{2} - \frac{20}{6} = 16{,}06 \text{ кН}.$$

Окончательно:

$$R_1 = 30{,}9 \text{ кН}; R_2 = R_2^{'} + R_2^{''} = 29{,}1 + 16{,}06 = 45{,}16 \text{ кН}; \; R_3 = 13{,}94 \text{ кН}.$$

Проверка:

$$\sum Y = 0; \quad R_1 + R_2 + R_3 - F - q \cdot l_1 = 0; \quad 30{,}9 + 45{,}16 + 13{,}94 - 30 - 10 \cdot 6 = 0.$$

Строим эпюру поперечных сил Q_x и эпюру изгибающих моментов M_x по правилам, принятым при построении эпюр для статически определимых балок (рис. 5.3**).**

$Q_1 = R_1 = 30{,}9$ кН;

$Q_2 = R_1 - q \cdot l_1 = 30{,}9 - 10 \cdot 6 = -29{,}1$ кН;

Затем скачок вверх на $R_2 = 45{,}16$ кН.

На участке от опоры 2 до сечения C: $Q_x = 16{,}06$ кН.

Затем скачок вниз в сечении C на силу F, $Q_C = 16{,}06 - 30 = -13{,}94$ кН.

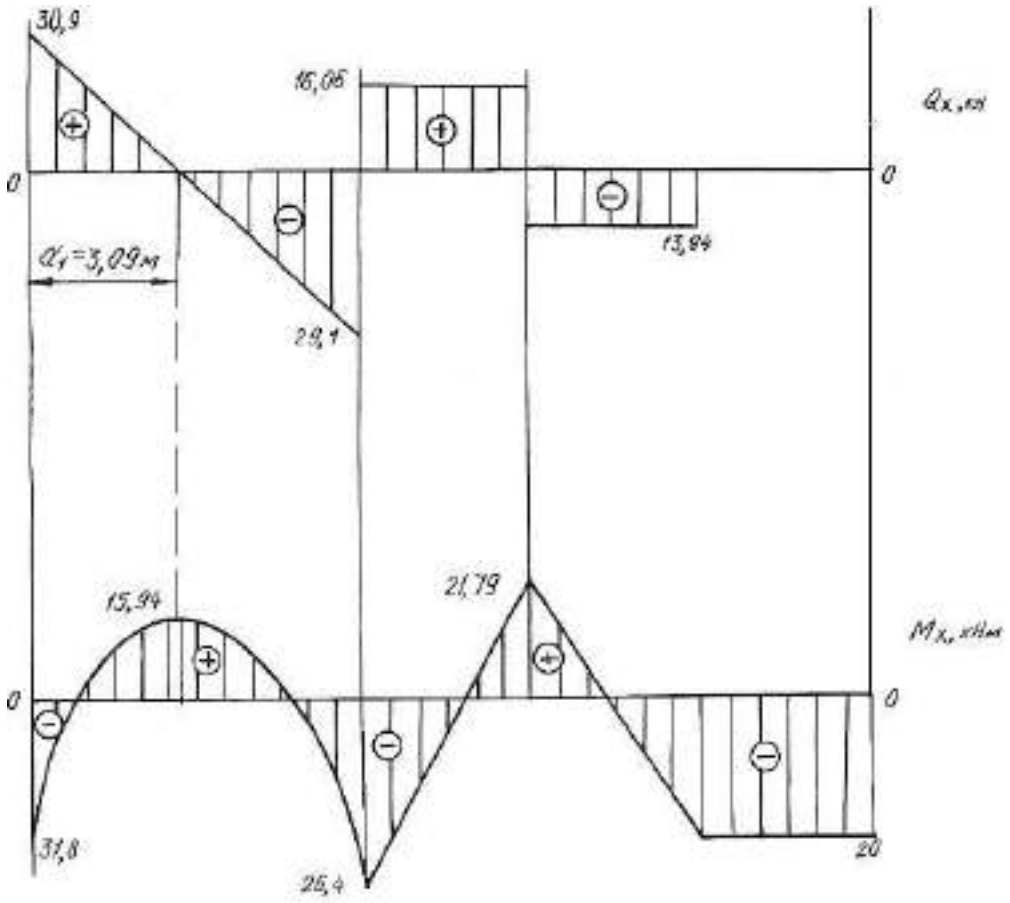


Рис. 5.3.

Находим расстояние *a*

$$\frac{30,9}{a_1}=\frac{29,1}{6-a_1},\ a_1=3,09\ \text{м}.$$

На участке от сечении *C* до опоры 3

$$Q_{C-3}=-13,94\ \text{кН}.$$

В левом крайнем сечении $M_x=-M_1=-31,8\ \text{кН}\cdot\text{м}$.

При $x=a_1=3,09\,\text{м}$

$$M_x=R_1a_1-\frac{qa_1^2}{2}-M_1=30,9\cdot3,09-\frac{10\cdot3,09^2}{2}-31,8=15,94\ \text{кН}\cdot\text{м}$$

В сечении над опорой 2

$$M_x=-M_1+R_1l_1-\frac{ql_1^2}{2}=-31,8+30,9\cdot6-\frac{10\cdot6^2}{2}=-26,4\ \text{кН}\cdot\text{м}.$$

До сечения *C* расчет производим справа:

$$M_k=-M=-20\ \text{кН}\cdot\text{м},$$

$$M_C=-M+R_3\cdot3=-20+13,93\cdot3=21,79\ \ \text{кН}\cdot\text{м}.$$

На участке балки от сечения *K* до опоры 3: $M_x = -20$ кН·м.

По сортаменту проката в соответствии с ГОСТ 8239-89 подбираем поперечное сечение двутаврового профиля, используя условие прочности

$$M_{\max} \le \sigma_{adm} \cdot W_{н.о.},$$

откуда $W_{н.о.} \ge \dfrac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \dfrac{31{,}8 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 1{,}98 \cdot 10^{-4}$ м^3 $= 198$ см^3.

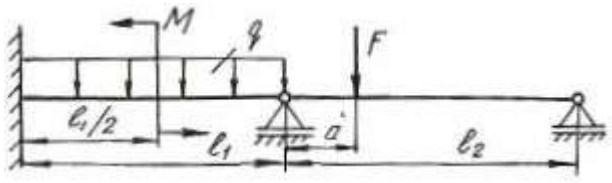
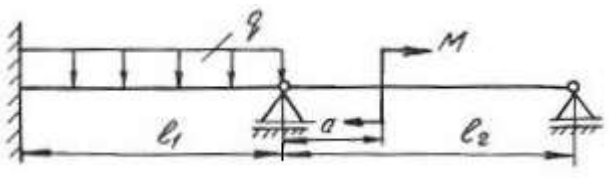
Принимаем двутавр № 20а, для которого $W_{н.о.} = W_x^{табл.} = 203$ см^3, $J_{н.о.} = J_x^{табл.} = 2030$ см^4, $A = 28{,}9$ см^2.

5.2. Задания для расчета статически неопределимых балок

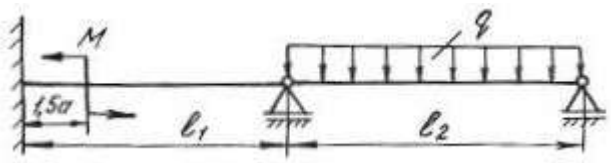
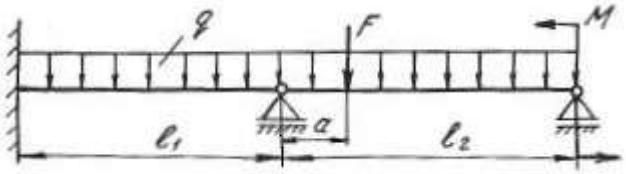
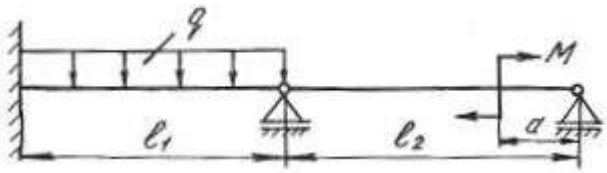
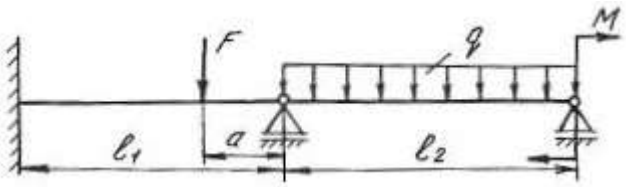
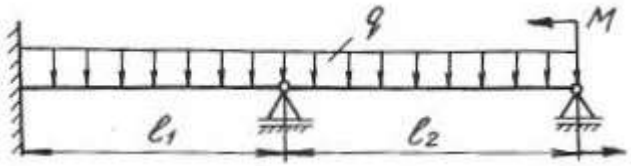
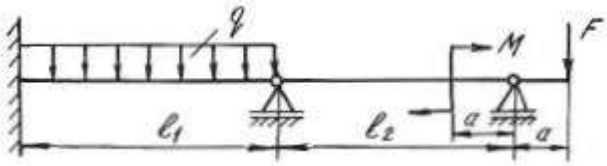
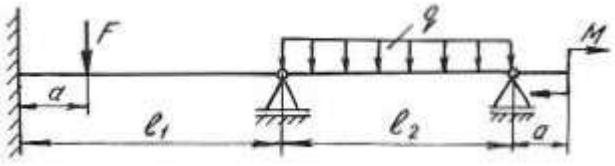
Для заданной схемы неразрезной балки при заданных значениях длин и нагрузок в соответствии с указанным номером варианта требуется:

1. Определить степень статической неопределимости балки, выбрать основную систему.
2. Составить канонические уравнения по методу сил.
3. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены канонических уравнений. Проверить правильность их определения.
4. После определения неизвестных построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
5. Подобрать поперечное сечение балки двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа. Данные для расчета взять из табл. 5.2.

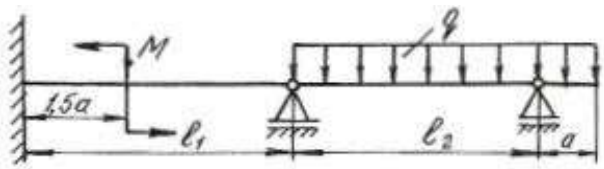
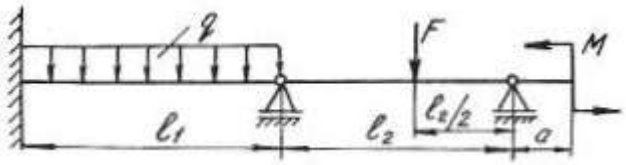
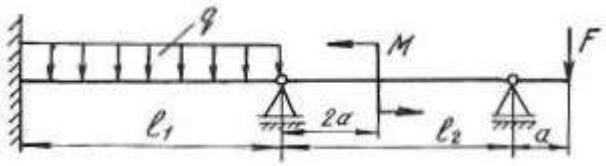
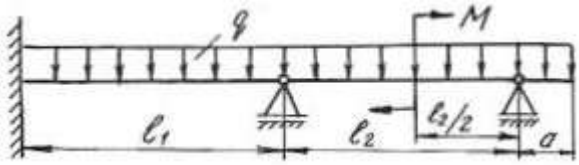
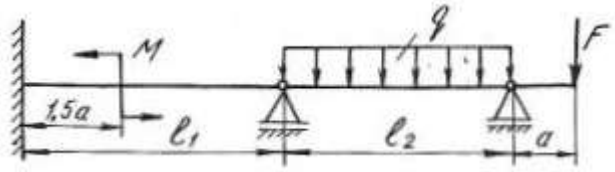
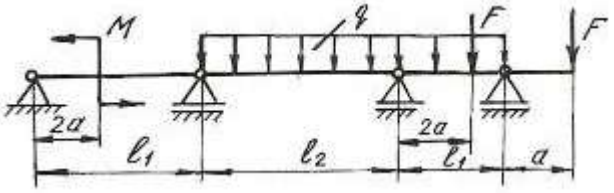
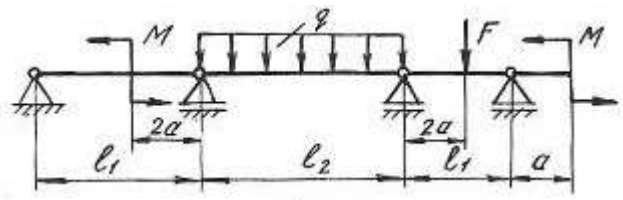
Таблица 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер варианта	*M*, кН·м	*F*, кН	*q*, кН/м	l_1, м	l_2, м	*a*, м
	1	10	10	15	3,5	5,0	0,5
	2	20	11	15	2,5	4,0	0,5
	3	30	12	15	4,0	4,0	0,5
	4	15	13	10	3,0	5,5	0,5
	5	20	14	10	3,5	5,0	0,5
	6	25	15	10	2,5	5,0	0,4

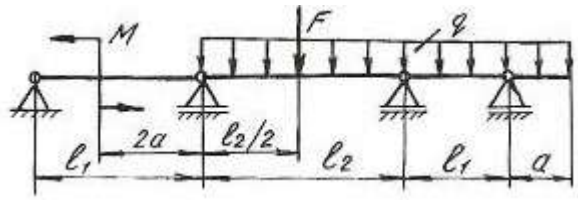
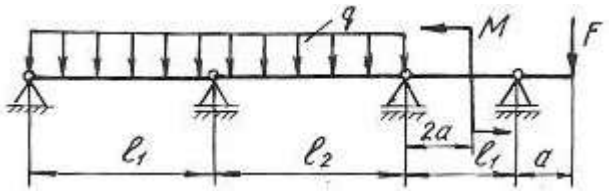
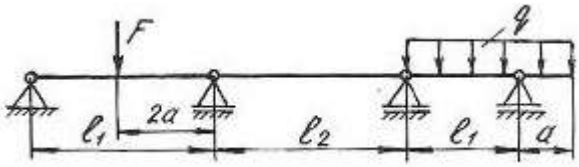
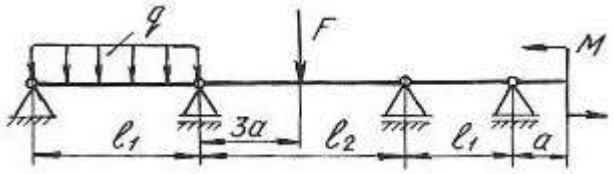
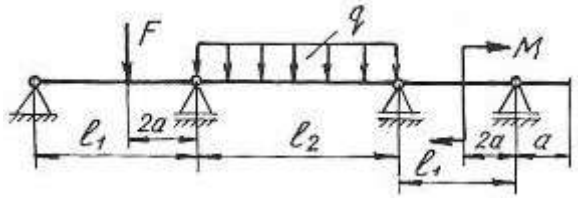
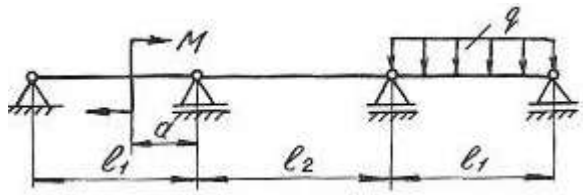
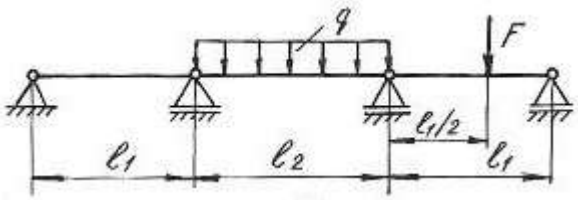
Продолжение табл. 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер вари-анта	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	l_1, м	l_2, м	a, м
	7	10	10	10	5,0	5,0	0,4
	8	15	11	15	3,5	6,0	0,6
	9	20	12	20	3,5	5,0	0,4
	10	10	15	20	4,0	5,0	0,4
	11	20	20	10	2,0	5,0	0,5
	12	30	25	10	3,0	4,0	0,6
	13	30	11	15	2,0	5,0	0,4
	14	40	10	15	4,5	5,0	0,5
	15	20	12	15	3,5	5,5	0,6
	16	15	12	10	3,5	4,5	0,5
	17	20	10	10	2,6	5,2	0,4
	18	25	11	10	2,0	5,0	0,8
	19	25	20	20	3,5	6,0	0,5
	20	20	25	15	3,0	5,5	0,8
	21	15	10	10	3,5	3,5	0,8
	22	20	10	10	3	5	0,5
	23	30	11	10	4	6	0,4
	24	25	12	10	5	6	0,6
	25	20	15	10	2	3	0,4
	26	30	16	10	3	4	0,5
	27	40	20	10	4	5	0,6

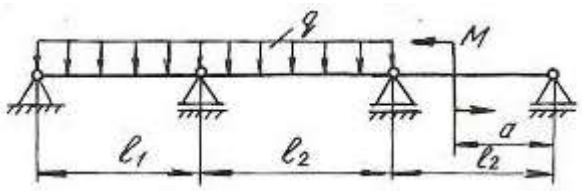
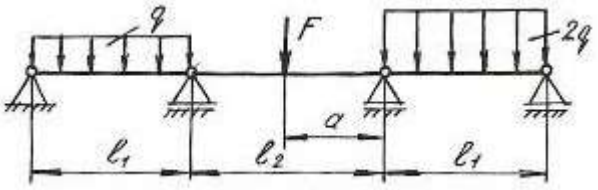
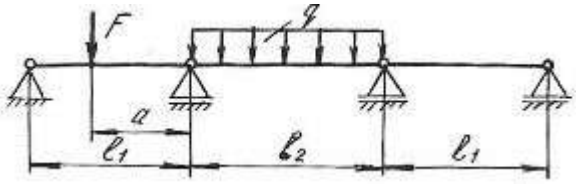
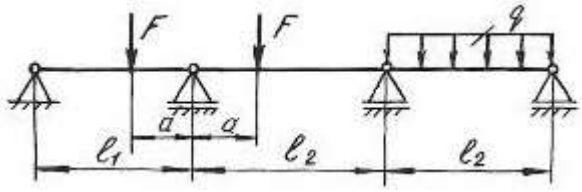
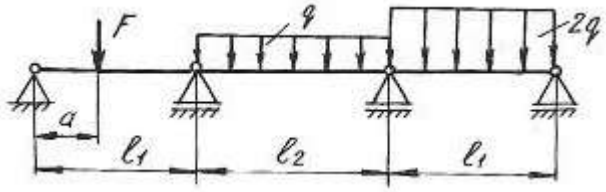
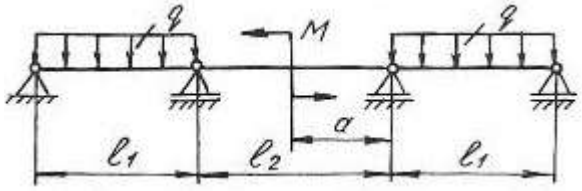
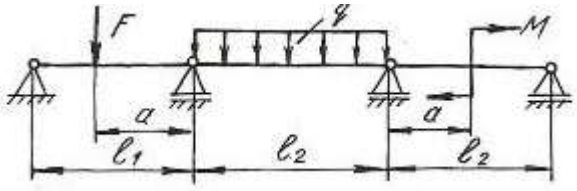
Продолжение табл. 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер вари-анта	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	l_1, м	l_2, м	a, м
	28	15	10	15	3	5	0
	29	20	15	15	4	6	0,5
	30	25	20	15	5	6	0,4
	31	30	12	20	2	3	0,4
	32	35	14	15	3	4	0,5
	33	40	16	20	2,5	5	0,6
	34	10	20	10	3	5,5	0,4
	35	15	15	15	2,5	4	0,5
	36	20	10	20	5	6	0,6
	37	20	12	15	4	6	0,4
	38	15	14	20	3,5	4	0,6
	39	10	16	25	4	5	0,5
	40	10	10	30	2,5	4	0,4
	41	15	20	20	3	5	0,5
	42	20	30	10	4	6	0,6
	43	10	15	10	3	5	0,4
	44	20	25	12	4	5	0,5
	45	30	35	14	5	6	0,6
	46	40	10	10	2	5	0,5
	47	20	25	16	3	4	0,6
	48	10	30	10	4	6	0,4

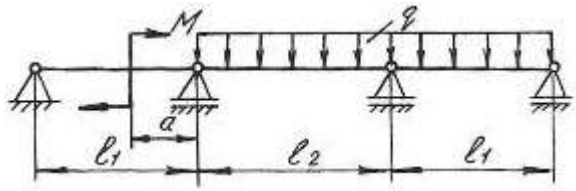
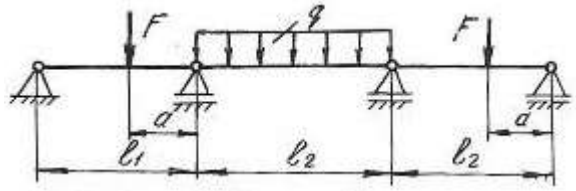
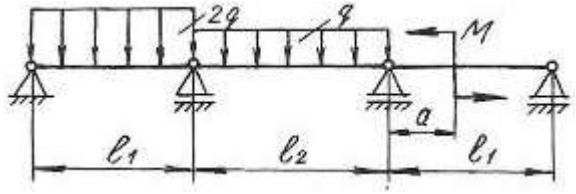
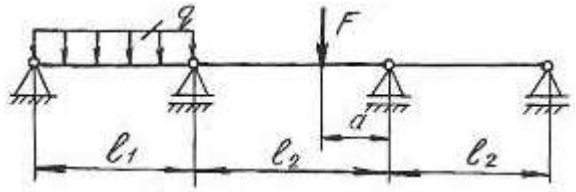
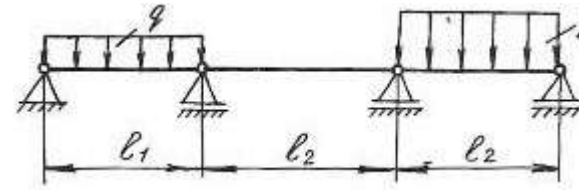
Продолжение табл. 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер вари-анта	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	l_1, м	l_2, м	a, м
	49	30	25	12	5	6	0,5
	50	15	15	15	6	5	0,4
	51	10	20	20	2	4	0,6
	52	10	20	10	4	5	0,5
	53	20	15	12	5	6	0,5
	54	30	40	14	4	6	0,5
	55	25	20	16	3	4	0,4
	56	35	30	10	5	6	0,5
	57	40	15	12	4	5	0,6
	58	10	20	14	5	6	0,6
	59	15	30	16	2	4	0,5
	60	20	40	10	4	5	0,4
	61	25	10	12	3	5	0,3
	62	35	15	14	5	6	0,6
	63	40	20	16	6	4	0,5
	64	10	–	10	3	4	0,5
	65	20	–	15	4	5	0,6
	66	30	–	12	5	6	0,4
	67	–	12	40	2	3	0,6
	68	–	14	30	3	4	0,5
	69	–	16	25	4	5	0,4

Продолжение табл. 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер вари-анта	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	l_1, м	l_2, м	a, м
	70	30	–	20	4	5	0,4
	71	20	–	15	3	4	0,6
	72	40	–	30	2	3	0,8
	73	–	20	20	3	3	0,5
	74	–	15	15	4	5	0,5
	75	–	16	30	5	6	0,5
	76	–	40	20	4	5	0,4
	77	–	30	10	3	5	0,5
	78	–	20	12	2	3	0,6
	79	–	10	20	2	3	0,6
	80	–	12	15	4	5	0,8
	81	–	15	10	6	6	0,5
	82	–	20	12	3	4	0,5
	83	–	10	15	4	5	0,6
	84	–	15	20	5	6	0,8
	85	20	–	12	3	5	0,5
	86	30	–	15	4	6	0,6
	87	40	–	20	5	6	0,8
	88	10	20	12	3	4	0,4
	89	15	30	14	4	6	0,6
	90	20	40	16	5	5	0,5

Окончание табл. 5.2

Схема закрепления и нагружения балки	Номер вари-анта	M, кН·м	F, кН	q, кН/м	l_1, м	l_2, м	a, м
	91	12	–	20	5	6	0,5
	92	15	–	30	4	5	0,5
	93	20	–	40	6	4	0,4
	94	–	20	12	5	6	0,5
	95	–	30	15	4	5	0,6
	96	–	40	16	6	4	0,4
	97	20	–	20	3	4	0,5
	98	30	–	30	4	5	0,5
	99	40	–	40	5	6	0,6
	100	–	12	10	6	4	0,4
	101	–	15	15	3	3	0,5
	102	–	20	20	4	5	0,6
	103	–	–	20	5	5	0,8
	104	–	–	30	6	6	0,6
	105	–	–	40	4	8	0,5

5.3. Статически неопределимые рамы

Плоской рамой называется геометрически неизменяемая система, состоящая из стержней, лежащих в одной плоскости и жестко соединенных между собой. Горизонтальные стержни рам называются *ригелями*, вертикальные – *стойками.*

Статически неопределимой рамой называется такая геометрически неизменяемая система, у которой реакции или все внутренние суммарные силовые факторы, возникающие в сечениях ее элементов при действии произвольной нагрузки, не могут быть определены из уравнений статики.

Расчет статически неопределимой рамы сводится к построению эпюр изгибающих моментов M_x, поперечных сил Q_x и нормальных сил N_x, на основании которых подбираются сечения, или проверяются напряжения в опасных сечениях различных элементов, или определяется несущая способность системы.

В пособии рассмотрено только построение эпюр M_x, Q_x, N_x, а также подбор поперечного сечения, так как это наиболее трудоемкая часть расчета.

Степень статической неопределимости плоской рамы определяется следующим образом:

1. Замкнутый контур (рама, оба конца которой жестко защемлены) имеет степень статической неопределимости, равную трем.

2. Наличие шарнира в раме понижает степень статической неопределимости на единицу.

3. Наличие подвижной опоры также понижает степень статической неопределимости на единицу.

Определение усилий в статически неопределимой раме связано с необходимостью составления дополнительных уравнений – уравнений совместности деформаций. Число этих уравнений должно быть равно степени статической неопределимости рамы.

Прежде, чем составлять уравнение деформаций, следует превратить заданную статически неопределимую раму в статически определимую, геометрически неизменяемую, устранив из нее «лишние» связи. Такая система называется *основной* системой.

Если к основной системе, кроме заданной нагрузки, приложить реакции устраненных связей, то деформации этой системы и возникающие в ней внутренние усилия, будут такими же, как и в заданной системе. То есть, обе системы будут эквивалентными.

В заданной системе в направлениях имеющихся связей перемещений быть не может. Поэтому, в основной системе перемещения в направлении отброшенных связей должны быть равны нулю.

Способ расчета статически неопределимых систем, при котором за «лишние» неизвестные принимаются силы и моменты, называется *методом сил.*

Данный метод рассмотрен при расчете статически неопределимых неразрезных балок в начале этой главы. Определение коэффициентов уравнений и грузовых членов и их проверки рассмотрены также при расчете балок.

Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.

При расчете рам на прочность в каждом поперечном сечении необходимо определять три силовых фактора: продольную силу N_x, поперечную силу Q_x, изгибающий момент M_x.

Продольная сила N_x равна алгебраической сумме проекций всех сил, действующих по одну сторону от сечения на продольную ось бруса. Если сила вызывает растяжение, она положительна, сжатие – отрицательна.

При построении эпюр продольных сил их значения откладываются симметрично от оси бруса в обе стороны с указанием знака.

Поперечная сила Q_x равна алгебраической сумме проекций на нормаль к оси бруса всех сил, действующих по одну сторону от сечения.

Если поперечная сила относительно сечения вращает часть бруса по часовой стрелке, то она положительна. Противоположное направление следует считать отрицательным. Условимся положительные ординаты откладывать снаружи контура, отрицательные – внутри.

При построении эпюр поперечных сил их значения откладываются по одну сторону от оси бруса с указанием знака.

Изгибающий момент M_x равен сумме моментов всех сил, взятых по одну сторону от сечения, относительно оси, проходящей через центр сечения перпендикулярно плоскости рамы. Условно принято построение эпюр изгибающих моментов со стороны растянутых волокон.

Общий порядок расчета статически неопределимых рам по методу сил сводится к следующему.

1. Определяют степень статической неопределимости рамы.
2. Удаляют «лишние» связи. Полученную таким образом основную систему загружают заданными силами и реакциями отброшенных связей.
3. В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладывают единичные силы и строят эпюры изгибающих моментов от единичных сил, а также суммарную единичную эпюру.
4. Строят эпюры изгибающих моментов от действующих на основную систему внешних нагрузок.
5. Вычисляют главные, побочные коэффициенты и свободные члены канонических уравнений и проверяют правильность их определения.
6. Составляют и решают канонические уравнения, определяя «лишние» неизвестные.
7. Определяют остальные реакции с помощью уравнений статики.

8. Вычисляют значения изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил и строят эпюры.

9. Подбирают поперечное сечение заданного профиля.

Пример 5.2.

Для заданной схемы статически неопределимой рамы (рис. 5.4, *а*), при заданных значениях длин и нагрузок, построить эпюры изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил. Жесткости стоек и ригеля одинаковы.

Решение.

Заданная система освобождается от наложенных на нее связей. Действия связей заменяются реакциями. Установим степень статической неопределимости рамы: 3(замкнутый контур) − 2(наличие двух шарниров) = 1, т. е. рама однажды статически неопределима.

За «лишнюю» неизвестную X_1 принимаем реакцию H_b. Нагружаем основную систему (рис. 5.4, *б*) заданными внешними силами и реакцией отброшенной связи. Выбирая основную систему, необходимо помнить, что она должна быть статически определимой и геометрически неизменяемой.

В месте действия «лишней» неизвестной и по направлению ее действия прикладываем единичную силу $X_1 = 1$ и строим единичную эпюру.

Рассмотрим подробно построение этой эпюры. Покажем реакции опор (рис. 5.5), их три. Определим эти реакции по уравнениям статики:

$$\sum X = 0; \qquad H'_a - X_1 = 0; \qquad H'_a = 1;$$

$$\sum M_A = 0; \quad -X_1 \cdot 3 + R'_b \cdot 4 = 0; \qquad R'_b = \frac{3}{4} = 0{,}75;$$

$$\sum M_B = 0; \quad -H'_a \cdot 3 + R'_a \cdot 4 = 0; \quad R'_a = \frac{3}{4} = 0{,}75.$$

Проверка правильности вычисления реакций:

$$\sum Y = 0; \qquad -R'_a + R'_b = 0; \qquad 0 = 0.$$

Получили тождество, следовательно, реакции определены правильно.

Разбиваем раму на участки, граница участка там, где приложены сосредоточенные силы и для рамы граница участка, где жестко соединяется стойка с ригелем. Участков три, находим значения изгибающих моментов на границах участков. На всех участках эпюра изгибающих моментов очерчена наклонной прямой, эпюра изгибающих моментов показана на рис. 5.4, *в*.

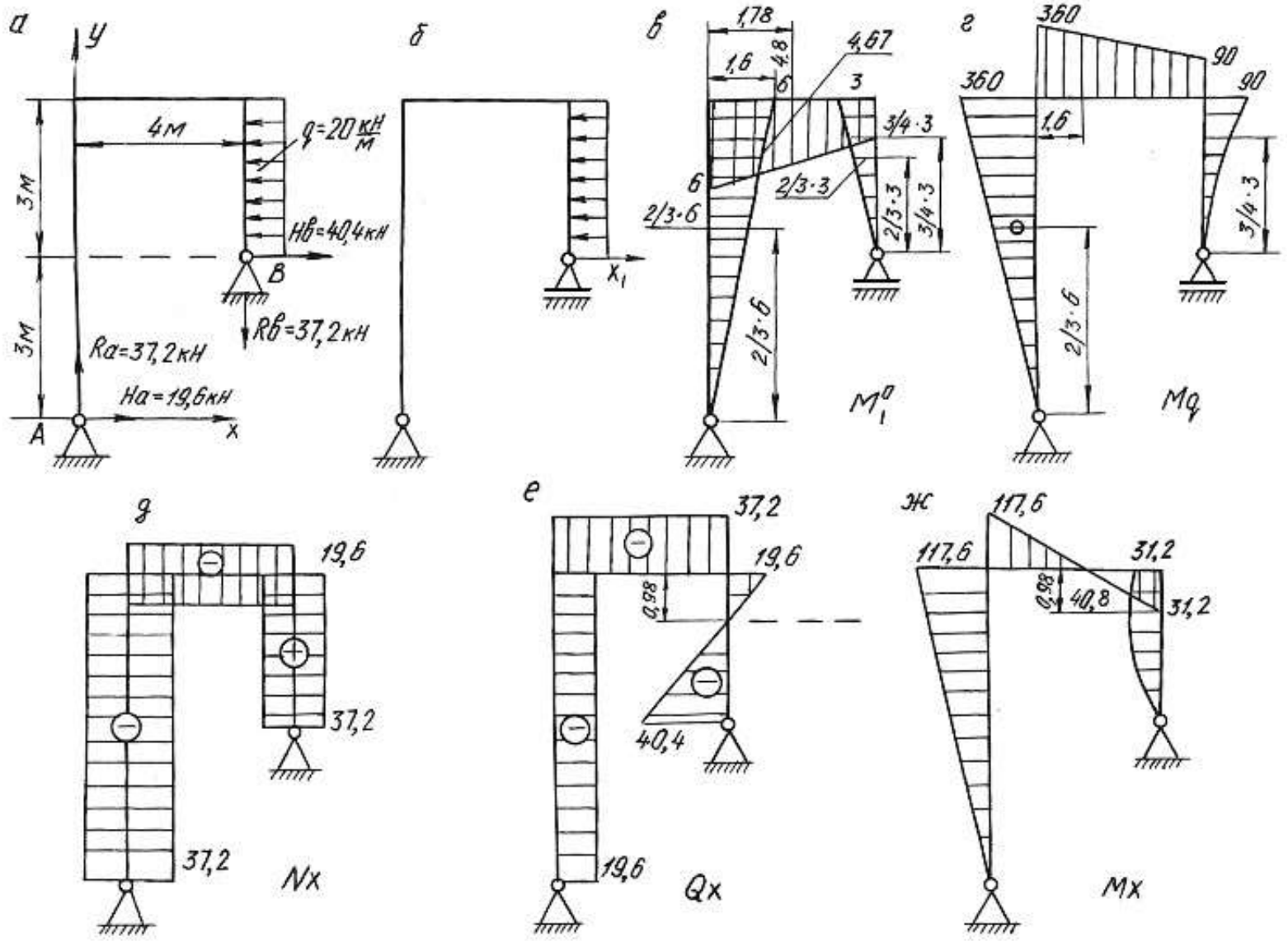

а
y
4м
q=20 кН/м
3м
HB=40,4кН
B
3м
RB=37,2кН
Ra=37,2кН
Ha=19,6кН
A
x
б
x1
в
1,78
1,6
4,8
4,67
6
3
3/4·3
6
2/3·3
2/3·6
2/3·3
3/4·3
2/3·6
M1q
г
360
90
90
360
1,6
3/4·3
2/3·6
Mq
д
19,6
37,2
37,2
Nx
е
37,2
19,6
0,98
40,4
19,6
Qx
ж
117,6
117,6
31,2
0,98
40,8
31,2
Mx

Рис. 5.4.

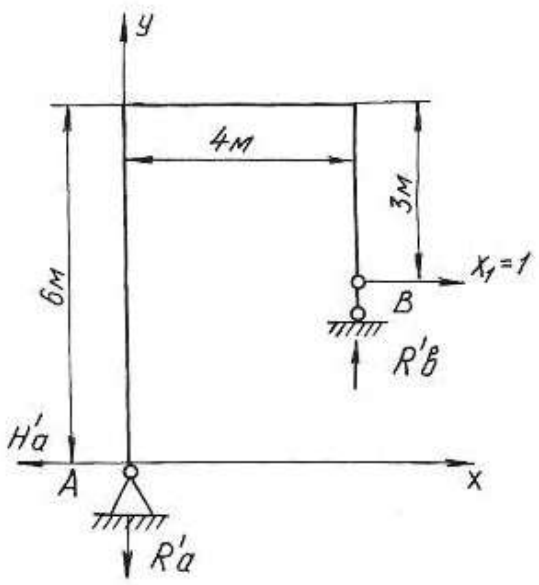


Рис. 5.5.

Строим эпюру изгибающих моментов от действия на основную систему внешней равномерно распределенной нагрузки интенсивностью q (рис. 5.4, *г*). По приведенной выше методике определяем реакции опор, разбиваем раму на участки, определяем значения изгибающих моментов на границах участков и по контрольным правилам строим эпюру изгибающих моментов.

По числу «лишних» неизвестных записываем канонические уравнения метода сил

$$\delta_{11}X_1 + \Delta_{1p} = 0\,.$$

Перемещение δ_{11} определяется перемножением единичной эпюры самой на себя

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ},$$

где ω_1^0 – площадь единичной эпюры; M_{c1}^0 – ордината единичной эпюры под ее центром тяжести.

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}6\cdot 6\right)\left[\frac{2}{3}\cdot 6\right] + \left(\frac{1}{2}3\cdot 3\right)\left[\frac{2}{3}\cdot 3\right] + \left(\frac{(3+6)}{2}4\right)[4{,}67]\right\} = \frac{165{,}06}{EJ}.$$

На участке по ригелю площадь эпюры изгибающих моментов представлена трапецией. Посмотрим подробнее как определить центр тяжести площади, площадь и ординату под ее центром тяжести (рис. 5.6).

$$C=\frac{4\left(2\cdot 3+6\right)}{3\left(3+6\right)}=1,78\text{ м};\quad \omega_0=\frac{1}{2}\left(3+6\right)\cdot 4=18\text{ кН}\cdot\text{м}^2,$$

где ω_0 –площадь трапеции.

$$M_c^0=\left(3+1,67\right)=4,67\text{ кН}\cdot\text{м},$$

где M_c^0 – ордината под центром тяжести трапеции.

Отрезок $1,67$ определяем из подобия треугольников $3:4=x:2,22$.

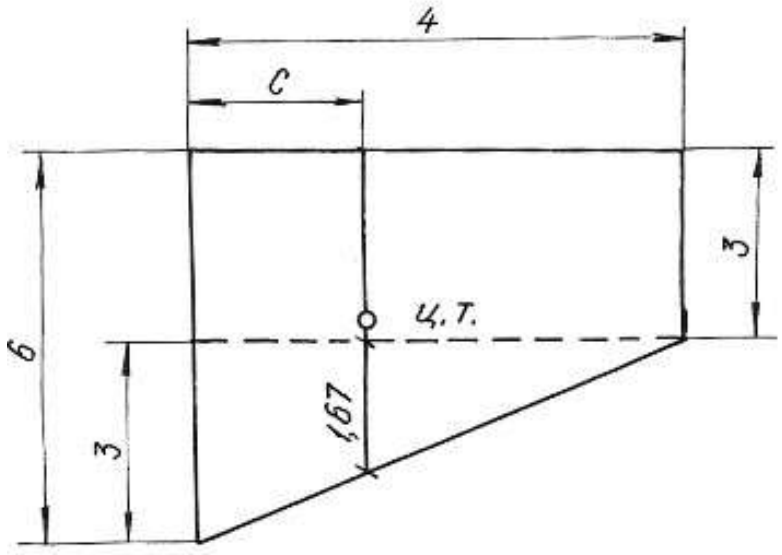


Рис. 5.6.

Перемещение Δ_{1p} получаем перемножением грузовой эпюры M_q на единичную M_1^0

$$\Delta_{1p}=\sum\frac{\omega_p M_{c1}^0}{EJ},$$

где ω_p – площадь грузовой эпюры; M_{c1}^0 – ордината с первой единичной эпюры под центром тяжести грузовой.

$$\Delta_{1p}=\frac{1}{EJ}\left\{-\left(\frac{1}{2}360\cdot 6\right)\left[\frac{2}{3}6\right]-\left(\left(\frac{90+360}{2}\right)\cdot 4\right)[4,8]-\left(\frac{1}{3}90\cdot 3\right)\left[\frac{3}{4}3\right]\right\}=-\frac{6682,5}{EJ}.$$

Полученные значения δ_{11} и Δ_{1p} подставляем в уравнения, определяем X_1:

$$\frac{165{,}06 \cdot X_1}{EJ} - \frac{6682{,}5}{EJ} = 0, \quad X_1 = 40{,}4\,\text{кН}.$$

Зная реакцию $H_b = X_1$, по уравнениям статики определяем R_a, H_a, R_b:

$$\sum X = 0, \qquad H_b + H_a - q \cdot 3 = 0, \qquad H_a = 19{,}6 \text{ кН};$$

$$\sum M_a = 0, \quad H_b \cdot 3 + R_b \cdot 4 - q \cdot 3 \cdot 4{,}5 = 0, \qquad R_b = 37{,}2 \text{ кН};$$

$$\sum M_b = 0, \quad H_a \cdot 6 - R_a \cdot 4 + q \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 0, \qquad R_a = 37{,}2 \text{ кН}.$$

Проверка правильности вычисления реакций:

$$\sum Y = 0, \qquad R_a + R_b = 0.$$

Строим эпюры M_x, Q_x, N_x известным способом. Эпюры приведены на рисунке 5.4, *д*, *е*, *ж*.

Пример 5.3.

Для заданной схемы статически неопределимой рамы (рис. 5.7, *а*)**,** при заданных значениях длин и нагрузок, построить эпюры изгибающих моментов, нормальных и поперечных сил. Подобрать поперечное сечение двутаврового профиля (см. табл. П. 1) при $\sigma_{adm} = 160$ МПа. Жесткости стойки и ригеля одинаковы.

Решение.

Заданная система освобождается от наложенных на нее связей. Действия связей заменяются реакциями. Установим степень статической неопределимости рамы: 3(замкнутый контур) – 1(наличие одного шарнира) = 2, т. е. рама дважды статически неопределима.

За «лишние» неизвестные принимаем $H_b = X_1$, $R_b = X_2$, тем самым выбираем основную систему. Нагружаем основную систему внешними силами (*q*, *M*) и реакциями отброшенных связей (X_1, X_2). Отбрасывая «лишние» связи, следует помнить, что основная система должна быть статически определимой и геометрически неизменяемой.

В местах действия «лишних» неизвестных и по направлению их действия прикладываем единичные силы $X_1 = 1$ и $X_2 = 1$ и строим эпюры изгибающих моментов от этих сил.

Строим эпюры изгибающих моментов от действия на основную систему внешних сил *q* и *M*.

Методика построения эпюр изгибающих моментов от единичных сил и внешних нагрузок, приложенных к основной системе, подробно рассмотрена при решении примера 5.1 и здесь не приводится.

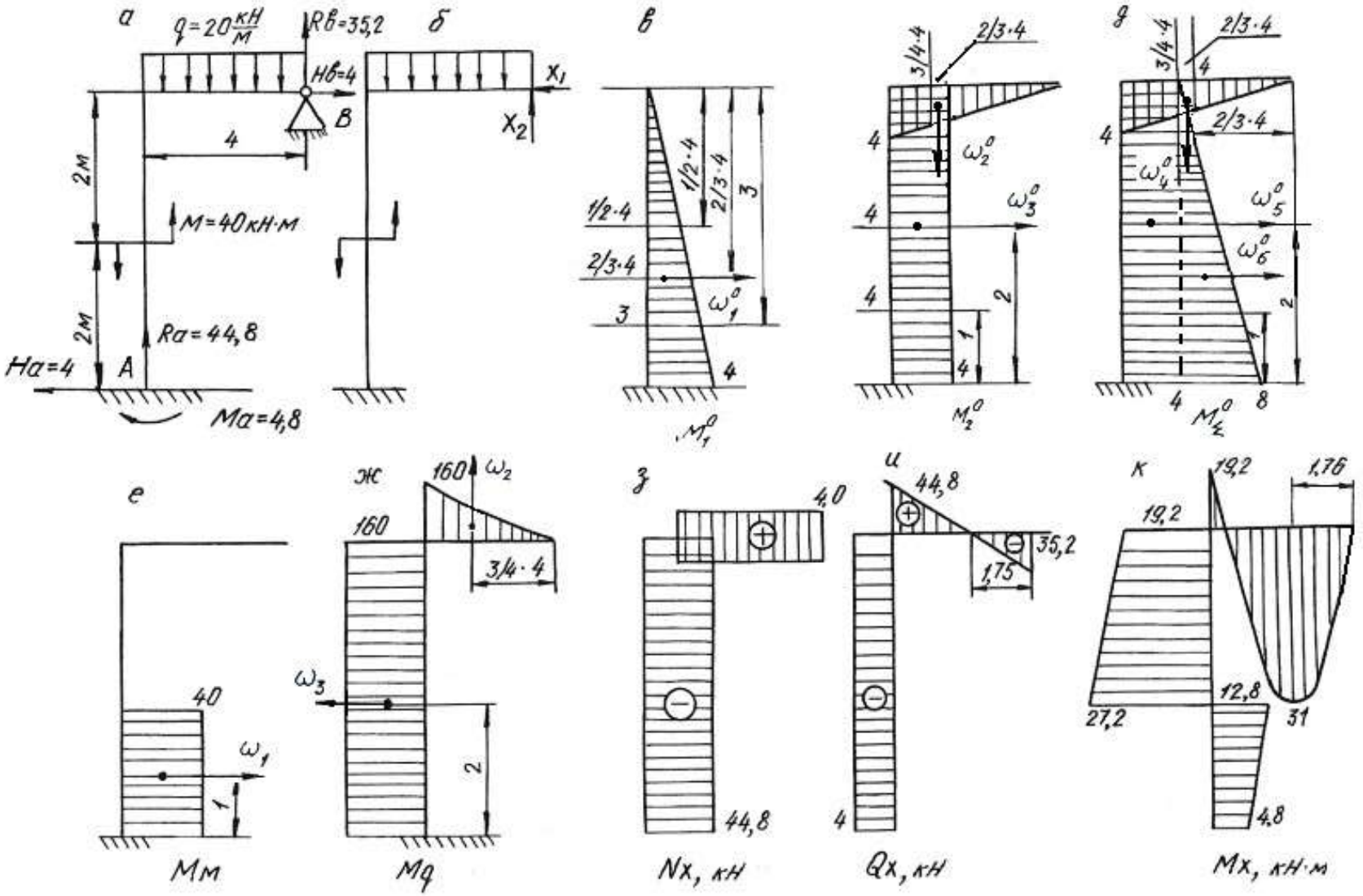

а
q=20 кН/м
RB=35,2
б
HB=4
B
X1
X2
4
2м
M=40кН·м
2м
Ra=44,8
Ha=4
A
Ma=4,8
в
1/2·4
2/3·4
1/2·4
2/3·4
3
3
4
ω1°
M1°
г
3/4·4
2/3·4
4
4
4
4
ω2°
ω3°
2
1
4
M2°
д
3/4·4
2/3·4
4
2/3·4
4
ω4°
ω5°
ω6°
2
1
4
8
M4°
е
40
ω1
1
Мм
ж
160
ω2
160
3/4·4
ω3
2
Mq
з
4,0
44,8
Nx, кН
и
44,8
35,2
1,75
4
Qx, кН
к
19,2
1,76
19,2
12,8
27,2
31
4,8
Mx, кН·м

Рис. 5.7.

Составляем канонические уравнения метода сил:

$$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_{1p} = 0;$$
$$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_{2p} = 0.$$

Вычисляем коэффициенты и свободные члены канонических уравнений:

$$\delta_{11} = \sum \frac{\omega_1^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\left[\frac{2}{3}4\right]\right\} = \frac{21{,}3}{EJ},$$

$$\delta_{22} = \sum \frac{\omega_2^0 M_{c2}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\cdot\left[\frac{2}{3}4\right] + (4\cdot 4)[4]\right\} = \frac{85{,}3}{EJ},$$

$$\delta_{21} = \delta_{12} = \sum \frac{\omega_2^0 M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\{(4\cdot 4)[2]\} = \frac{32}{EJ},$$

$$\Delta_{1p} = \sum \frac{\omega_p M_{c1}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\{(40\cdot 2)[3] - (160\cdot 4)[2]\} = -\frac{1040}{EJ},$$

$$\Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_p \cdot M_{c2}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{(40\cdot 2)[4] - (160\cdot 4)[4] - \left(\frac{1}{3}160\cdot 4\right)\left[\frac{3}{4}4\right]\right\} = -\frac{2880}{EJ}.$$

Проверяем правильность вычисления коэффициентов и свободных членов канонических уравнений. Для этого строим суммарную единичную эпюру M_Σ^0.

Для проверки правильности вычисления коэффициентов канонических уравнений применяем универсальную проверку:

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{21} = \sum \frac{\omega_\Sigma^0 M_{C\Sigma}^0}{EJ};$$

$$\delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{22} + \delta_{21} = \frac{1}{EJ}\left\{\left(\frac{1}{2}(4+8)\cdot 4\right)[6{,}22] + \left(\frac{1}{2}4\cdot 4\right)\left[\frac{2}{3}4\right]\right\} = \frac{170{,}6}{EJ}.$$

Поверяем правильность вычисления грузовых членов

$$\Delta_{1p} + \Delta_{2p} = \sum \frac{\omega_p M_{c\Sigma}^0}{EJ} = \frac{1}{EJ}\left\{(40\cdot 2)[7] - (160\cdot 4)[6] - \left(\frac{1}{3}160\cdot 4\right)\left[\frac{3}{4}4\right]\right\} =$$
$$= -\frac{3920}{EJ}.$$

В обоих случаях получили тождества, значит коэффициенты и свободные члены канонических уравнений определены правильно.

Подставляем вычисленные значения коэффициентов в канонические уравнения, определяем неизвестные X_1 и X_2:

$$\left.\begin{aligned} 21{,}3 \cdot X_1 + 32 \cdot X_2 - 1040 = 0 \\ 32 \cdot X_1 + 85{,}3 \cdot X_2 - 2880 = 0 \end{aligned}\right\}$$

$X_1 = -4$ кН; $X_2 = 35{,}2$ кН.

Сила X_1 получилась со знаком «минус», это говорит о том, что направление реакции будет противоположно единичной силе.

Зная реакции H_b и R_b, по уравнениям статики определяем остальные реакции

$$\begin{aligned} &\sum X = 0, \quad H_b - H_a = 0, && H_a = 4 \text{ кН;} \\ &\sum M_a = 0, \quad M - M_a - q \cdot 4 \cdot 2 + R_b \cdot 4 - H_b \cdot 4 = 0, && M_a = 4{,}8 \text{ кН·м;} \\ &\sum M_в = 0, \quad M - M_a - H_a \cdot 4 - R_a \cdot 4 + q \cdot 4 \cdot 2 = 0, && R_a = 44{,}8 \text{ кН·м.} \end{aligned}$$

Проверка:

$$\sum Y = 0, \quad R_a + R_b - q \cdot 4 = 0, \quad 35{,}2 + 44{,}8 - 80 = 0.$$

Строим эпюры изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил по контрольным правилам. Эпюры приведены на рис. 5.7.

Выявляем опасное сечение рамы, где одновременно M_x и N_x имеют большие значения. Это сечение левой стойки, где $N_X = -44{,}8$ кН, $M_X = 27{,}2$ кН·м.

Условие прочности

$$\sigma_{\max} = \pm\frac{N_x}{A} \pm \frac{M_x}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

Выбираем сечение по моменту M_x

$$\frac{M_x}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}} = 160 \text{ МПа.} \quad W_z \ge \frac{27{,}2 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 1{,}7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 170 \text{ см}^3.$$

По сортаменту проката выбираем двутавр № 20, $W_z = W_x^{\text{табл.}} = 184$ см^3, $A_{\text{табл.}} = 26{,}8$ см^2.

Производим проверку с учетом силы N_x:

$$\sigma_{\max} = -\frac{44{,}8 \cdot 10^3}{26{,}8 \cdot 10^{-4}} - \frac{27{,}2 \cdot 10^3}{184 \cdot 10^{-6}} = -1{,}67 \cdot 10^7 - 0{,}148 \cdot 10^9 \text{ Па} = 164{,}7 \text{ МПа},$$

$\sigma_{\max} = 164{,}7$ МПа> $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

Отклонение (перегруз) $\delta = \dfrac{164{,}7 - 160}{160} \cdot 100 = 2{,}93\,\% < 5\,\%$, что допустимо.

5.4. Задания для расчета плоских рам

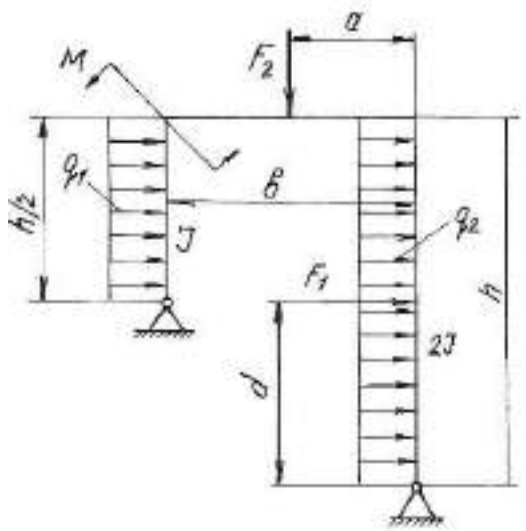
Для расчетной схемы статически неопределимой рамы при заданных значениях длин и нагрузок, определяемых в соответствии с указанным номером варианта, требуется:

1. Определить степень статической неопределимости рамы. Выбрать основную систему.
2. Составить канонические уравнения метода сил.
3. Вычислить коэффициенты при неизвестных и свободные члены канонических уравнений. Проверить правильность их вычисления.
4. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.
5. Подобрать поперечное сечение элементов рамы в виде двутавра (см. табл. П. 1) при $\sigma_{\text{adm}} = 160$ МПа.

Данные для расчета взять из табл. 5.3.

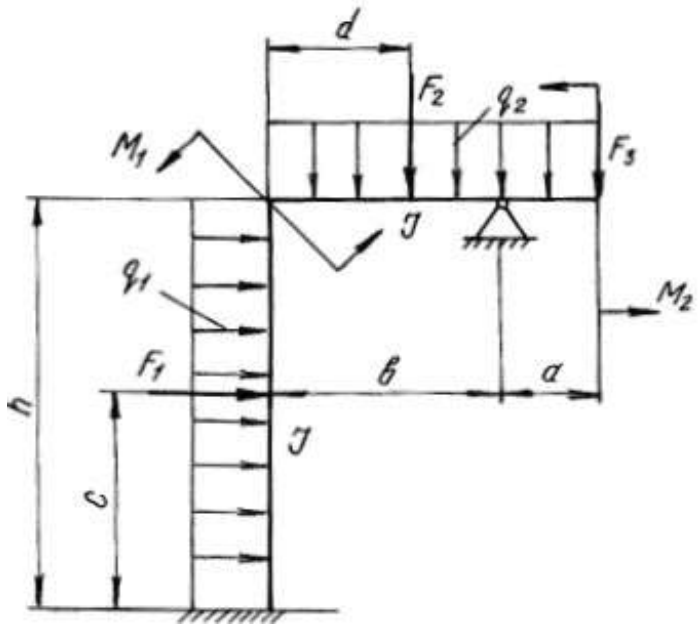
Таблица 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	M, кН·м
1	10	5	–	–	20	–	–	–	80
2	9	5	–	–	–	15	–	–	10
3	9	6	–	–	–	–	–	–	60
4	9	4	–	5	15	–	40	–	–
5	10	4	2	–	–	20	–	30	–
6	8	5	3	–	–	–	–	60	–
7	8	6	–	–	–	–	–	–	10
8	8	5	–	5	–	–	40	–	–
9	9	6	3	–	–	–	–	50	80
10	9	6	5	–	–	–	40	–	–



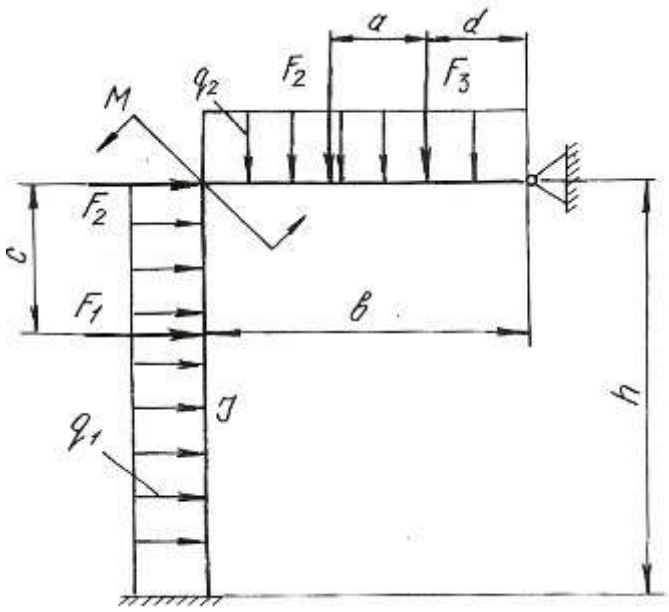
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M_1, кН·м	M_2, кН·м
11	10	5	0,5	6	–	20	–	40	–	–	–	–
12	11	6	0,4	6	–	–	20	40	–	–	–	–
13	11	5	0,3	4	–	–	–	30	–	–	–	10
14	9	4	0,6	–	–	–	25	–	–	–	–	12
15	9	5	0,4	–	4	30	–	–	60	–	–	–
16	8	4	0,3	–	3	–	–	–	30	20	–	–
17	8	4	0,3	–	–	–	–	–	–	30	10	–
18	6	3	0,2	–	–	25	–	–	–	–	15	80
19	7	4	0,6	–	3	–	–	–	30	20	12	–
20	10	6	0,6	–	–	–	30	–	–	–	10	–



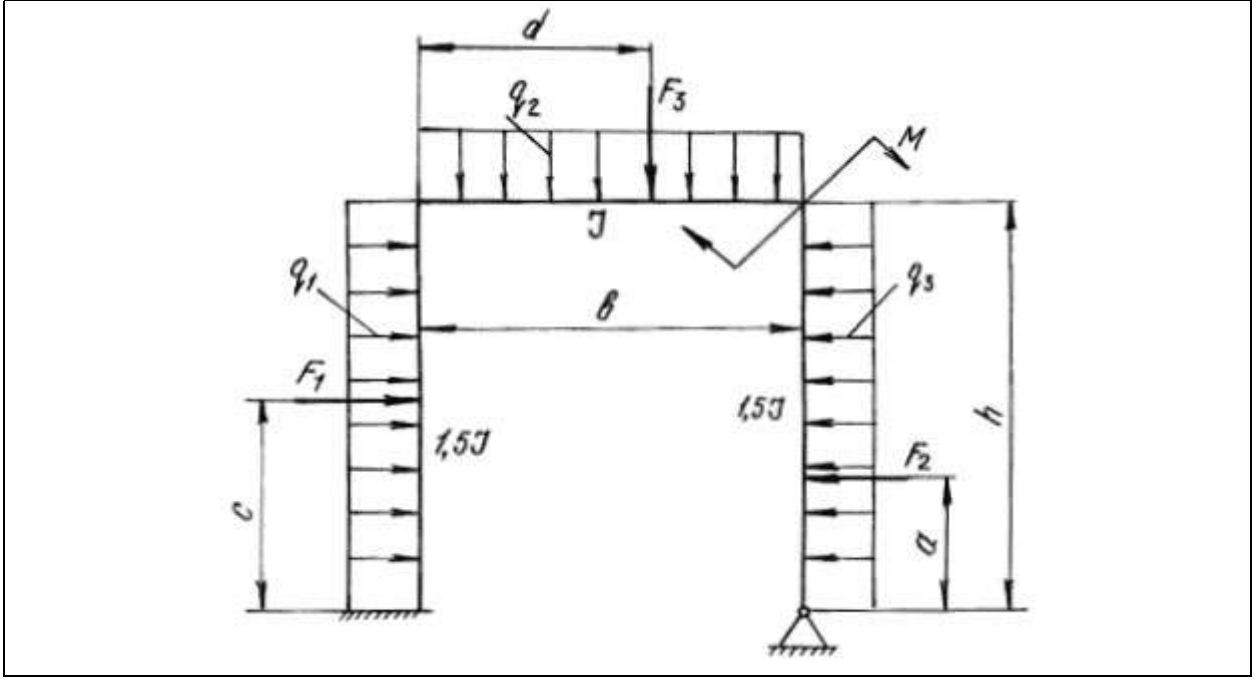
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M_1, кНм	M_2, кН·м
21	10	8	–	–	–	20	–	–	–	–	–	20
22	10	7	2	–	2	30	–	–	–	–	20	–
23	10	6	–	2	–	–	–	–	30	20	–	–
24	8	6	–	–	–	20	30	–	–	–	–	–
25	8	6	–	3	–	–	20	–	20	–	–	–
26	9	5	–	–	–	–	20	–	–	–	–	15
27	9	6	2	–	1	–	–	–	–	40	20	–
28	7	5	2	–	1	–	–	–	–	–	30	–
29	8	4	2	–	1	–	–	–	–	–	20	20
30	8	6	–	–	–	–	–	–	50	20	–	10



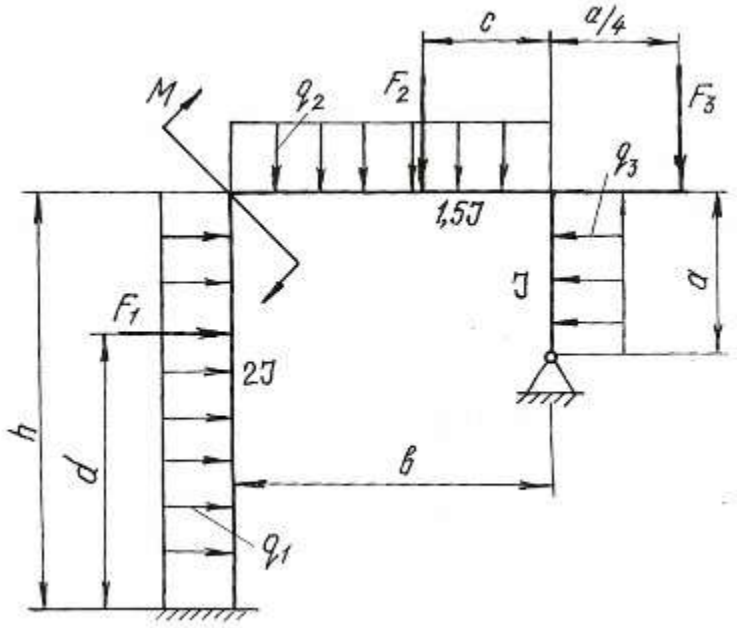
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M, кН·м
31	10	4	0,5	–	–	12	–	–	–	–	–	10
32	9	5	0,4	–	–	–	20	–	–	–	–	15
33	8	4	0,3	–	–	–	–	20	–	30	–	–
34	8	6	0,3	–	4	20	–	–	–	–	40	–
35	8	4	0,4	–	–	–	20	–	–	30	–	–
36	6	5	0,3	5	–	–	–	20	60	–	–	–
37	10	5	0,4	–	4	–	–	–	–	40	50	–
38	8	4	0,3	–	–	–	–	–	–	30	–	12
39	12	6	0,5	–	4	–	–	–	–	–	40	15
40	12	6	0,6	3	–	–	–	25	10	–	–	–



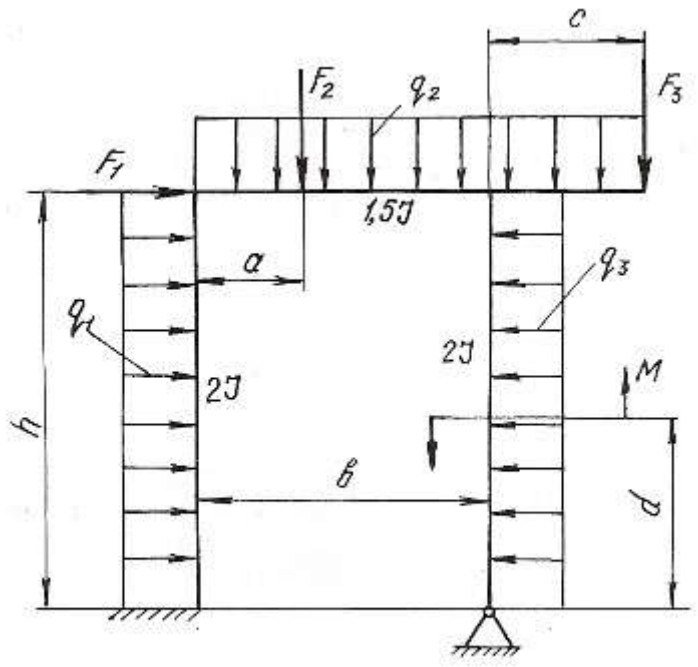
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	*h*, м	*b*, м	*a*, м	*c*, м	*d*, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	*M*, кН·м
41	10	5	4	–	–	20	–	–	–	–	–	50
42	9	6	4	–	–	–	15	–	–	–	–	10
43	8	6	5	–	–	–	–	20	–	–	30	–
44	8	5	6	–	2	15	–	–	30	–	–	–
45	8	4	5	2	–	–	20	–	–	40	–	–
46	9	6	3	–	5	–	–	15	40	–	–	–
47	9	8	4	2	–	–	–	–	–	10	–	60
48	9	6	6	–	–	–	–	–	–	–	40	10
49	10	8	5	3	–	–	–	–	–	20	40	–
50	10	6	4	1	4	–	–	–	10	25	–	–



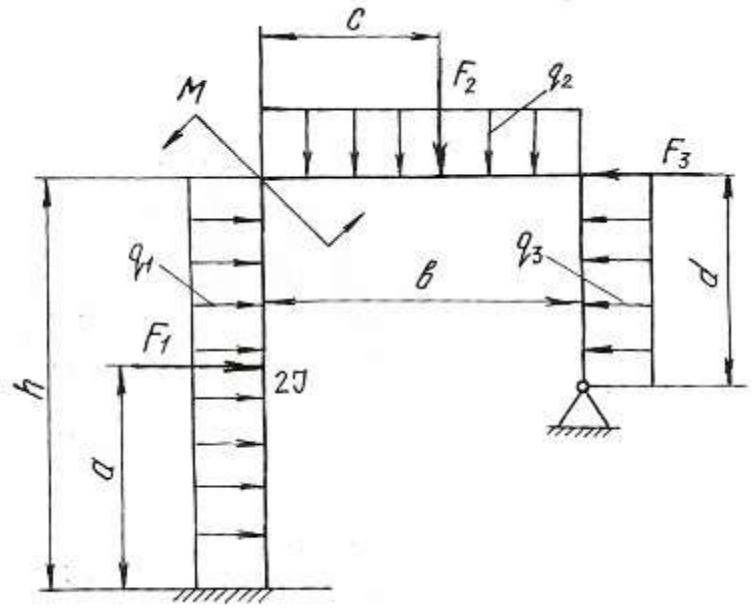
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M, кН·м
51	8	4	0,6	0,5	5	20	–	–	–	–	–	50
52	10	5	0,5	0,6	–	–	20	–	20	30	–	–
53	8	4	0,4	0,4	–	–	–	25	–	20	–	–
54	6	4	0,3	0,4	4	–	–	–	–	–	30	14
55	12	6	0,6	0,5	–	–	–	–	40	20	–	–
56	10	4	0,4	0,3	2	15	–	–	–	–	–	10
57	8	5	0,3	0,3	2	–	15	–	–	–	–	12
58	8	5	0,4	0,4	–	–	–	20	30	–	–	–
59	9	5	0,5	0,6	–	–	–	–	–	30	40	–
60	9	4	0,6	0,5	–	–	30	–	–	20	–	–



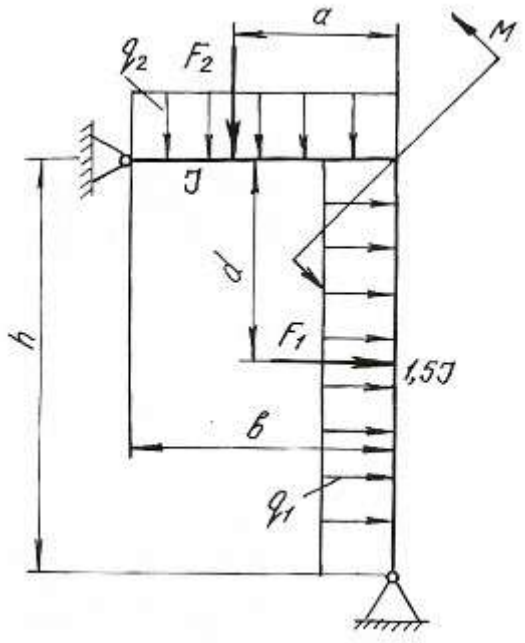
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M, кН·м
61	8	4	4	–	4	20	–	–	50	–	–	–
62	10	5	–	2,5	5	–	20	–	–	30	–	–
63	6	3	–	–	3	–	–	20	–	–	30	–
64	12	6	5	–	6	–	–	20	50	–	–	–
65	10	4	–	–	5	–	20	–	–	–	–	80
66	8	4	–	–	5	15	–	–	–	–	20	–
67	8	5	–	2	5	20	–	–	–	40	–	–
68	8	4	–	–	4	–	–	–	–	–	80	40
69	9	4	–	3	5	–	–	–	–	60	–	40
70	10	5	8	–	5	–	15	–	60	–	–	–



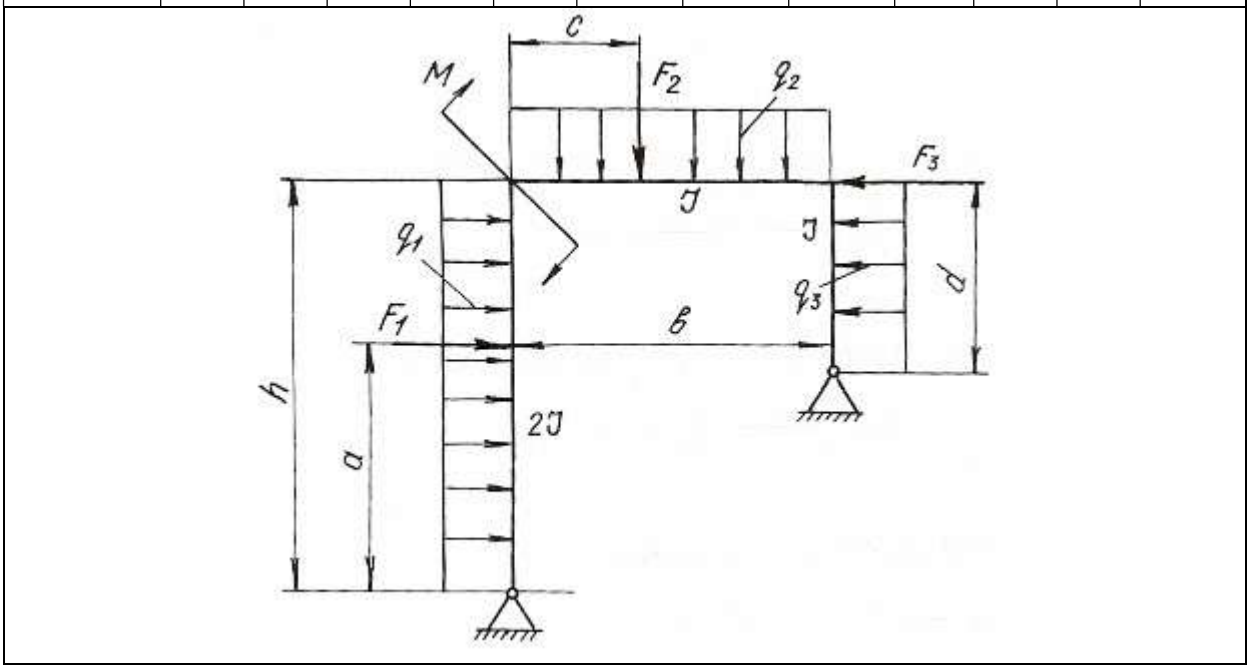
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	M, кН·м
71	10	5	2,5	–	20	–	–	80	–
72	10	6	–	–	–	15	–	–	–
73	10	4	2	–	–	–	–	–	–
74	10	5	–	–	15	–	–	80	–
75	9	5	–	–	–	20	–	–	–
76	9	6	–	–	–	–	–	–	60
77	9	4	2	–	–	–	–	10	–
78	8	6	3	–	–	–	–	80	10
79	8	6	3	4	–	–	40	60	–
80	8	5	–	4	–	–	30	–	–



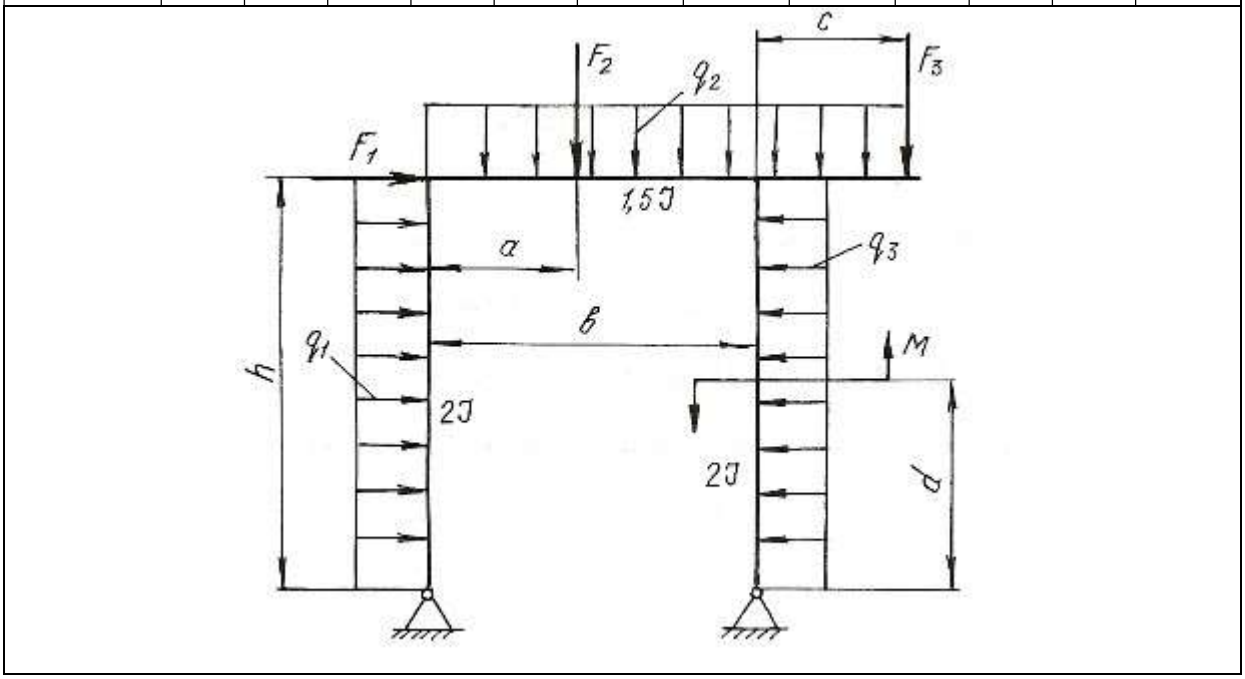
Продолжение табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M, кН·м
81	8	4	4	–	4	20	–	–	50	–	–	–
82	10	5	–	2,5	5	–	20	–	–	30	–	–
83	8	4	–	–	3	–	–	20	–	–	30	–
84	6	4	5	–	6	–	–	20	50	–	–	–
85	12	6	–	–	5	–	20	–	–	–	–	80
86	10	4	–	–	5	15	–	–	–	–	20	–
87	8	5	–	2	5	20	–	–	–	40	–	–
88	8	5	–	–	4	–	–	–	–	–	80	40
89	9	5	–	3	5	–	–	–	–	60	–	40
90	9	4	8	–	5	–	15	–	60	–	–	–



Окончание табл. 5.3

Номер варианта	h, м	b, м	a, м	c, м	d, м	q_1, кН/м	q_2, кН/м	q_3, кН/м	F_1, кН	F_2, кН	F_3, кН	M, кН·м
91	8	4	0,6	0,5	5	20	–	–	–	–	–	50
92	10	5	0,5	0,6	–	–	20	–	20	30	–	–
93	8	4	0,4	0,4	–	–	–	25	–	20	–	–
94	6	4	0,3	0,4	4	–	–	–	–	–	30	14
95	12	6	0,6	0,5	–	–	–	–	40	20	–	–
96	10	4	0,4	0,3	2	15	–	–	–	–	–	10
97	8	5	0,3	0,3	2	–	15	–	–	–	–	12
98	8	5	0,4	0,4	–	–	–	20	30	–	–	–
99	9	5	0,5	0,6	–	–	–	–	–	30	40	–
100	9	4	0,6	0,5	–	–	30	–	–	20	–	–



Глава 6
ВИДЫ СЛОЖНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сочетание простейших видов деформаций называется сложным сопротивлением. При расчете элементов конструкций, испытывающих сложные сопротивления, используют принцип независимости действия сил, т. е. определяют деформации и напряжения для каждого простейшего вида сопротивления, а затем результаты суммируют алгебраически, геометрически или согласно одной из теорий прочности. При этом задача сводится к определению опасного сечения по длине бруса и опасной точки в этом сечении.

В данной главе приведены методики решения задач на косой изгиб, внецентренное растяжение или сжатие, совместное действие изгиба с кручением.

6.1. Косой изгиб

Косой изгиб – вид сложного сопротивления, который возникает при действии внешних нагрузок, перпендикулярных продольной оси бруса, но расположенных вне главных плоскостей инерции. Поэтому косой изгиб можно рассматривать как сочетание двух плоских изгибов во взаимно перпендикулярных плоскостях, разложив все силы по направлению главных центральных осей инерции поперечных сечений.

При косом изгибе балки нормальные напряжения в произвольной точке поперечного сечения с координатами y и z определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M^{в}}{J_z} y + \frac{M^{г}}{J_y} z, \tag{6.1}$$

где J_z и J_y – главные центральные моменты инерции поперечного сечения балки относительно осей z и y; $M^{в}$ и $M^{г}$ – изгибающие моменты в поперечном сечении в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Положение нейтральной оси поперечного сечения определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{M^{г}}{M^{в}} \cdot \frac{J_z}{J_y}, \tag{6.2}$$

где α - угол наклона нейтральной оси к горизонтальной главной центральной оси инерции.

Максимальные и минимальные нормальные напряжения возникают в точках, наиболее удаленных от обеих главных центральных осей инерции и для симметричных сечений определяются по формуле:

$$\sigma_{max} = \pm\frac{M^{г}}{W_y} \pm \frac{M^{в}}{W_z}, \qquad (6.3)$$

где W_z и W_y – моменты сопротивления поперечного сечения изгибу относительно осей z и y.

Если внешние нагрузки лежат в одной плоскости, то положение нейтральной оси определяется по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}\varphi \cdot \frac{J_z}{J_y}, \qquad (6.4)$$

где φ – угол между силовой плоскостью, в которой действуют внешние нагрузки, и главной вертикальной осью инерции поперечного сечения балки.

Напряжения в этом случае определяются по формуле:

$$\sigma_{max/min} = \pm M\left(\frac{\cos\varphi}{W_z} \pm \frac{\sin\varphi}{W_y}\right), \qquad (6.5)$$

где M – результирующий момент, действующий в силовой плоскости.

Прогиб f и угол поворота θ сечения балки при косом изгибе определяются как геометрические суммы прогибов и углов поворота от составляющих изгибающего момента, действующих в главных плоскостях инерции балки

$$f = \sqrt{f_z^2 + f_y^2} \text{ и } \theta = \sqrt{\theta_z^2 + \theta_y^2}, \qquad (6.6)$$

где f_z и f_y – прогибы в направлении осей z и y; θ_z и θ_y – углы поворота сечения вокруг осей z и y.

Пример 6.1.

Для балки (рис. 6.1) построить эпюры нормальных напряжений по сторонам поперечного сечения (см. табл. П. 1) в защемлении, определить наибольшее нормальное напряжение и полный прогиб свободного конца балки при $F = 2$ кН, $\varphi = 15^{o}$.

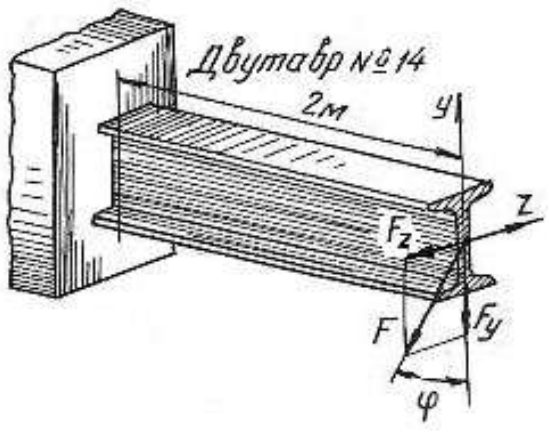


Рис. 6.1.

Решение.

Раскладываем силу F на ее составляющие, действующие в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$F_y = F \cdot \cos 15^\circ = 2000 \cdot 0,96 = 1920 \text{ Н};$$

$$F_z = F \cdot \sin 15^\circ = 2000 \cdot 0,26 = 520 \text{ Н}.$$

Максимальные изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях будут в защемленном сечении балки:

$$M^{\text{в}}_{\max} = F_y l = 1920 \cdot 2 = 3840 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M^{\text{г}}_{\max} = F_z l = 520 \cdot 2 = 1040 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

По ГОСТ 8239-89 (см. табл. П. 1)для заданного профиля находим моменты инерции и моменты сопротивления сечения:

$$J_z = 572 \text{ см}^4; \quad J_y = 41,9 \text{ см}^4; \quad W_z = 81,7 \text{ см}^3; \quad W_y = 11,5 \text{ см}^3,$$

что при переводе в единицы СИ соответствует:

$$J_z = 572 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4; \; J_y = 41,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4; \; W_z = 81,7 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3; \; W_y = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в вертикальной плоскости:

$$\sigma^{\text{в}}_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} = \frac{3840}{81,7 \cdot 10^{-6}} = 47 \cdot 10^6 \text{ Па} = 47 \text{ МПа},$$

а наибольшие нормальные напряжения от изгиба в горизонтальной плоскости:

$$\sigma^{\text{г}}_{\max} = \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} = \frac{1040}{11,5 \cdot 10^{-6}} = 90,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 90,4 \text{ МПа}.$$

Эпюры нормальных напряжений даны на рис. 6.2. Таким образом, наибольшие нормальные напряжение будут в крайних угловых точка поперечного сечения. Как видно по эпюрам нормальных напряжений

$$\sigma_{\max} = 47 + 90,4 = 137,4 \text{ МПа}; \qquad \sigma_{\min} = -47 - 90,4 = -137,4 \text{ МПа}.$$

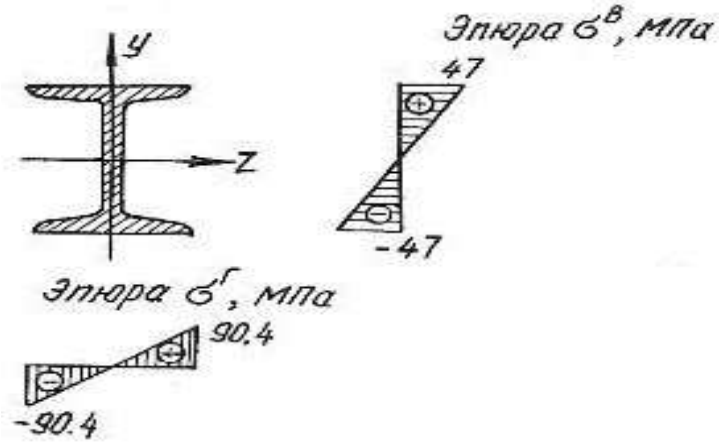


Рис. 6.2.

Прогиб свободного конца балки в вертикальной плоскости [10]

$$f_y = \frac{F_y l^3}{3EJ_z} = \frac{1920 \cdot 2^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 572 \cdot 10^{-8}} = 4{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad \text{или} \quad f_y = 4{,}5 \text{ мм},$$

а величина прогиба в горизонтальной плоскости

$$f_z = \frac{F_z l^3}{3EJ_y} = \frac{520 \cdot 2^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 41{,}9 \cdot 10^{-8}} = 16{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad \text{или} \quad f_z = 16{,}5 \text{ мм}.$$

Полный прогиб свободного конца балки

$$f = \sqrt{f_y^2 + f_z^2} = \sqrt{4{,}5^2 + 16{,}5^2} = 17{,}1 \text{ мм}.$$

Пример 6.2.

Для бруса прямоугольного поперечного сечения (рис. 6.3) требуется:

1. Построить эпюры изгибающих моментов в главных плоскостях; определить из расчета на прочность размеры поперечного сечения, принимая σ_{adm}=160 МПа и отношение сторон $\frac{h}{b} = 2$;

2. Для опасного поперечного сечения построить эпюры нормальных напряжений от каждого из изгибающих моментов и суммарную эпюру нормальных напряжений.

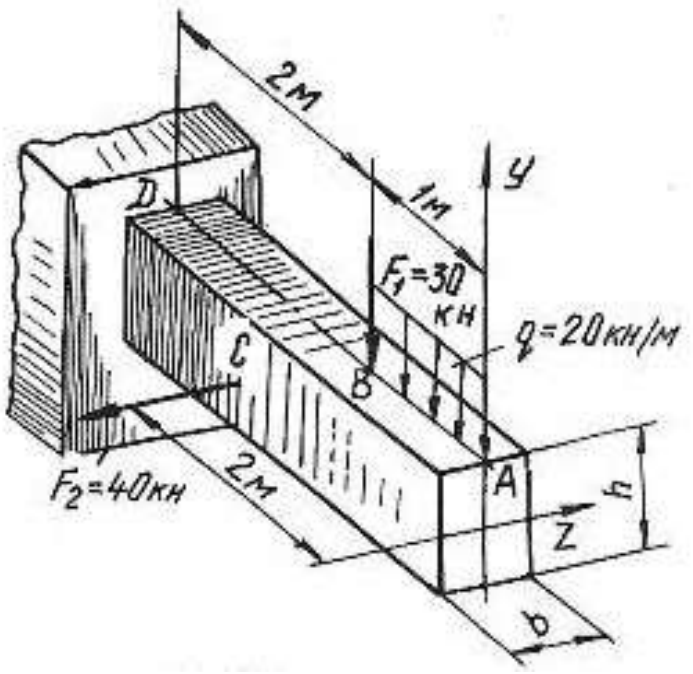


Рис. 6.3.

Решение.

Согласно принципу независимости действия сил рассмотрим отдельно действие сил, вызывающих изгиб в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Изгиб в вертикальной плоскости вызывается действием силы F_1 и равномерно распределенной нагрузкой. Определим величину изгибающих моментов в характерных точках:

$$M_A^{\text{в}} = 0;$$

$$M_B^{\text{в}} = -q \cdot 1 \cdot 0{,}5 = -20 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0{,}5 = -10 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = -10 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_D^{\text{в}} = -q \cdot 1 \cdot 2{,}5 - F_1 \cdot 2 = -20 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 2{,}5 - 30 \cdot 10^3 \cdot 2 = -110 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = -110 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Изгиб в горизонтальной плоскости вызывается силой F_2. Определим величину изгибающих моментов в характерных точках:

$$M_A^{\text{г}} = 0; \quad M_B^{\text{г}} = 0; \quad M_C^{\text{г}} = 0;$$

$$M_D^{\text{г}} = F_2 \cdot 1 = 40 \cdot 10^3 \cdot 1 = 40 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м} = 40 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Эпюры изгибающих моментов показаны на рис. 6.4, *а.* Максимальные изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях будут в сечении D:

$$M_{\max}^{\text{в}} = M_D^{\text{в}} = 110 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_{\max}^{\text{г}} = M_D^{\text{г}} = 40 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

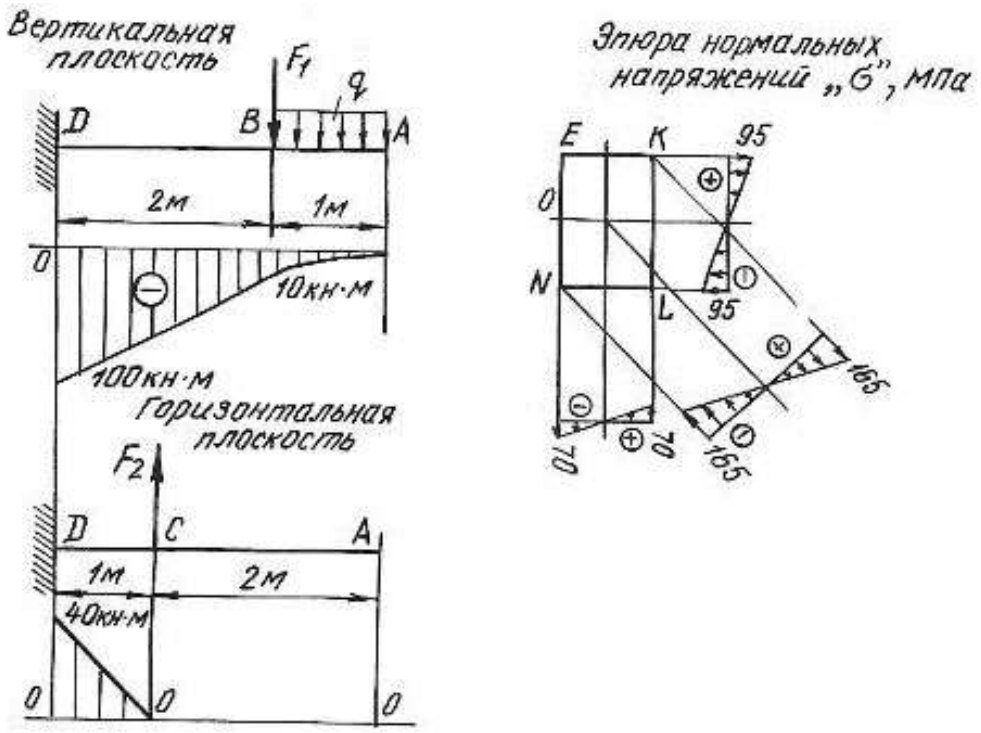


Рис. 6.4.

Опасное сечение балки будет в защемлении. Запишем условие прочности для опасного сечения

$$\sigma_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} + \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

Для бруса прямоугольного сечения моменты сопротивления равны:

$$W_z = \frac{bh^2}{6} \quad \text{и} \quad W_y = \frac{b^2 h}{6};$$

при $h = 2 \cdot b$ получим

$$W_z = \frac{b(2 \cdot b)^2}{6} = \frac{2b^3}{3} \quad \text{и} \quad W_y = \frac{b^2 \cdot 2 \cdot b}{6} = \frac{b^3}{3}.$$

Подставляя значение величин в условие прочности, получим

$$\sigma_{\max} = \frac{110 \cdot 10^3}{\frac{2}{3} \cdot b^3} + \frac{40 \cdot 10^3}{\frac{1}{3} \cdot b^3} \le 160 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Решая уравнение относительно b, получим $b = 0{,}12$ м $= 120$ мм и $h = 2b = 240$ мм. Для построения эпюр нормальных напряжений определяем наибольшие напряжения, для чего вычислим моменты сопротивления сечения:

$$W_z = \frac{bh^2}{6} = \frac{12 \cdot 10^{-2} \cdot (24 \cdot 10^{-2})^2}{6} = 1152 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3;$$

$$W_y = \frac{b^2 h}{6} = \frac{(12 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 24 \cdot 10^{-2}}{6} = 576 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в вертикальной плоскости:

$$\sigma^{\text{в}}_{\max} = \frac{M^{\text{в}}_{\max}}{W_z} = \frac{110 \cdot 10^3}{1152 \cdot 10^{-6}} = 95 \cdot 10^6 \text{ Па} = 95 \text{ МПа}.$$

Наибольшие нормальные напряжения от изгиба в горизонтальной плоскости:

$$\sigma^{\text{г}}_{\max} = \frac{M^{\text{г}}_{\max}}{W_y} = \frac{40 \cdot 10^3}{576 \cdot 10^{-6}} = 70 \cdot 10^6 \text{ Па} = 70 \text{ МПа}.$$

Наибольшие нормальные напряжения будут в точках *K* и *N*:

$$\sigma_K = 95 + 70 = 165 \text{ МПа};$$
$$\sigma_N = -95 - 70 = -165 \text{ МПа}.$$

Эпюры нормальных напряжений показаны на рис. 6.4, *б*

6.2. Задания для расчета на косой изгиб

Для расчетной схемы балки при заданных значениях геометрических размеров и нагрузок необходимо:

1) определить положение нейтральной оси;

2) вычислить наибольшие и наименьшие напряжения в опасном сечении балки;

3) построить эпюры напряжений;

4) найти прогиб балки в середине пролета или на свободном конце консольной балки.

Данные для расчета взять из таблиц 6.1, 6.2, 6.3 и табл. П. 1.

Таблица 6.1

Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет *l*, м	Размеры сечения, см	Угол φ,град	Нагрузка		
						F, кН	*M*, кН·м	*q*, кН/м
1	А	дерево	1,5	*b*×*h*=12×20	60	–	4	–
	Б	Ст 3	1,4	двутавр № 24	30	–	3	–
	В	Ст 3	1,3	швеллер № 24	45	–	5	–
	Г	Ст 3	1,6	2 швеллера № 8	60	–	6	–
	Д	Ст 3	1,7	2 швеллера № 10	30	–	7	–
	Е	Ст 3	1,8	2 двутавра № 10	60	–	8	–
2	А	дерево	1,2	*b*×*h*=15×25	45	3	–	–
	Б	Ст 3	1,4	двутавр № 22	30	2	–	–
	В	Ст 3	1,5	швеллер № 27	60	4	–	–
	Г	Ст 3	1,6	2 швеллера № 18	30	8	–	–
	Д	Ст 3	1,8	2 швеллера № 20	60	10	–	–
	Е	Ст 3	1,7	2 двутавра № 12	45	9	–	–
3	А	дерево	1,2	*b*×*h*=14×28	30	–	–	4
	Б	Ст 3	1,3	двутавр № 24	60	–	–	3
	В	Ст 3	1,5	швеллер № 27	45	–	–	2
	Г	Ст 3	1,4	2 швеллера № 16	20	–	–	6
	Д	Ст 3	1,7	2 швеллера № 14	30	–	–	5
	Е	Ст 3	1,6	2 двутавра № 14	40	–	–	7

Продолжение табл. 6.1

Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет l,м	Размеры сечения, см	Угол φ, град	Нагрузка		
						F, кН	M, кН·м	q, кН/м
4	А	дерево	2,5	$b \times h$=12×30	30	–	6	–
	Б	Ст 3	4	двутавр № 55	40	–	5	–
	В	Ст 3	5	швеллер № 30	50	–	7	–
	Г	Ст 3	6	2 швеллера № 10	60	–	8	–
	Д	Ст 3	4	2 швеллера № 12	30	–	9	–
	Е	Ст 3	6	2 двутавра № 14	40	–	10	–
5	А	дерево	3	$b \times h$=18×30	40	6	–	–
	Б	Ст 3	4	двутавр № 36	60	2,5	–	–
	В	Ст 3	5	швеллер № 24	30	3	–	–
	Г	Ст 3	6	2 швеллера № 10	20	4	–	–
	Д	Ст 3	5,5	2 швеллера № 12	40	3	–	–
	Е	Ст 3	4,5	2 двутавра № 14	50	5	–	–
6	А	дерево	4	$b \times h$=16×28	60	–	–	2
	Б	Ст 3	6	двутавр № 20	50	–	–	4
	В	Ст 3	3	швеллер № 16	30	–	–	3
	Г	Ст 3	4	2 швеллера № 14	40	–	–	5
	Д	Ст 3	5	2 швеллера № 16	45	–	–	6
	Е	Ст 3	5,5	2 двутавра № 18	20	–	–	7
7	А	дерево	2	$b \times h$=16×24	–	1	–	–
	Б	Ст 3	2,5	двутавр № 28	–	3	–	–
	В	Ст 3	2,4	швеллер № 16	–	4	–	–
	Г	Ст 3	2,6	2 швеллера № 14	–	6	–	–
	Д	Ст 3	2,3	2 швеллера № 16	–	8	–	–
	Е	Ст 3	2,7	2 двутавра № 20	–	10	–	–
8	А	дерево	1,5	$b \times h$=15×25	–	2	3	–
	Б	Ст 3	1,8	двутавр № 18	–	3	4	–
	В	Ст 3	1,6	швеллер № 24	–	5	3	–
	Г	Ст 3	1,7	2 швеллера № 12	–	6	6	–
	Д	Ст 3	1,9	2 швеллера № 14	–	7	7	–
	Е	Ст 3	2	2 двутавра № 16	–	8	5	–

Продолжение табл. 6.1

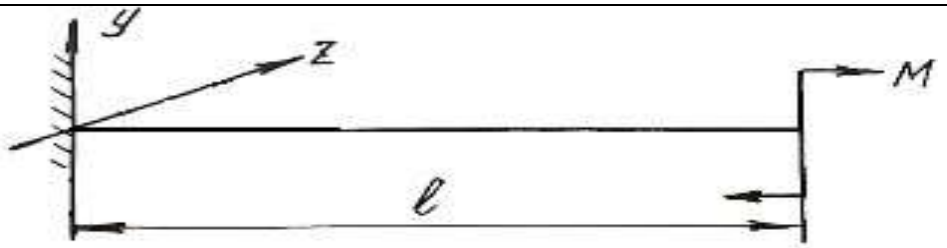
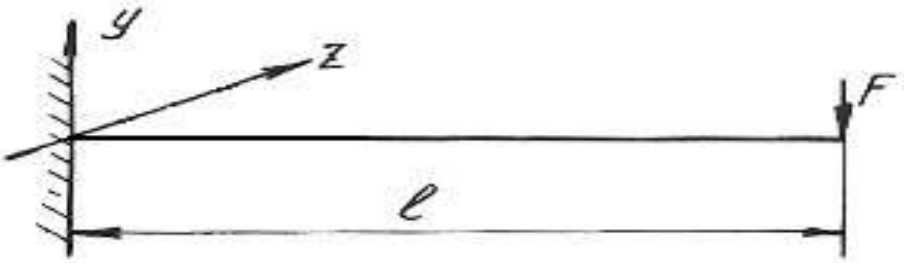
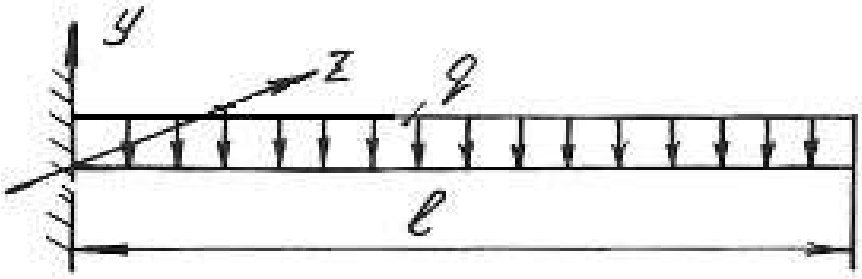
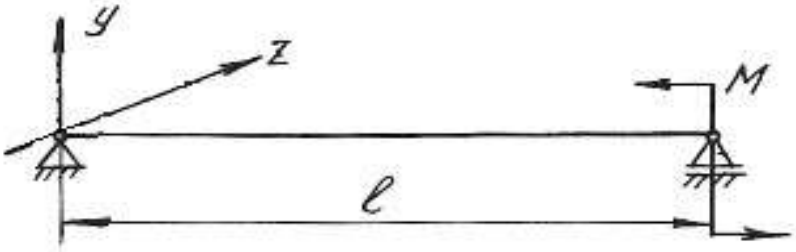
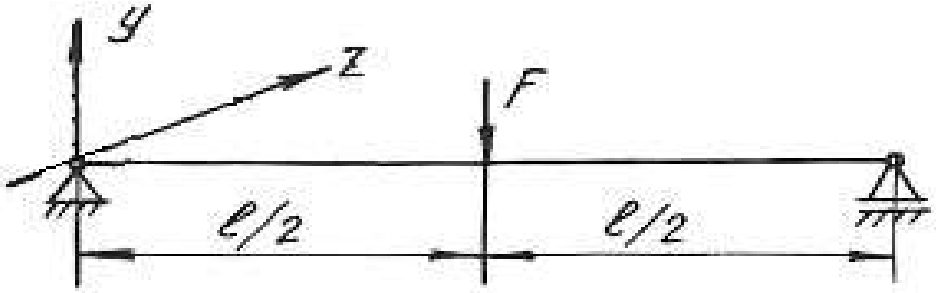
Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет l, м	Размеры сечения,см	Угол φ, град	Нагрузка		
						F, кН	M, кН·м	q, кН/м
9	А	дерево	2,5	$b \times h$=17×27	–	4	–	30
	Б	Ст 3	4	двутавр № 30	–	6	–	20
	В	Ст 3	3	швеллер № 27	–	5	–	40
	Г	Ст 3	5	2 швеллера № 14	–	7	–	50
	Д	Ст 3	6	2 швеллера № 16	–	8	–	60
	Е	Ст 3	4,6	2 двутавра № 18	–	9	–	70
10	А	дерево	1,6	$b \times h$=18×24	–	–	5	10
	Б	Ст 3	1,8	двутавр № 27	–	–	4	20
	В	Ст 3	1,9	швеллер № 20	–	–	3	30
	Г	Ст 3	2	2 швеллера № 14	–	–	6	40
	Д	Ст 3	2,1	2 швеллера № 16	–	–	7	50
	Е	Ст 3	2,2	2 двутавра № 20	–	–	8	60
11	А	дерево	1,5	$b \times h$=19×30	–	2	30	–
	Б	Ст 3	1,7	двутавр № 24	–	3	40	–
	В	Ст 3	1,9	швеллер № 24	–	5	60	–
	Г	Ст 3	1,8	2 швеллера № 18	–	7	80	–
	Д	Ст 3	2,3	2 швеллера № 20	–	6	70	–
	Е	Ст 3	2,4	2 двутавра № 14	–	4	50	–
12	А	дерево	1,2	$b \times h$=20×29	–	2	–	20
	Б	Ст 3	1,3	двутавр № 22	–	4	–	30
	В	Ст 3	1,4	швеллер № 24	–	5	–	40
	Г	Ст 3	1,5	2 швеллера № 22	–	7	–	50
	Д	Ст 3	1,6	2 швеллера № 20	–	6	–	60
	Е	Ст 3	1,7	2 двутавра № 20	–	7	–	70

Окончание табл. 6.1

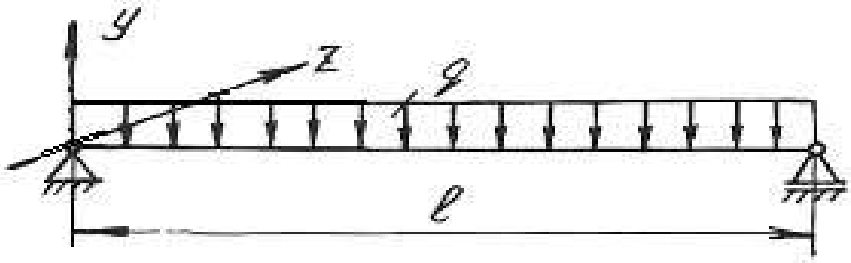
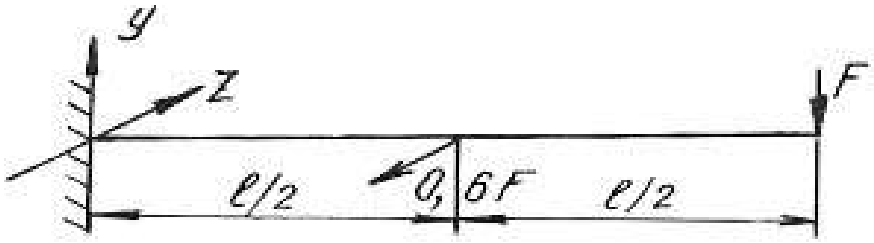
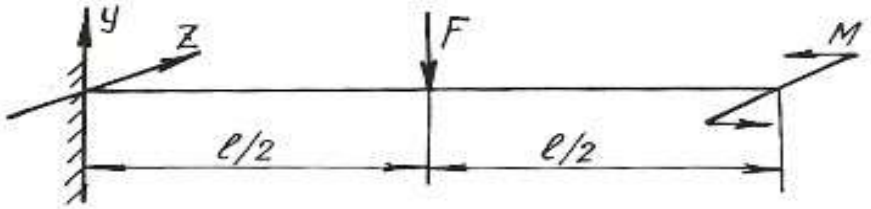
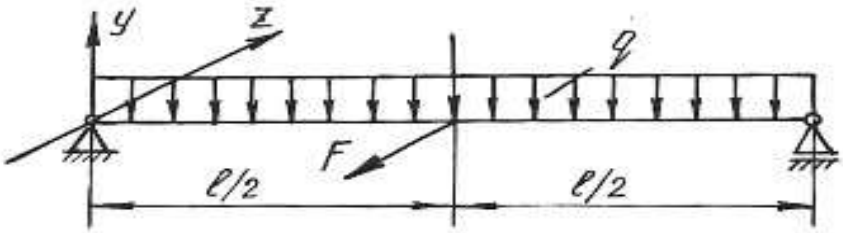
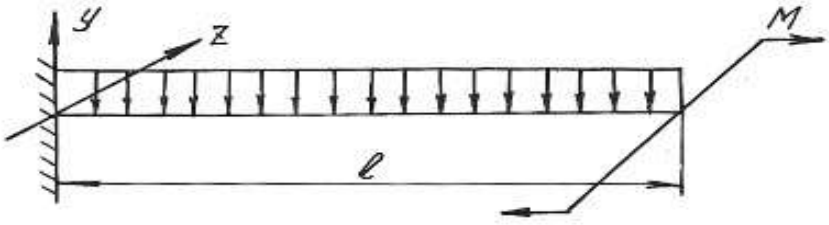
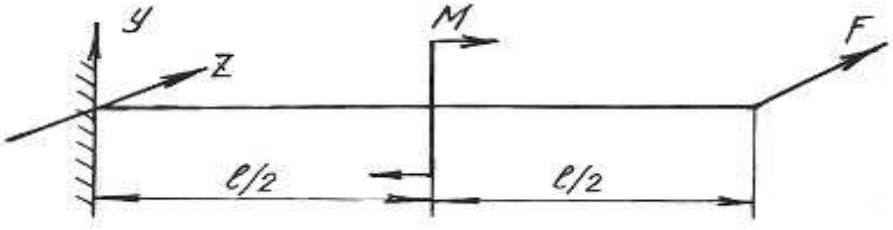
Схема балки	Схема сечения	Материал	Пролет l,м	Размеры сечения, см	Угол φ, град	Нагрузка		
						F, кН	M, кН·м	q, кН/м
13	А	дерево	1,5	$b \times h$=18×32	–	3	–	10
	Б	Ст 3	1,6	двутавр № 36	–	4	–	20
	В	Ст 3	1,7	швеллер № 36	–	5	–	30
	Г	Ст 3	1,8	2 швеллера № 18	–	6	–	40
	Д	Ст 3	1,9	2 швеллера № 20	–	7	–	50
	Е	Ст 3	2	2 двутавра № 24	–	8	–	60
14	А	дерево	1,3	$b \times h$=19×30	–	20	3	–
	Б	Ст 3	1,4	двутавр № 40	–	40	4	–
	В	Ст 3	1,5	швеллер № 30	–	60	5	–
	Г	Ст 3	1,6	2 швеллера № 16	–	50	6	–
	Д	Ст 3	1,7	2 швеллера № 20	–	60	7	–
	Е	Ст 3	1,8	2 двутавра № 18	–	70	8	–
15	А	дерево	1,4	$b \times h$=17×32	–	1	40	–
	Б	Ст 3	1,6	двутавр № 24	–	2	50	–
	В	Ст 3	1,8	швеллер № 20	–	3	60	–
	Г	Ст 3	1,9	2 швеллера № 22	–	4	70	–
	Д	Ст 3	2,1	2 швеллера № 18	–	5	80	–
	Е	Ст 3	2,2	2 двутавра № 20	–	6	60	–
16	А	дерево	1,6	$b \times h$=19×32	–	–	2	20
	Б	Ст 3	1,7	двутавр № 22	–	–	3	30
	В	Ст 3	1,9	швеллер № 27	–	–	4	40
	Г	Ст 3	1,8	2 швеллера № 16	–	–	5	50
	Д	Ст 3	2,3	2 швеллера № 20	–	–	6	40
	Е	Ст 3	2,4	2 двутавра № 22	–	–	7	50

Таблица 6.2

Схемы закрепления и нагружения балок

Номер схемы	Схема балки
1	
2	
3	
4	
5	

Продолжение табл. 6.2

Номер схемы	Схема балки
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Окончание табл. 6.2

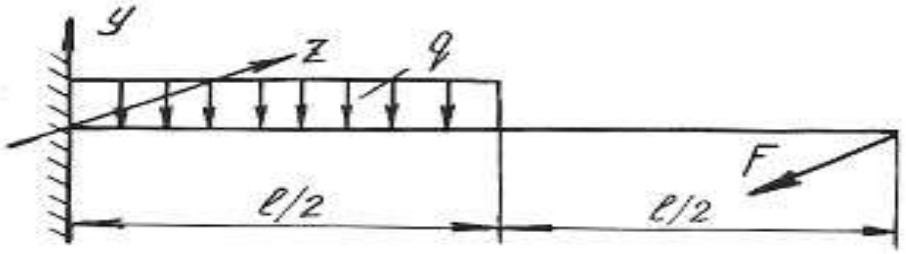
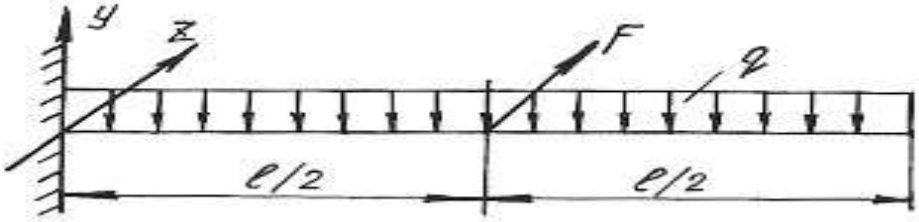
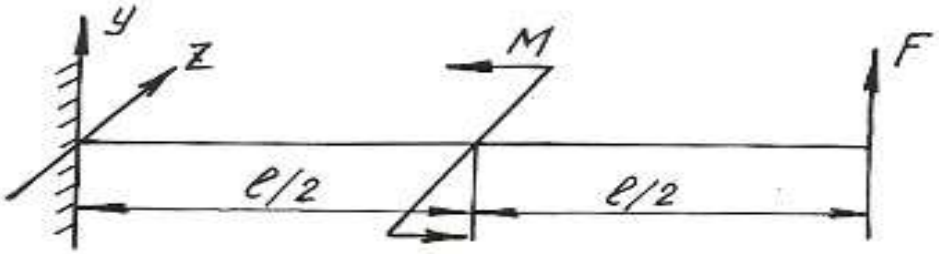
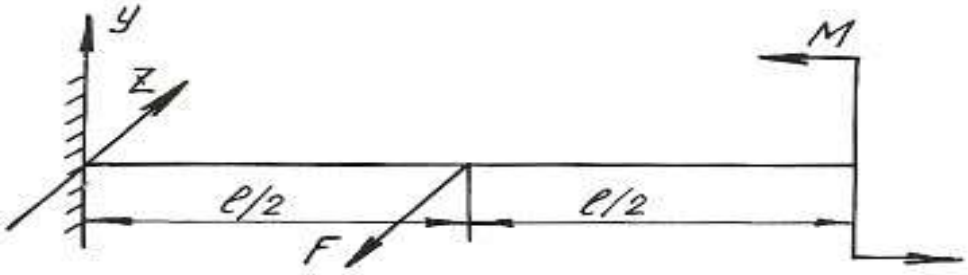
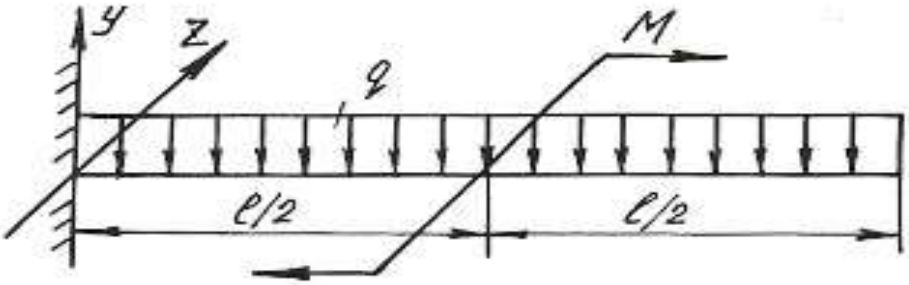
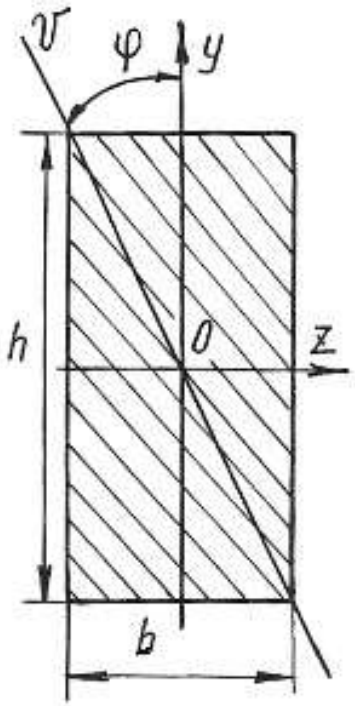
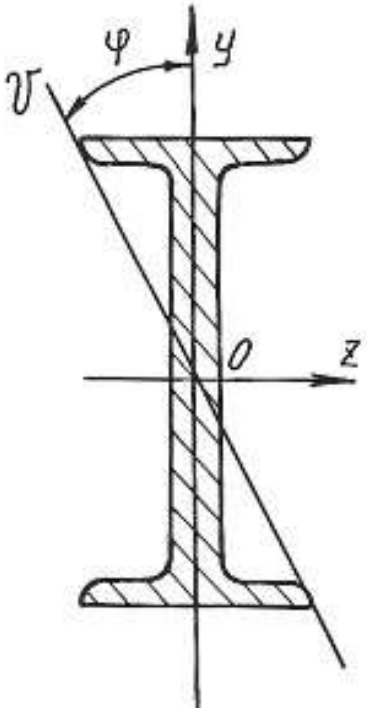
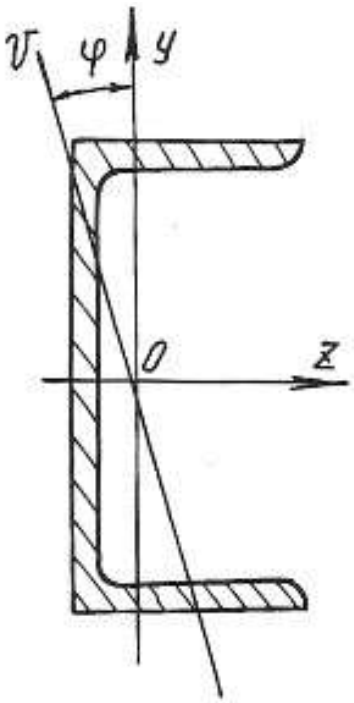
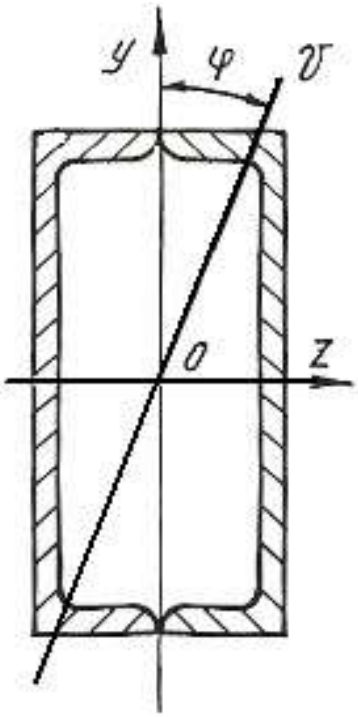
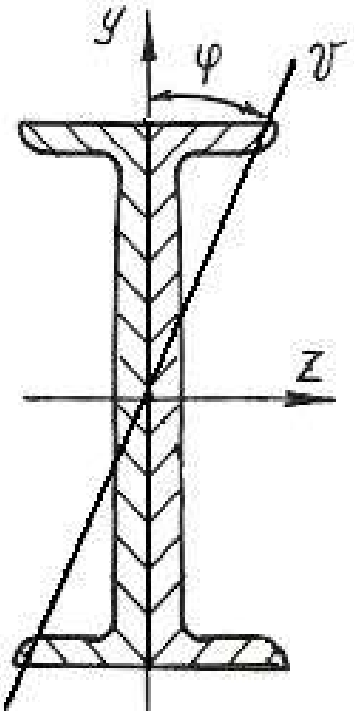
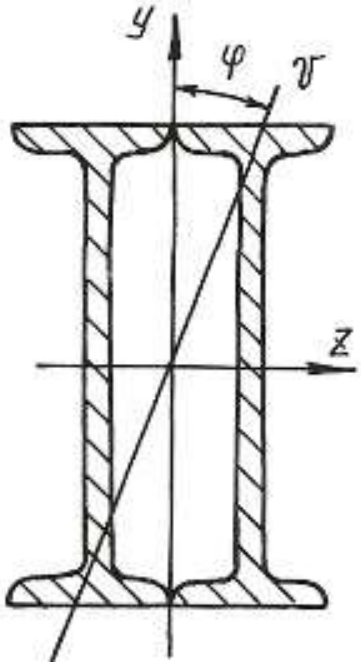
Номер схемы	Схема балки
12	
13	
14	
15	
16	

Таблица 6.3

Схемы поперечных сечений балок

А	Б	В
		
Г	Д	Е
		

6.3. Внецентренное растяжение или сжатие

Если действующая на брус продольная растягивающая или сжимающая сила приложена на некотором расстоянии от центра тяжести сечения, то возникает внецентренное растяжение или сжатие. Расстояние между точкой приложения силы и центром тяжести сечения бруса называется эксцентриситетом. Для практики весьма важны случаи внецентренного сжатия, например, для каменных и кирпичных столбов, бетонных колонн и др.

Внецентренное приложение сжимающей силы можно привести к случаю сжатия центральной силой F и чистому изгибу моментом $M = Fe$, если перенести силу F в центр тяжести поперечного сечения и уравновесить ее (рис. 6.5).

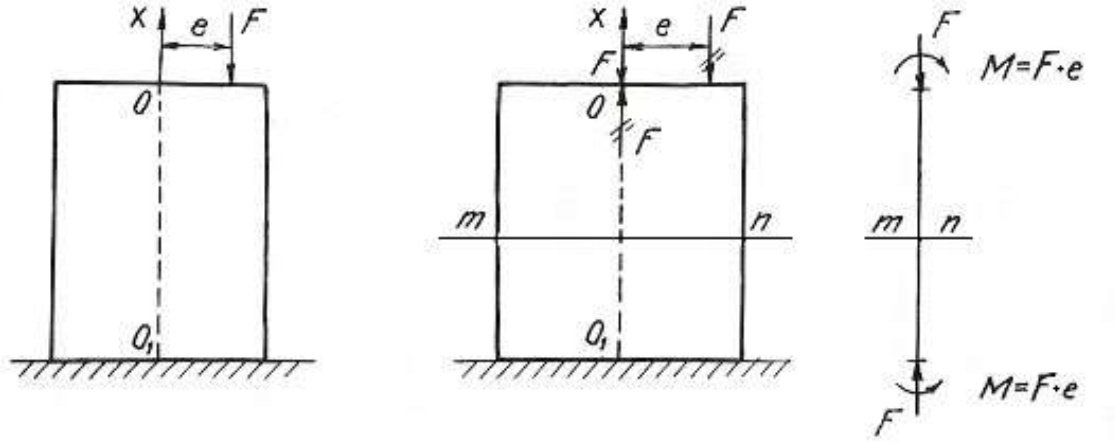


Рис. 6.5.

Так как изгибающий момент во всех сечениях постоянен, то проверку прочности можно производить по любому сечению бруса. Если отбросить верхнюю часть бруса по сечению *m-n* и рассмотреть нижнюю **(**рис. 6.6**),** то для любой точки A поперечного сечения с координатами y, z нормальное напряжение будет равно алгебраической сумме напряжений

$$\sigma_A = \sigma_F + \sigma_{M_y} + \sigma_{M_z}, \qquad (6.7)$$

где $\sigma_F = -\dfrac{F}{A}$ – напряжение от сжимающей центрально приложенной силы F;

$\sigma_{M_y} = -M_y \dfrac{z}{J_y}$ – напряжение от изгибающего момента относительно главной оси сечения y; $\sigma_{M_z} = -M_z \dfrac{y}{J_z}$ – напряжение от изгибающего момента относительно главной оси сечения z.

Знак минус указывает на то, что данные нагрузки вызывают в точке A деформацию сжатия.

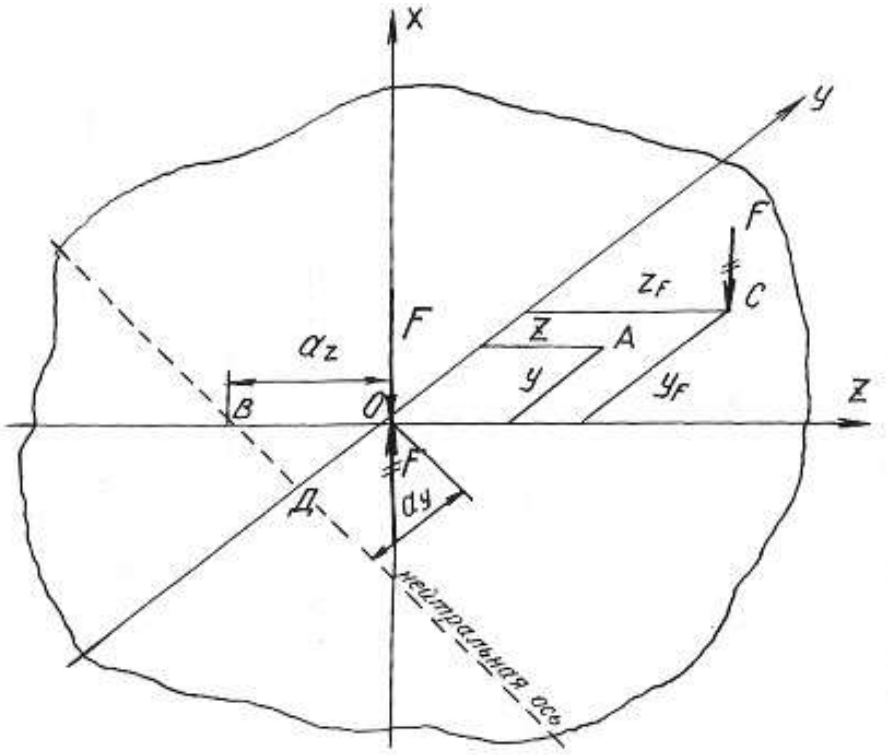


Рис. 6.6.

Изгибающие моменты определяются

$$M_y = Fz_F; \qquad M_z = Fy_F;$$

где z_F и y_F - координаты точки *C* приложения силы *F*.

После подстановки имеем:

$$\sigma_A = -\frac{F}{A} - Fz_F \frac{z}{J_y} - Fy_F \frac{y}{J_z}.$$

Окончательный вид формулы для определения напряжений в любой точке поперечного сечения получаем после простых преобразований

$$\sigma = F\left(\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z}{J_y} \pm y_F \frac{y}{J_z} \right), \tag{6.8}$$

где J_y, J_z – моменты инерции поперечного сечения; y_F, z_F – координаты точки приложения силы *F*.

У каждого из слагаемых данного уравнения знак плюс берется для растягивающего, а знак минус – для сжимающего напряжения.

Условие прочности при внецентренном растяжении или сжатии имеет вид:

$$\sigma_{max} = F\left(\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z_{max}}{J_y} \pm y_F \frac{y_{max}}{J_z}\right) \le \sigma_{adm}, \qquad (6.9)$$

где z_{max}, y_{max} – координаты наиболее удаленных точек сечения от его центра тяжести.

Уравнение нейтральной оси при внецентренном растяжении или сжатии имеет вид:

$$\pm\frac{1}{A} \pm z_F \frac{z_0}{J_y} \pm y_F \frac{y_0}{J_z} = 0, \qquad (6.10)$$

где z_0, y_0 – координаты точек, лежащих на нейтральной оси.

Это уравнение является уравнением прямой, не проходящей через центр тяжести сечения. Величины отрезков, отсекаемых на координатных осях y и z нейтральной осью, определяются из уравнения:

$$\pm 1 \pm z_F \frac{a_z}{i_y^2} \pm y_F \frac{a_y}{i_z^2} = 0, \qquad (6.11)$$

где $a_z = z_0$, $a_y = y_0$ - отрезки, определяющие положение нейтральной оси.

Величины отрезков определяются по формулам:

$$a_z = -\frac{i_y^2}{z_F}; \quad a_y = -\frac{i_z^2}{y_F}, \qquad (6.12)$$

где i_z, i_y - радиусы инерции поперечного сечения относительно осей y и z.

Знак минус в этих формулах указывает на то, что нейтральная ось располагается по другую сторону центра тяжести сечения, по сравнению с точкой приложения силы F, действующей на брус.

Если поперечное сечение имеет сложную форму, то необходимо найти центр тяжести сечения, положение главных центральных осей и главные моменты инерции, пользуясь формулами и указаниями, приведенными в главе 2. В формулы, содержащие моменты инерции, необходимо подставлять значения главных моментов инерции сечения.

Пример 6.3.

Короткий чугунный стержень, поперечное сечение которого показано на рис. 6.7, сжимается продольной силой F, приложенной в точке A**.**

Требуется:

1. Вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряжения в поперечном сечении, выразив величины этих напряжений через F и размеры сечений.

2. Найти допускаемую нагрузку F при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие σ^{c}_{adm} и на растяжение σ^{p}_{adm}: $\sigma^{c}_{adm} = 110$ МПа, $\sigma^{p}_{adm} = 24$ МПа.

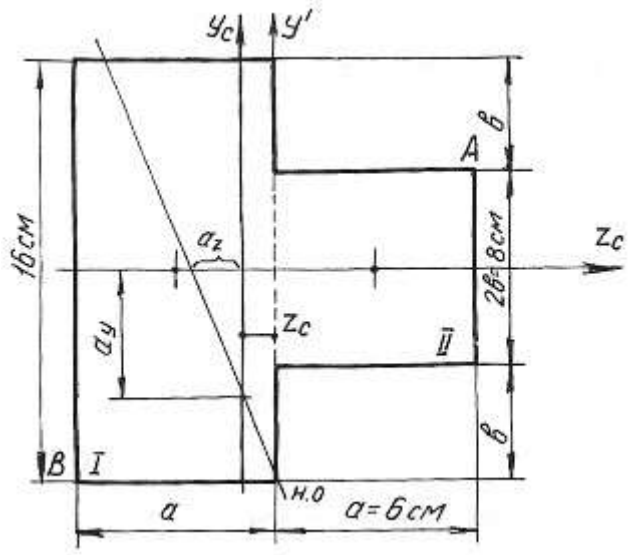


Рис. 6.7.

Определяем координату центра тяжести сечения. Проведем вспомогательную ось y':

$$z_c = \frac{\sum Sy'}{\sum A} = \frac{(A_1 z_1 + A_2 z_2)}{A_1 + A_2} = \frac{[16 \cdot 6 \cdot (-3) + 6 \cdot 8 \cdot 3]}{16 \cdot 6 + 6 \cdot 8} = \frac{-144}{144} = -1 \text{ см}.$$

Для определения положения нейтральной оси находим геометрические характеристики сечения.

Моменты инерции:

$$J_{y_c} = 16\frac{6^3}{12} + 6 \cdot 16 \cdot 2^2 + 8 \cdot \frac{6^3}{12} + 6 \cdot 8 \cdot 4^2 = 1584 \text{ см}^4;$$

$$J_{z_c} = 16^3 \frac{6}{12} + 6\frac{8^3}{12} = 2304 \text{ см}^4.$$

Радиусы инерции:

$$i_y = \sqrt{\frac{J_{y_c}}{A}} = \sqrt{\frac{1584}{144}} = \sqrt{11} = 3{,}31 \text{ см};$$

$$i_z = \sqrt{\frac{J_{z_c}}{A}} = \sqrt{\frac{2304}{144}} = \sqrt{16} = 4 \text{ см}.$$

Нейтральная ось пересекает оси z_c и y_c в точках:

$$a_y = -\frac{i_z^2}{y_F}; \qquad a_z = -\frac{i_y^2}{z_F}; \quad z_F = 7\,\text{см}; \quad y_F = 4\,\text{см}.$$

$$a_y = \frac{-4^2}{4} = -4\ \text{см}; \quad a_z = \frac{-3{,}31^2}{7} = -1{,}57\ \text{см}.$$

Максимальное напряжение возникает в точках, наиболее удаленных от нейтральной оси, т. е. в точках *A* и *B*. Определяются они по формуле:

$$\sigma = -\frac{F}{A} \pm \frac{F z_F z_{\max}}{J_{y_c}} \pm \frac{F y_F y_{\max}}{J_{z_c}},$$

где $z_{\max}$, $y_{\max}$ – координаты точек *A* и *B*.

Наибольшее сжимающее напряжение:

$$\sigma_A = -F\left[\frac{1}{144} + 7\frac{7}{1584} + 4\frac{4}{2304}\right] = -0{,}044 \cdot F\,.$$

Наибольшее растягивающее напряжение:

$$\sigma_B = -F\left[\frac{1}{144} + 7\frac{(-5)}{1584} + 4\frac{(-8)}{2304}\right] = 0{,}028 \cdot F.$$

Находим допускаемую нагрузку:

$$\sigma_A \le \sigma^{\text{c}}_{\text{adm}} = 110\ \text{МПа}; \qquad 0{,}044 \cdot F \le 110; \quad F \le 0{,}25\ \text{МН}.$$

$$\sigma_B \le \sigma^{\text{p}}_{\text{adm}} = 24\ \text{МПа}; \qquad 0{,}028 \cdot F \le 24; \quad F \le 0{,}09\ \text{МН}.$$

Допускаемая нагрузка $F = 0{,}09$ МН.

6.4. Задания для расчета на внецентренное растяжение или сжатие

Колонна заданного поперечного сечения с известными размерами нагружена сжимающей силой F, приложенной вне центра тяжести сечения в указанной точке. Требуется:

1) Определить положение нейтральной оси;
2) Вычислить наибольшие напряжения в опасном сечении колонны;
3) Построить эпюры напряжений в опасном сечении.

Данные для расчета взять из таблиц 6.4, 6.5 и табл. П. 1.

Примечание: собственным весом колонны при расчетах пренебречь.

Таблица 6.4

Вариант	Схема сечения	Материал	Размеры сечения, см	Точка приложения силы F	Нагрузка F, кН
1	А	дерево	b x h = 15 x 25	1	20
	Б	Ст 3	двутавр № 16	2	30
	В	Ст 3	швеллер № 16	3	40
	Г	Ст 3	2 швеллера № 14	4	50
	Д	Ст 3	2 швеллера № 12	5	60
	Е	Ст 3	2 двутавра № 14	6	70
	Ж	чугун	b = 20	7	35
	З	чугун	b x h = 20 x 30, D = 10	8	45
	И	Ст 3	2 швеллера № 12, a = 10	1	75
	К	Ст 3	2 двутавра № 14, a = 10	2	80
2	А	дерево	b x h = 16 x 27	2	25
	Б	Ст 3	двутавр № 18	3	35
	В	Ст 3	швеллер № 18	4	45
	Г	Ст 3	2 швеллера № 16	5	50
	Д	Ст 3	2 швеллера № 18	6	60
	Е	Ст 3	2 двутавра № 16	7	70
	Ж	чугун	b = 30	8	55
	З	чугун	b x h = 25 x 35 , D = 12	1	65
	И	Ст 3	2 швеллера № 14, a = 10	2	65
	К	Ст 3	2 двутавра № 16, a = 10	3	75

Продолжение табл. 6.4

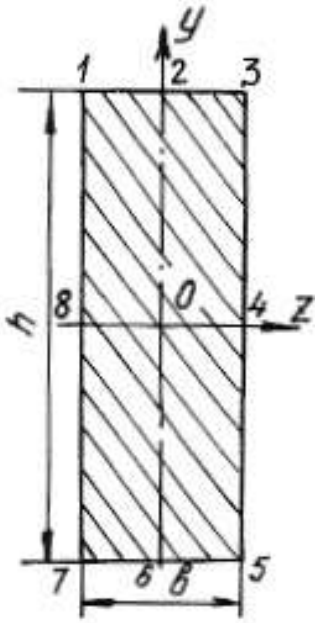
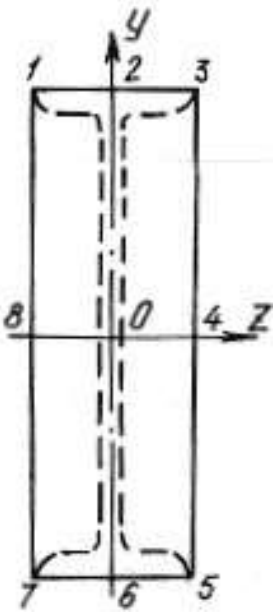
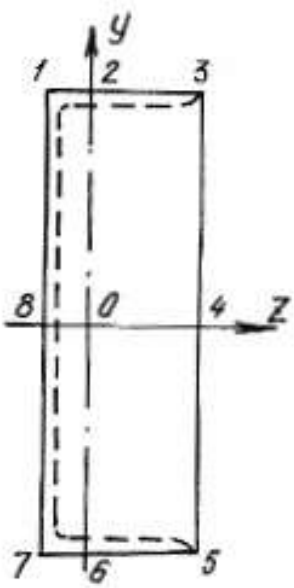
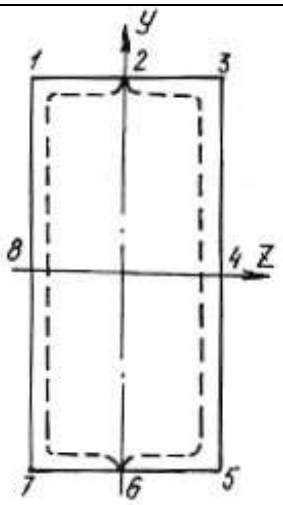
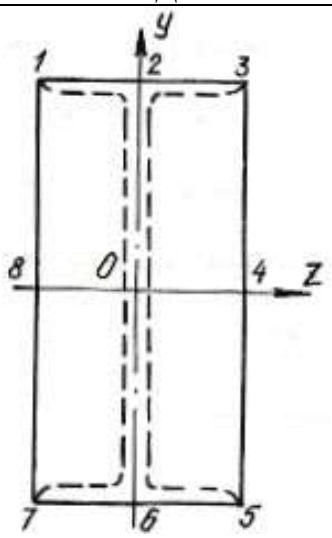
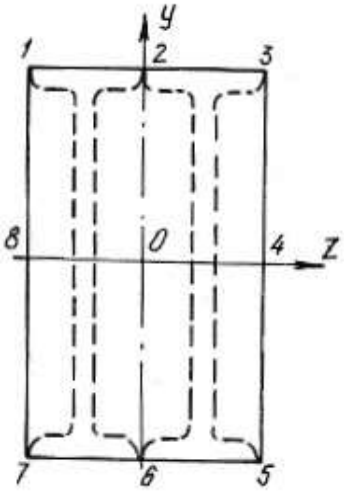
Вариант	Схема сечения	Материал	Размеры сечения	Точка приложения силы F	Нагрузка F, кН
3	А	дерево	b x h = 17 x 28	3	30
	Б	Ст 3	двутавр № 14	4	40
	В	Ст 3	швеллер № 20	5	48
	Г	Ст 3	2 швеллера № 14	6	52
	Д	Ст 3	2 швеллера № 16	7	62
	Е	Ст 3	2 двутавра № 18	8	72
	Ж	чугун	b = 32	1	60
	З	чугун	b x h = 24 x 32, D = 8	2	70
	И	Ст 3	2 швеллера № 18, a = 14	3	66
	К	Ст 3	2 двутавра № 12, a = 8	4	74
4	А	дерево	b x h = 18 x 36	4	40
	Б	Ст 3	двутавр № 20	5	44
	В	Ст 3	швеллер № 20	6	54
	Г	Ст 3	2 швеллера № 18	7	64
	Д	Ст 3	2 швеллера № 16	8	74
	Е	Ст 3	2 двутавра № 14	1	46
	Ж	чугун	b = 34	2	38
	З	чугун	b x h = 28 x 36, D = 14	3	48
	И	Ст 3	2 швеллера № 16, a = 8	4	58
	К	Ст 3	2 двутавра № 18, a = 12	5	72
5	А	дерево	b x h = 20 x 24	5	28
	Б	Ст 3	двутавр № 22	6	38
	В	Ст 3	швеллер № 22	7	48
	Г	Ст 3	2 швеллера № 20	8	62
	Д	Ст 3	2 швеллера № 22	1	76
	Е	Ст 3	2 двутавра № 20	2	78
	Ж	чугун	b = 28	3	46
	З	чугун	b x h = 22 x 34, D = 6	4	56
	И	Ст 3	2 швеллера № 20, a = 6	5	80
	К	Ст 3	2 двутавра № 20, a = 12	6	82

Продолжение табл. 6.4

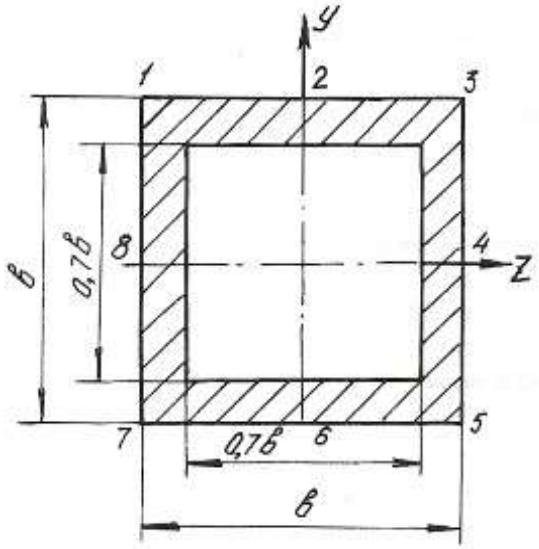
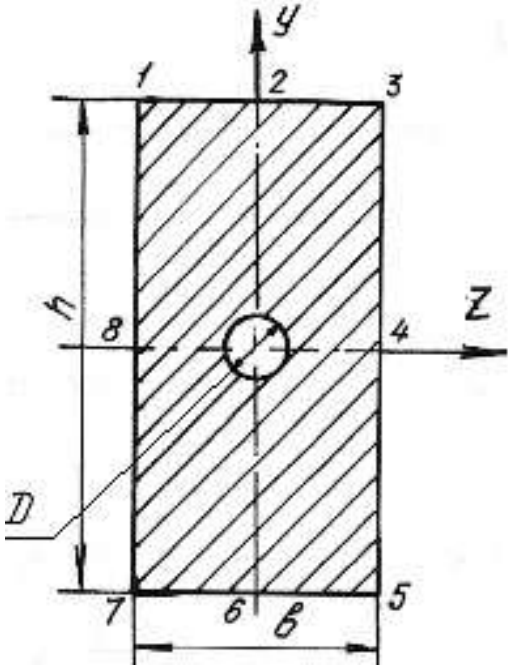
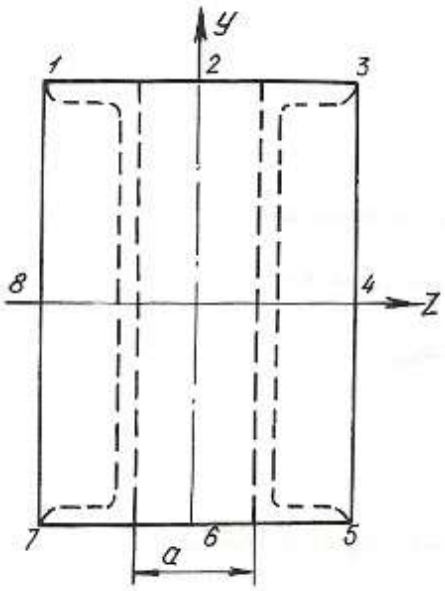
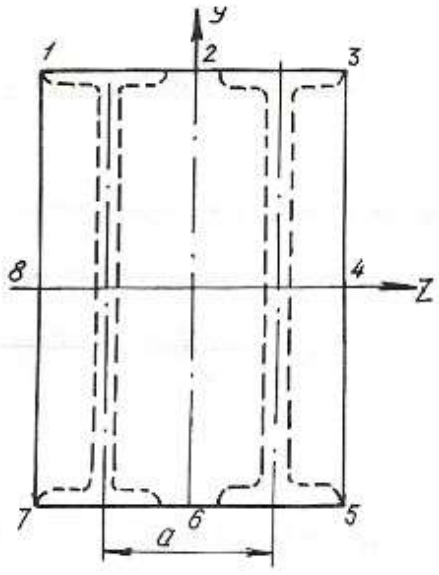
Вариант	Схема сечения	Материал	Размеры сечения, см	Точка приложения силы F	Нагрузка F, кН
6	А	дерево	b x h = 22 x 38	6	36
	Б	Ст 3	двутавр № 22	7	46
	В	Ст 3	швеллер № 22	8	48
	Г	Ст 3	2 швеллера № 22	1	68
	Д	Ст 3	2 швеллера № 20	2	72
	Е	Ст 3	2 двутавра № 22	3	74
	Ж	чугун	b = 24	4	50
	З	чугун	b x h = 24 x 34, D = 8	5	60
	И	Ст 3	2 швеллера № 22, a = 8	6	74
	К	Ст 3	2 двутавра № 22, a = 12	7	69
7	А	дерево	b x h = 22 x 30	7	25
	Б	Ст 3	двутавр № 24	8	48
	В	Ст 3	швеллер № 24	1	52
	Г	Ст 3	2 швеллера № 24	2	63
	Д	Ст 3	2 швеллера № 22	3	68
	Е	Ст 3	2 двутавра № 20	4	64
	Ж	чугун	b = 22	5	43
	З	чугун	b x h = 26 x 36, D = 6	6	49
	И	Ст 3	2 швеллера № 24, a = 4	7	78
	К	Ст 3	2 двутавра № 24, a = 13	8	84
8	А	дерево	b x h = 18 x 32	8	35
	Б	Ст 3	двутавр № 27	1	62
	В	Ст 3	швеллер № 27	2	68
	Г	Ст 3	2 швеллера № 22	3	85
	Д	Ст 3	2 швеллера № 24	4	87
	Е	Ст 3	2 двутавра № 22	5	78
	Ж	чугун	b = 26	6	52
	З	чугун	b x h = 26 x 36, D = 9	7	58
	И	Ст 3	2 швеллера № 27, a = 5	8	86
	К	Ст 3	2 двутавра № 27, a = 14	1	88

Таблица 6.5

Схемы поперечных сечений колонны

А	Б	В
		
Г	Д	Е
		

Окончание табл. 6.5

Ж	З
	
И	К
	

6.5. Изгиб с кручением

Помимо крутящих моментов валы могут испытывать воздействие изгибающих моментов. Последние возникают от действия собственного веса вала, усилий натяжения приводных ремней, весов шкивов, усилий зацепления в зубьях зубчатых передач и т. п.

Крутящий момент на валу или его участке определяется по формулам:

$$T = 9550\frac{N}{n}, \tag{6.13}$$

где T – крутящий момент, Нм; N – мощность двигателя, кВт; n – число оборотов вала в минуту, или

$$T = \frac{D}{2}\cdot(t_1 - t_1'), \tag{6.14}$$

где D – диаметр ведущего шкива, соединенного с двигателем приводным ремнем; t_1 – усилие натяжения в набегающей ветви приводного ремня; t_1' – усилие натяжения в сбегающей ветви приводного ремня.

Определив крутящий момент по формуле (6.13) и, зная соотношение между усилиями t_1 и t_1', определяют эти усилия из формулы (6.14) при известном диаметре шкива. Если усилия t_1, t_1' последовательно перенести в центр тяжести сечения вала и уравновесить их, то получим два момента пар сил, направленных в противоположные стороны. Равнодействующий момент этих моментов и будет равен крутящему моменту в том сечении, где находится шкив. Вместе с этим в центре этого сечения вала возникнет нагрузка, $S = t_1 + t_1'$, которая может быть направлена под углом к горизонту. В этом случае ее раскладывают на вертикальную и горизонтальную составляющие: $S_y = S\cdot\sin\alpha$; $S_z = S\cdot\cos\alpha$.

При наличии на валу нескольких ведомых шкивов крутящие моменты и изгибающие нагрузки определяются аналогичным способом. Таким образом, вал будет испытывать одновременно деформацию кручения от крутящих моментов и деформацию поперечного изгиба в двух плоскостях – вертикальной и горизонтальной. Дальнейший расчет вала на изгиб с кручением осуществляется в таком порядке:

1. Строится эпюра крутящих моментов T.
2. Вычерчивается схема вала в виде балки на двух опорах и загружается только вертикальными изгибающими нагрузками. С помощью уравнений статики определяются реакции на опорах, и строится эпюра изгибающих моментов от этих нагрузок $M_{\text{и}}^{\text{в}}$.

3. Вал загружается только горизонтальными изгибающими нагрузками, от них определяются реакции на опорах, и строится эпюра изгибающих моментов от горизонтальных нагрузок $M_{\text{и}}^{\text{г}}$.

4. В характерных сечениях вала определяются суммарные изгибающие моменты в виде геометрической суммы изгибающих моментов, возникающих в этих сечениях от вертикальных и горизонтальных нагрузок: $M_{\text{и}} = \sqrt{(M_{\text{и}}^{\text{в}})^2 + (M_{\text{и}}^{\text{г}})^2}$. Строится суммарная эпюра изгибающих моментов $M_{\text{и}}$. При построении эпюр выбирается необходимый масштаб, и применяются знаки, принятые в сопротивлении материалов при построении эпюр крутящих и изгибающих моментов.

5. Выбирается опасное сечение по длине вала, где одновременно крутящий и суммарный моменты достаточно большие – на основании эпюр $M_{\text{и}}$ и T.

6. На основании третьей или четвертой теории прочности для опасного сечения определяется расчетный (эквивалентный) момент по формулам:

$$M_{\text{р}}^{\text{III}} = \sqrt{T^2 + M_{\text{и}}^2}; \quad M_{\text{р}}^{\text{IV}} = \sqrt{M_{\text{и}}^2 + 0,75T^2}. \tag{6.15}$$

7. Определяется диаметр сечения вала на основании условия прочности:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{P}}}{W_z} \le \sigma_{\text{adm}}, \tag{6.16}$$

где $W_z = \frac{J_z}{d/2} = \pi \frac{d^4/64}{d/2} = \frac{\pi d^3}{32}$ – момент сопротивления поперечного сечения вала изгибу.

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{P}}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}}. \tag{6.17}$$

Величина диаметра округляется до ближайшего целого.

Пример 6.4.

Шкив с диаметром D_1 и с углом наклона ветвей ремня к горизонту α_1 делает n оборотов в минуту и передает мощность N. Два других шкива имеют одинаковый диаметр D_2 и одинаковые углы наклона ветвей ремня к горизонту α_2 и, каждый из них передает мощность $N/2$ **(**рис. 6.8).

Требуется:

1. Определить моменты, приложенные к шкивам, по заданным N и n ;

2. Построить эпюру крутящих моментов T;

3. Определить окружные усилия t_1 и t_2 действующие на шкивы, по данным моментам и заданным диаметрам шкивов D_1 и D_2;

4. Принять $t_1 = 2 \cdot t_2$;

5. Определить силы, изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкивов и вала не учитывать);

6. Построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных и вертикальных сил $M_{\text{верт.}}$, $M_{\text{гор.}}$;

7. Построить эпюры суммарных изгибающих моментов, пользуясь формулой $M_{\text{и}} = \sqrt{M_{\text{гор}}{}^2 + M_{\text{верт}}{}^2}$;

8. При помощи эпюр T и $M_{\text{и}}$ найти опасное сечение и определить максимальный расчетный момент (по третьей теории прочности);

9. Подобрать диаметр вала d при $\sigma_{\text{adm}} = 70$ МПа и округлить его значение.

Решение.

1. Определяем крутящие моменты:

$$T_1 = \frac{9{,}55 \cdot N_1}{650} = \frac{9{,}55 \cdot 90}{650} = 1{,}32 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = \frac{9{,}55 \cdot N_2}{n} = \frac{9{,}55 \cdot 45}{650} = 0{,}66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Строим эпюру крутящих моментов (см. рис. 6.8).

3. Определяем усилия натяжения в ветвях ремней:

$$t_1 = \frac{2 \cdot T_1}{D_1} = \frac{2 \cdot 1{,}32}{1} = 2{,}64 \text{ кН}; \quad t_2 = \frac{2 \cdot T_2}{D_2} = \frac{2 \cdot 0{,}66}{0{,}6} = 2{,}2 \text{ кН}.$$

4. Определяем изгибающие нагрузки:

$$S_1 = t_1 + 2 \cdot t_2 = 7{,}92 \text{ кН}; \quad S_2 = t_2 + 2 \cdot t_2 = 6{,}60 \text{ кН}.$$

5. Определяем изгибающие нагрузки в вертикальной плоскости и реакции от этих нагрузок:

$$S_1^y = S_1 \cdot \sin\alpha_1 = 7{,}92 \cdot \sin 75^\circ = 7{,}92 \cdot 0{,}9659 = 7{,}65 \text{ кН};$$

$$S_2^y = S_2 \cdot \sin\alpha_2 = 6{,}6 \cdot \sin 80^\circ = 6{,}6 \cdot 0{,}9848 = 6{,}49 \text{ кН}.$$

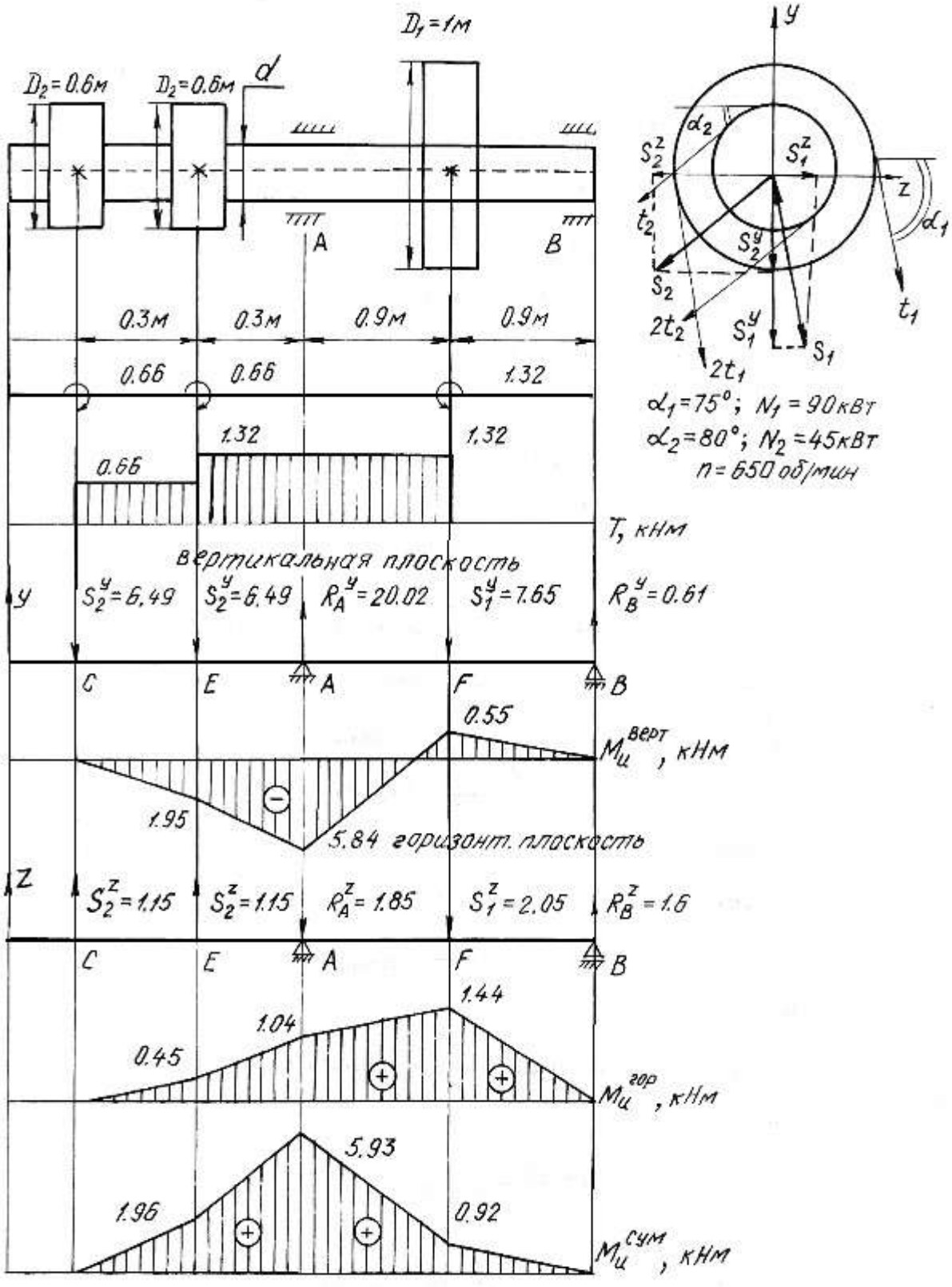

D1 = 1м
D2 = 0.6м
D2 = 0.6м
d
A
B
0.3м
0.3м
0.9м
0.9м
0.66
0.66
1.32
1.32
1.32
0.66
T, кНм
вертикальная плоскость
y
S2y = 6.49
S2y = 6.49
RAy = 20.02
S1y = 7.65
RBy = 0.61
C
E
A
F
B
0.55
Mцверт, кНм
1.95
5.84
горизонт. плоскость
z
S2z = 1.15
S2z = 1.15
RAz = 1.85
S1z = 2.05
RBz = 1.6
C
E
A
F
B
1.44
1.04
0.45
Mцгор, кНм
5.93
1.96
0.92
Mцсум, кНм
y
α2
S2z
S1z
z
α1
t2
S2y
S2
2t2
S1y
S1
t1
2t1
α1 = 75°; N1 = 90кВт
α2 = 80°; N2 = 45кВт
n = 650 об/мин

Рис. 6.8.

$$\sum M_A = 0; \quad S_2^y \cdot 0,6 - S_1^y \cdot 0,9 + R_B^y \cdot 1,8 + S_2^y \cdot 0,3 = 0;$$

$$6,49 \cdot 0,6 + 6,49 \cdot 0,3 - 7,65 \cdot 0,9 + R_B^y \cdot 1,8 = 0;$$

$$R_B^y = 0,61 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0; \; S_2^y \cdot 2,4 + S_2^y \cdot 2,1 - R_A^y \cdot 1,8 + S_1^y \cdot 0,9 = 0;$$

$$6,49 \cdot 2,4 + 6,49 \cdot 2,1 - R_A^y \cdot 1,8 + 7,65 \cdot 0,9 = 0;$$

$$R_A^y = 20,02 \text{ кН}.$$

$$\sum Y = 0; \quad -S_2^y - S_2^y + R_A^y - S_1^y + R_B^y = 0;$$

$$-6,49 - 6,49 + 20,02 - 7,65 + 0,61 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов в вертикальной плоскости:

$$M_{\text{и}}^E = -6,49 \cdot 0,3 = -1,95 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{и}}^A = -6,49 \cdot 0,6 - 6,49 \cdot 0,3 = -5,84 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{и}}^F = R_B^y \cdot 0,9 = 0,61 \cdot 0,9 = 0,55 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

6. Определяем изгибающие нагрузки в горизонтальной плоскости и реакции от этих нагрузок:

$$S_1^z = S_1 \cdot \cos\alpha_1 = 7,92 \cdot \cos 75^\circ = 2,05 \text{ кН};$$

$$S_2^z = S_2 \cdot \cos\alpha_2 = 6,6 \cdot \cos 80^\circ = 1,15 \text{ кН}.$$

$$\sum M_A = 0;$$

$$S_2^z \cdot 0,6 - S_1^z \cdot 0,9 + R_B^z \cdot 1,8 - S_2^z \cdot 0,3 = 0;$$

$$R_B^z = 1,6 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$-S_2^z \cdot 2,4 - S_2^z \cdot 2,1 + R_A^z \cdot 1,8 + S_1^z \cdot 0,9 = 0;$$

$$R_A^z = 1,85 \text{ кН}.$$

$$\sum Z = 0; \quad S_2^z + S_2^z - R_A^z - S_1^z + R_B^z = 0;$$

$$1,15 + 1,15 - 1,85 - 2,05 + 1,6 = 0;$$

$$0 = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов в горизонтальной плоскости:

$$M_{\text{и}}^{E} = 1{,}15 \cdot 0{,}3 = 0{,}45 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{A} = 1{,}15 \cdot 0{,}6 + 1{,}15 \cdot 0{,}3 = 1{,}04 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{F} = 1{,}6 \cdot 0{,}9 = 1{,}44 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

7. Строим эпюру суммарных изгибающих моментов:

$$M_{\text{и}}^{E} = \sqrt{1{,}95^2 + 0{,}45^2} = 1{,}96 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{A} = \sqrt{5{,}84^2 + 1{,}04^2} = 5{,}93 \text{ кН} \cdot \text{м};$$
$$M_{\text{и}}^{F} = \sqrt{0{,}55^2 + 1{,}44^2} = 0{,}92 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

8. Опасным сечением будет сечение A:

$$M_{\text{и}}^{A} = 5{,}93 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad T = 1{,}32 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетный момент для сечения A:

$$M_{\text{р}}^{\text{III}} = \sqrt{5{,}93^2 + 1{,}32^2} = 6{,}08 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

9. Определяем диаметр сечения вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{\text{р}}}{\pi\sigma_{\text{adm}}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 6{,}08 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 70}} = 0{,}096 \text{ м} = 96 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала $d = 100$ мм.

6.6. Задания для расчета на изгиб с кручением

Трансмиссионный вал делает n оборотов в минуту при мощности N. На шкив с диаметром D_1 с углом наклона ремней ветвей ремня к горизонту α_1 передается мощность N кВт от электродвигателя. Два других шкива имеют одинаковый диаметр D_2 и одинаковые углы α_2 наклона ветвей ремня к горизонту, и каждый из них передает мощность $0{,}5N$ на станки. Для заданной расчетной схемы и данных размеров и нагрузок требуется:

1) определить окружные моменты, приложенные к шкивам, по заданным величинам N и n;

2) построить эпюру крутящих моментов T;

3) определить окружные усилия, действующие на шкивы;

4) определить силы, изгибающие вал в горизонтальной и вертикальной плоскостях (вес шкива и вала не учитывать);

5) построить эпюры изгибающих моментов от горизонтальных сил $M_{\text{гор}}$ и от вертикальных сил $M_{\text{верт}}$;

6) построить эпюру суммарных изгибающих моментов;

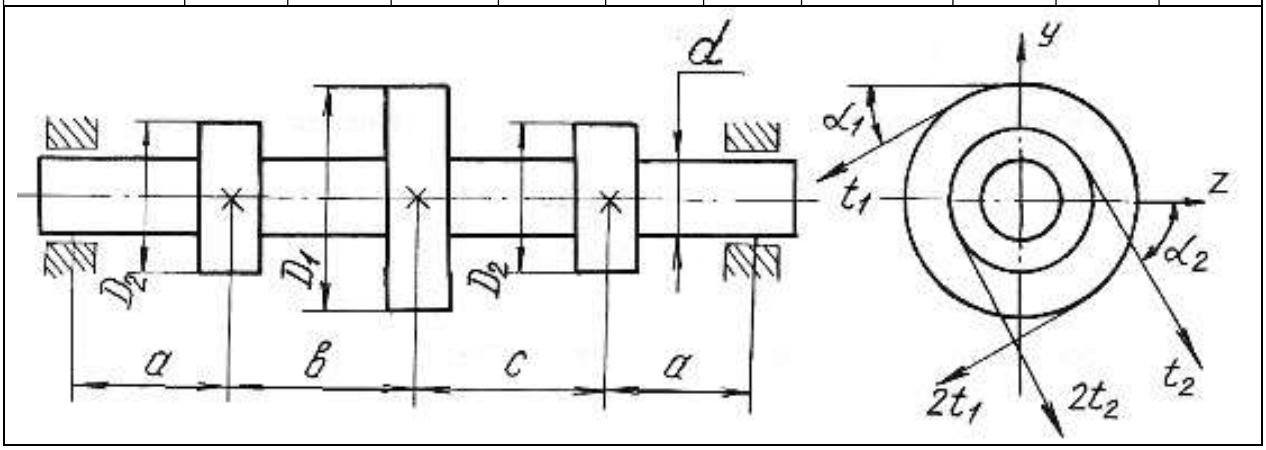
7) найти опасное сечение и определить величину максимально-расчетного момента по третьей теории прочности;

8) подобрать диаметр сечения вала при σ_{adm}=80 МПа.

Данные для расчета и схемы взять из табл. 6.6.

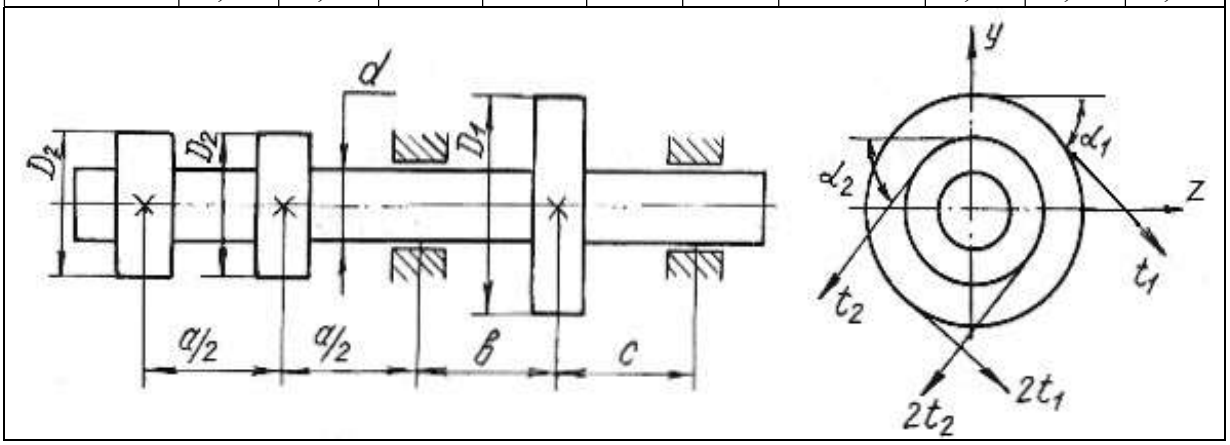
Таблица 6.6

Номер варианта	Числовые значения									
	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
1	1,00	0,30	45	40	30	15	250	0,50	1,00	1,00
2	0,80	0,40	15	10	40	20	200	0,50	1,30	1,20
3	1,00	0,40	30	35	30	15	250	0,40	1,25	2,00
4	1,20	0,50	60	55	50	25	200	0,40	1,00	2,50
5	1,40	0,40	45	45	60	30	300	0,60	1,20	1,80



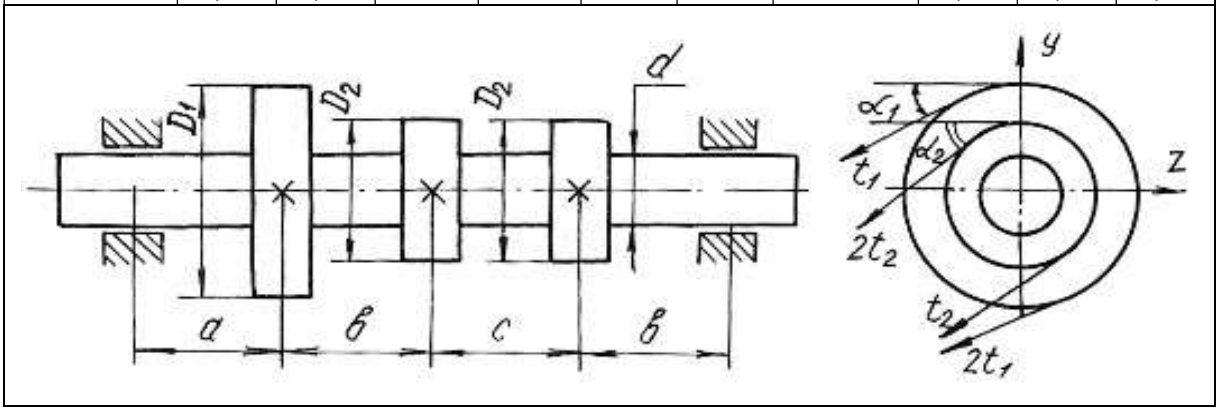
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
6	1,00	0,30	45	40	70	35	400	0,70	1,20	1,30
7	0,90	0,60	55	50	75	38	400	0,50	1,00	1,00
8	1,00	0,70	60	35	80	40	500	0,60	1,00	1,10
9	1,20	0,80	65	30	85	42	550	0,70	1,10	1,20
10	1,20	0,90	70	45	90	45	600	0,70	1,00	1,00



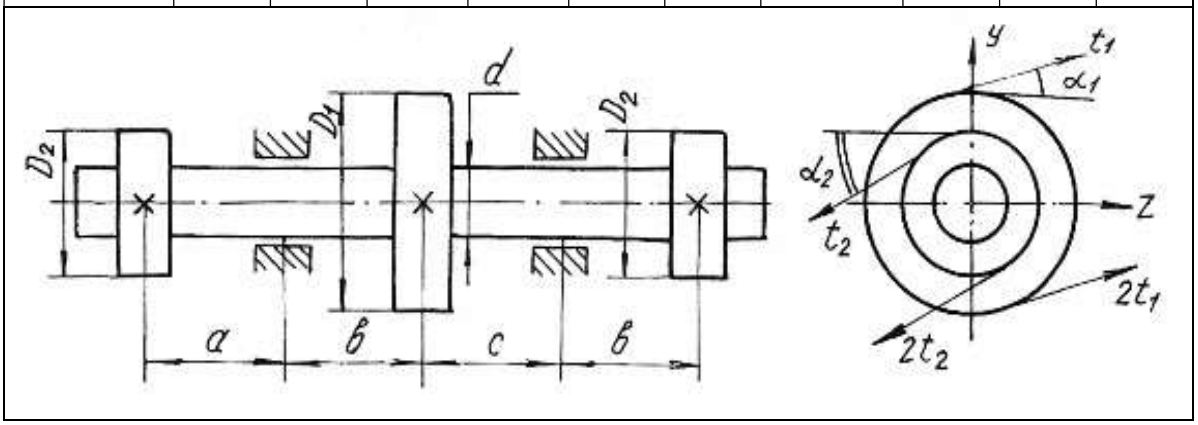
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
11	1,00	0,60	75	80	90	45	650	0,60	0,90	0,90
12	1,20	0,80	80	75	100	50	700	0,50	1,00	1,00
13	1,20	0,70	85	30	110	55	750	0,60	1,10	1,20
14	1,20	0,60	30	85	120	60	800	0,50	1,00	1,00
15	1,00	0,80	35	40	130	65	360	0,60	1,20	1,00



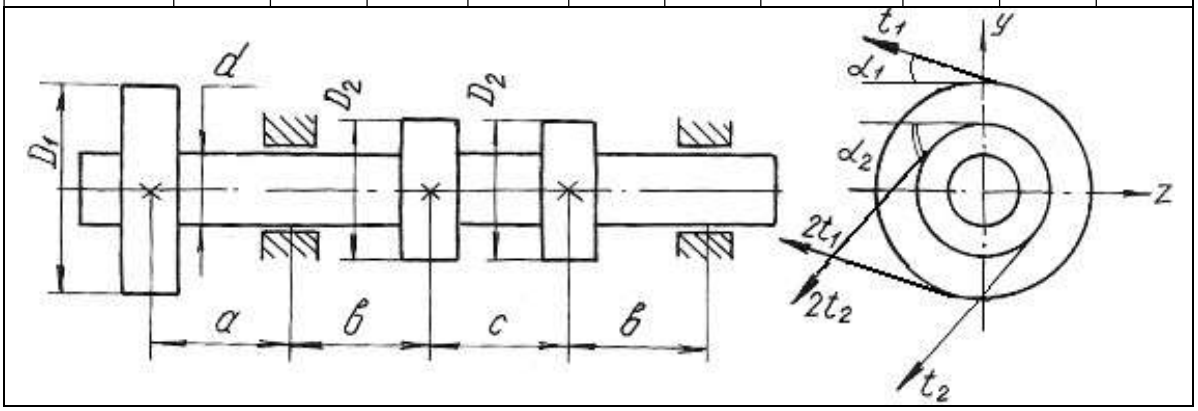
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
16	1,20	0,60	40	35	140	70	400	0,50	1,00	1,00
17	1,40	0,70	45	50	150	75	450	0,50	0,50	1,00
18	1,20	0,60	50	45	160	80	500	0,60	1,00	1,00
19	1,20	0,70	60	65	170	85	550	0,50	0,90	0,90
20	1,00	0,60	65	60	180	90	600	0,60	1,00	0,90



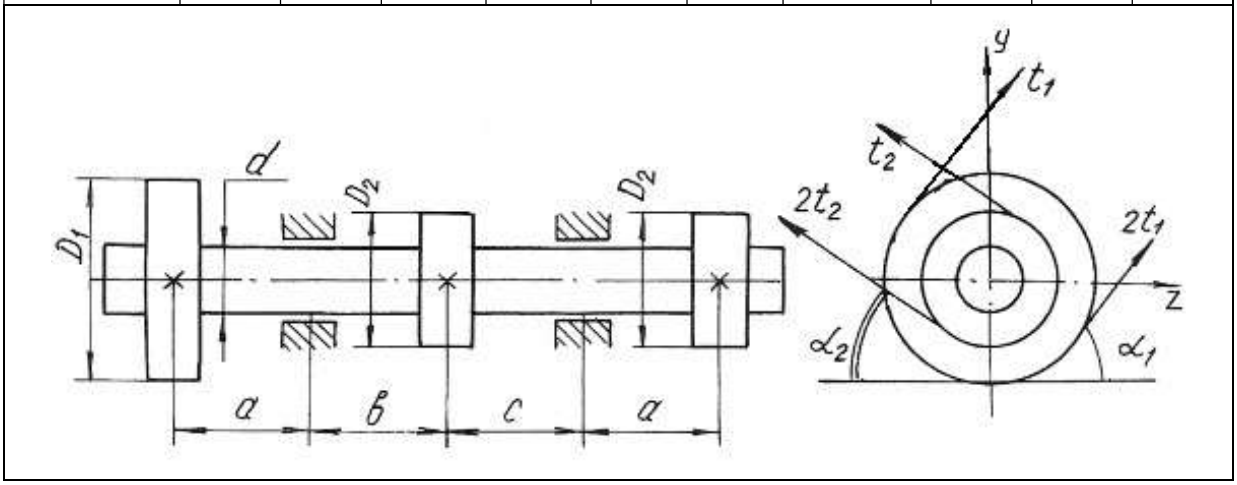
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
21	1,20	0,80	15	25	30	15	250	1,00	0,80	1,20
22	1,00	0,60	25	15	40	20	280	1,20	1,20	1,30
23	0,80	0,50	30	45	50	25	300	1,30	1,30	1,40
24	1,00	0,65	45	60	60	30	450	1,25	1,40	1,50
25	1,20	0,75	60	30	70	35	500	1,40	1,00	1,60



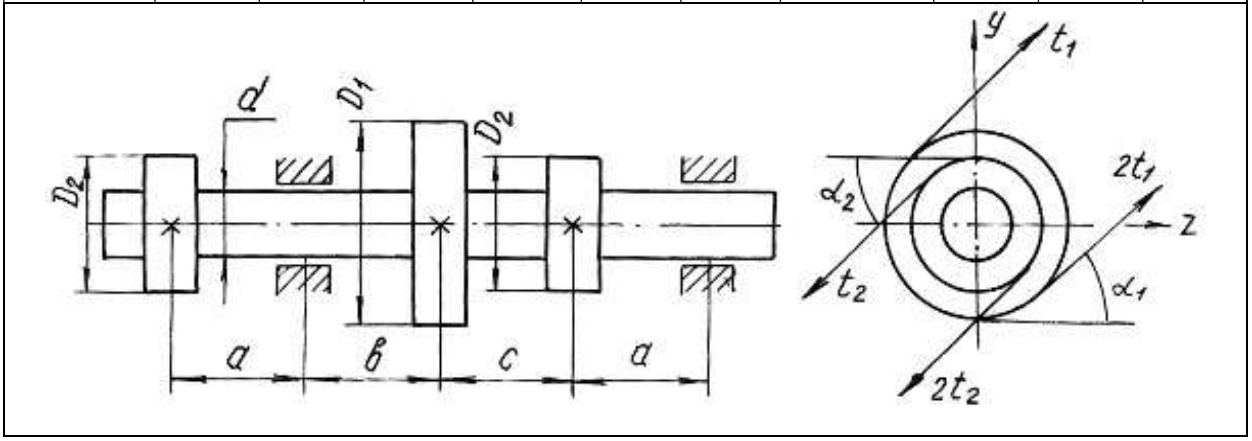
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
26	1,20	0,80	75	15	60	30	500	1,20	1,20	1,40
27	1,00	0,90	30	45	64	32	550	1,00	0,80	1,00
28	0,90	0,80	35	55	70	35	600	0,60	1,00	0,90
29	0,80	0,70	40	50	74	37	650	0,60	0,90	0,80
30	1,10	0,75	55	65	80	40	700	0,80	1,00	0,65



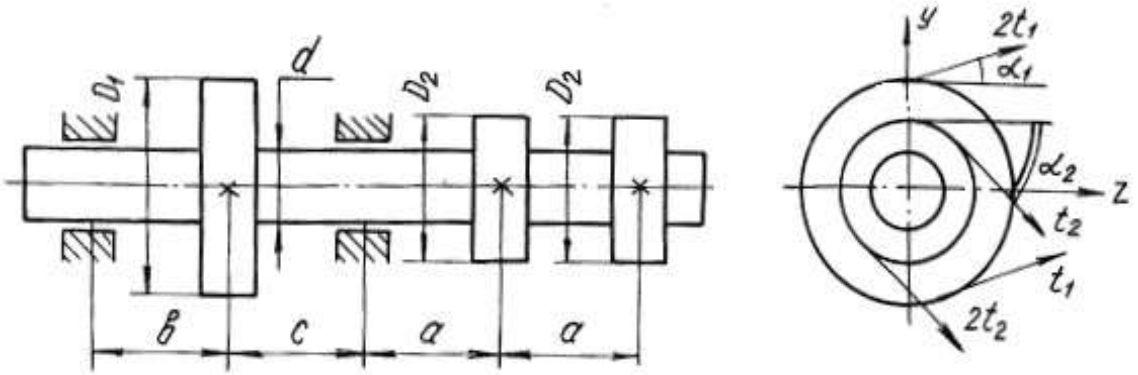
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
31	1,10	0,75	45	45	170	85	500	1,00	0,90	1,10
32	1,20	0,90	60	30	90	45	400	0,90	1,00	0,80
33	0,90	0,70	75	15	95	47	450	0,80	0,90	1,00
34	1,00	0,80	30	45	100	50	500	1,00	1,20	0,90
35	1,20	0,90	25	15	110	55	550	0,90	1,00	1,20



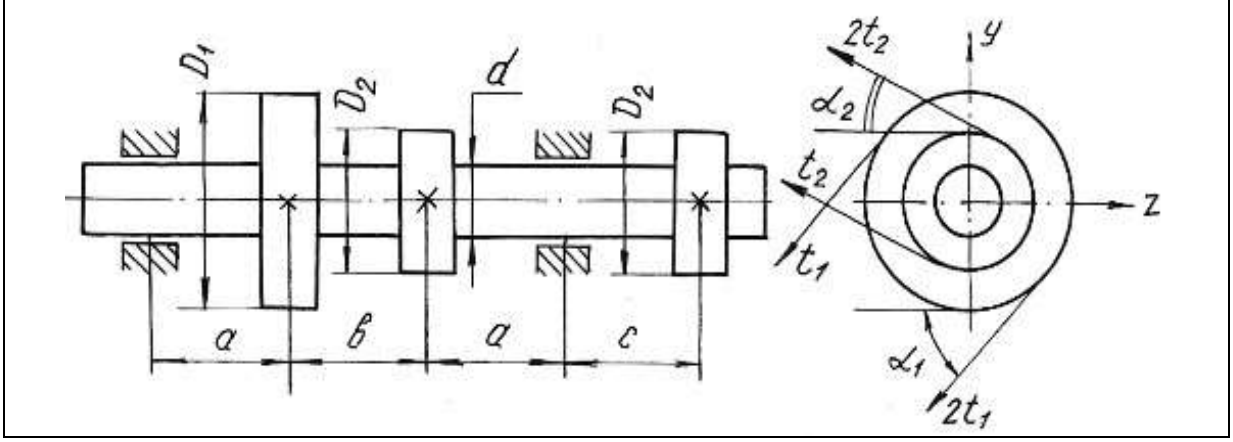
Продолжение табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
36	1,00	0,80	30	20	120	60	600	0,80	1,20	0,90
37	1,20	0,90	35	45	130	65	650	1,00	0,80	0,90
38	1,10	0,80	60	50	140	70	700	0,90	1,00	0,90
39	1,00	0,70	75	15	150	75	300	0,80	1,00	0,70
40	1,00	0,60	60	40	160	80	300	1,00	1,20	1,30



Окончание табл. 6.6

Номер варианта	D_1, м	D_2, м	α_1, град	α_2, град	N_1, кВт	N_2, кВт	n, об/мин	a, м	b, м	c, м
41	1,00	0,40	40	20	40	20	200	0,50	1,00	0,40
42	0,80	0,50	45	25	50	25	250	0,40	1,10	0,50
43	1,00	0,60	50	30	60	30	300	0,60	0,90	0,40
44	1,20	0,80	55	35	70	35	200	0,40	1,00	0,60
45	1,10	0,50	60	40	80	40	350	0,70	1,20	0,70



Глава 7

УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБКИХ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

Стержни, длина которых относительно невелика по сравнению с их поперечными размерами, рассчитываются на сжатие, исходя из условия прочности:

$$\frac{F}{A} \le \sigma_{\text{adm}}.$$

При этом полагается, что вплоть до разрушения стержень работает на осевое сжатие и продольная ось его остаётся прямолинейной.

Иная картина наблюдается при сжатии стержней, длина которых значительно больше размеров поперечного сечения. В этих случаях прямолинейная продольная ось стержней может искривляться. Искривление происходит в плоскости наименьшей жесткости стержня.

Деформация, которая возникает при сжатии стерня и сопровождается искривлением продольной оси стержня, называется продольным изгибом, а переход прямолинейной формы продольной оси стержня в криволинейную носит название потери устойчивости. Нагрузка, при которой стержень теряет устойчивость, называется критической силой F_{cr}.

Напряжение, возникающее в поперечном сечении стержня от критической силы, называется критическим напряжением σ_{cr}.

Критические напряжения весьма опасны для сжатых стержней, поэтому необходимо проводить расчёты на устойчивость.

Для стержней, закрепленных на одной или двух опорах, величина критической силы может быть определена по формуле Эйлера:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E\, J_{\min}}{(\mu l)^2}, \qquad (7.1)$$

где E − модуль продольной упругости материала; $J_{\min}$ − минимальный осевой момент инерции поперечного сечения стержня; l − длина стержня; μ − коэффициент приведенной длины стержня, отражающий способ закрепления концов стержня (рис. 7.1); μl − приведенная длина стержня.

Критические напряжения

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \qquad (7.2)$$

где λ − гибкость стержня

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}, \tag{7.3}$$

где $i_{\min}$ – минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}}, \tag{7.4}$$

Формула Эйлера применима для стержней с гибкостью более гибкости, предельной для данного материала стержня

$$\lambda_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}}, \tag{7.5}$$

где σ_{pr} – предел пропорциональности материала стержня (напряжение, при котором сохраняется прямая пропорциональность между σ и ε).

Для расчёта сжатых стержней любой гибкости применяется способ, основанный на применении коэффициентов φ. Этот способ расчёта сжатых стержней на устойчивость сводится к расчёту стержня как бы на простое сжатие, только по заниженному допускаемому напряжению с использованием формулы:

$$\sigma^{\text{у}}_{\text{adm}} = \varphi\, \sigma_{\text{adm}}, \tag{7.6}$$

где $\sigma^{\text{у}}_{\text{adm}}$ – допускаемое напряжение при расчете на устойчивость; φ – коэффициент продольного изгиба (коэффициент понижения основного допускаемого напряжения σ_{adm} на простое сжатие), значения коэффициентов φ для различных материалов приведены в табл. 7.1.

Величина допускаемой нагрузки на устойчивость $F^{\text{у}}_{\text{adm}}$ сжатого стержня соответственно будет равна

$$F^{\text{у}}_{\text{adm}} = \sigma^{\text{у}}_{\text{adm}} A = \varphi \sigma_{\text{adm}} A, \tag{7.7}$$

где A – площадь поперечного сечения сжатого стержня.

Между критической и допускаемой нагрузкой на устойчивость существует следующая связь

$$F_{cr} = K_{\text{у}} F^{\text{у}}_{\text{adm}}, \tag{7.8}$$

где $K_{\text{у}}$ – коэффициент запаса на устойчивость.

Таблица 7.1

Гибкость, λ	Значение коэффициента φ				
	Материал				
	Ст. 4, Ст. 3	Ст. 5	Ст. СПБ	чугун	дерево
0	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,8
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,6
80	0,75	0,7	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,2	0,38
100	0,6	0,51	0,43	0,16	0,31
110	0,52	0,43	0,35	–	0,25
120	0,45	0,36	0,3	–	0,22
130	0,4	0,33	0,26	–	0,18
140	0,36	0,29	0,23	–	0,16
150	0,32	0,26	0,21	–	0,14
160	0,29	0,24	0,19	–	0,12
170	0,26	0,21	0,17	–	0,11
180	0,23	0,19	0,15	–	0,1
190	0,21	0,17	0,14	–	0,09
200	0,19	0,16	0,13	–	0,08

В зависимости от исходных данных для расчета на устойчивость решение сводится к определению допускаемой нагрузки $F_{\text{adm}}^{\text{у}}$ из условий устойчивости сжатого стержня или к подбору площади поперечного сечения сжатого стержня.

Рассмотрим возможные варианты решения на устойчивость сжатых стержней с помощью коэффициента φ на следующих примерах.

Пример 7.1.

Определить допускаемую нагрузку для стойки, изготовленной из Ст. 3 в виде трубы с наружным диаметром $d_1 = 0{,}04$ м и внутренним $d_2 = 0{,}03$ м, длиной $l = 1$ м. Концы стойки защемлены. Допускаемое напряжение для материала стержня $\sigma_{\text{adm}} = 120$ МПа, предел пропорциональности материала $\sigma_{pr} = 200$ МПа. Коэффициент запаса на устойчивость $K_{\text{у}} = 2$. Модуль продольной упругости материала $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па.

Решение.

Выявим возможность решения данной задачи с помощью формулы Эйлера. Для этого находим предельную гибкость для данного материала стойки

$$\lambda_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_{pr}}} = \sqrt{\frac{3{,}14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}{200 \cdot 10^6}} = 99{,}5.$$

Для определения действительной гибкости данной стойки находим минимальный момент инерции поперечного сечения

$$J_{\min} = \frac{\pi}{64}(d_1^4 - d_2^4) = \frac{3{,}14}{64}(0{,}04^4 - 0{,}03^4) = 8{,}586 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4.$$

Площадь сечения

$$A = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) = \frac{3{,}14}{4}(0{,}04^2 - 0{,}03^2) = 5{,}5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Минимальный радиус инерции

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{8{,}586 \cdot 10^{-8}}{5{,}5 \cdot 10^{-4}}} = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \text{м}.$$

Тогда гибкость стойки при $\mu = 0{,}5$

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0{,}5 \cdot 1}{1{,}25 \cdot 10^{-2}} = 40.$$

Сравнивая полученные значения гибкостей, приходим к выводу, что расчет с помощью формулы Эйлера в данном случае не применим, так как $\lambda < \lambda_{\text{кр}}$.

Расчет производим с помощью коэффициента φ. Для данной стальной стойки при $\lambda = 40$ коэффициент $\varphi = 0{,}92$.

Найдем допускаемое напряжение на устойчивость

$$\sigma_{\text{adm}}^{\text{у}} = \varphi\sigma_{\text{adm}} = 0{,}92 \cdot 120 = 110{,}4 \text{ МПа},$$

а допускаемая нагрузка на устойчивость

$$F_{\text{adm}}^{\text{у}} = \sigma_{\text{adm}}^{\text{у}} A = 110{,}4 \cdot 10^6 \cdot 5{,}5 \cdot 10^{-4} = 60{,}72 \cdot 10^3 \text{ Н} = 60{,}72 \text{ кН}.$$

Критическая нагрузка

$$F_{cr} = K_{\text{у}} F_{\text{adm}}^{\text{у}} = 2 \cdot 60{,}72 = 121{,}44 \text{ кН}.$$

Пример 7.2.

Подобрать двутавровое сечение стойки с одним защемленным, а другим свободным концом. Осевая сжимающая сила $F = 400$ кН, длина стойки $l = 1{,}5$ м. Основное допускаемое напряжение на сжатие $\sigma_{adm} = 160$ МПа.

Решение.

Решаем задачу методом последовательных приближений. Примем для первого приближения коэффициент $\varphi_1 = 0{,}5$. В этом случае необходимая площадь поперечного сечения стойки:

$$A_1 \geq \frac{F}{\varphi_1 \sigma_{adm}} = \frac{400 \cdot 10^3}{0{,}5 \cdot 160 \cdot 10^6} = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

По сортаменту выбираем двутавр № 33 (см. табл. П. 1) с площадью $A_2 = 53{,}8 \cdot 10^{-4}$ м^2 и минимальным радиусом инерции $i_{\min_1} = 2{,}79 \cdot 10^{-2}$ м.

Соответствующая гибкость стойки при коэффициенте $\mu = 2$

$$\lambda_1 = \frac{\mu l}{i_{\min_1}} = \frac{2 \cdot 1{,}5}{2{,}79 \cdot 10^{-2}} = 107.$$

С помощью линейной интерполяции находим коэффициент φ_2 между его значениями по табл. 7.1 при $\lambda = 100$ и при $\lambda = 110$. При $\lambda = 100$, $\varphi = 0{,}60$; при $\lambda = 110$, $\varphi = 0{,}52$, следовательно, $\Delta\lambda = 10$, $\Delta\varphi = 0{,}08$:

$$\varphi_2 = \varphi_{\lambda=100} - \frac{\Delta\varphi}{\Delta\lambda}\left[(\lambda{=}107) - (\lambda{=}100)\right] = 0{,}544.$$

Следовательно, при $\lambda = 107$ коэффициент $\varphi_2 = 0{,}544$.

Проводим проверку по условию

$$F_{\text{расч}_1} = \varphi_2 A_2 \sigma_{adm} = F \pm 5\ \%,$$

в нашем случае $F_{\text{расч}_1} = 0{,}544 \cdot 53{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 468270$ Н $= 468{,}27$ кН $> F$.

Находим величину расхождения между заданной и расчетной нагрузками

$$\delta = \frac{468{,}27 - 400}{400} 100 = 17\ \% > 5\ \%.$$

Делаем новый расчет (приближение)

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} = \frac{0,5 + 0,544}{2} = 0,522 .$$

Необходимая площадь поперечного сечения

$$A_3 = \frac{F}{\varphi_3 \sigma_{adm}} = \frac{400 \cdot 10^3}{0,522 \cdot 160 \cdot 10^6} = 48 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 .$$

По сортаменту проката найденной площади соответствует двутавр № 30а (см. табл. П. 1) площадью сечения $A_4 = 49,9 \cdot 10^{-4}$ м^2 и $i_{\min_2} = 2,95 \cdot 10^{-2}$ м. Тогда гибкость

$$\lambda_2 = \frac{\mu l}{i_{\min_2}} = \frac{2 \cdot 1,5}{2,95 \cdot 10^{-2}} = 101,7 \approx 102 .$$

После интерполяции получаем

$$\varphi_4 = 0,6 - \frac{0,08}{10}(102 - 100) = 0,584 .$$

Проводим проверку

$$F_{\text{расч}_2} = 0,584 \cdot 49,9 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 466265 \text{ Н} = 466,265 \text{ кН} > F .$$

Величина расхождения между заданной и расчетной нагрузками составляет:

$$\delta = \frac{466,265 - 400}{400} 100 = 16,6 \text{ \%} > 5 \text{ \%} .$$

Проверяем двутавр № 30 площадью сечения $A_5 = 46,5 \cdot 10^{-4}$ м^2, $i_{\min_3} = 2,69 \cdot 10^{-2}$ м.

Гибкость $\lambda_3 = \frac{2 \cdot 1,5}{2,69 \cdot 10^{-2}} \approx 112 .$

Коэффициент φ_5 находим линейной интерполяцией между значениями $\lambda = 110$ и $\lambda = 120$. Получим $\varphi_5 = 0,506$.

Проверка

$F_{\text{расч}_3} = \varphi_5 A_5 \sigma_{adm} = 0,506 \cdot 46,5 \cdot 10^{-4} \cdot 160 \cdot 10^6 = 376500$ Н $= 376,5$ кН.

Величина расхождения между заданной и расчетной нагрузками составляет

$$\delta = \frac{400 - 376,5}{400} 100 = 5,87 \text{ \%} > 5 \text{ \%} .$$

Следовательно, из трех рассмотренных номеров двутавров к практическому применению необходимо принять двутавр № 30а с площадью поперечного сечения $A = 49{,}9 \cdot 10^{-4}$ м^2, так как нагрузка, которую воспринимает двутавр № 30 меньше заданной нагрузки более чем 5 %.

7.1. Задания для расчета стержней на устойчивость

Подобрать поперечное сечение заданного профиля гибкого стержня при действии осевой сжимающей силы. Решение выполнить методом последовательных приближений с помощью коэффициентов φ. Допускаемые напряжения для материалов стержней на сжатие принять: для стали $\sigma_{adm} = 160$ МПа; для чугуна $\sigma_{adm} = 130$ МПа; для дерева $\sigma_{adm} = 10$ МПа.

Данные для расчетов взять из рис. 7.1, табл. 7.2 и П. 1.

Примечания:

1. Для сечения прямоугольного профиля принять соотношение между размерами как $b:h = 1:2$.
2. Для кольцеобразного сечения принять соотношение между внутренним и наружным диаметрами как $d/D = 0{,}85$.

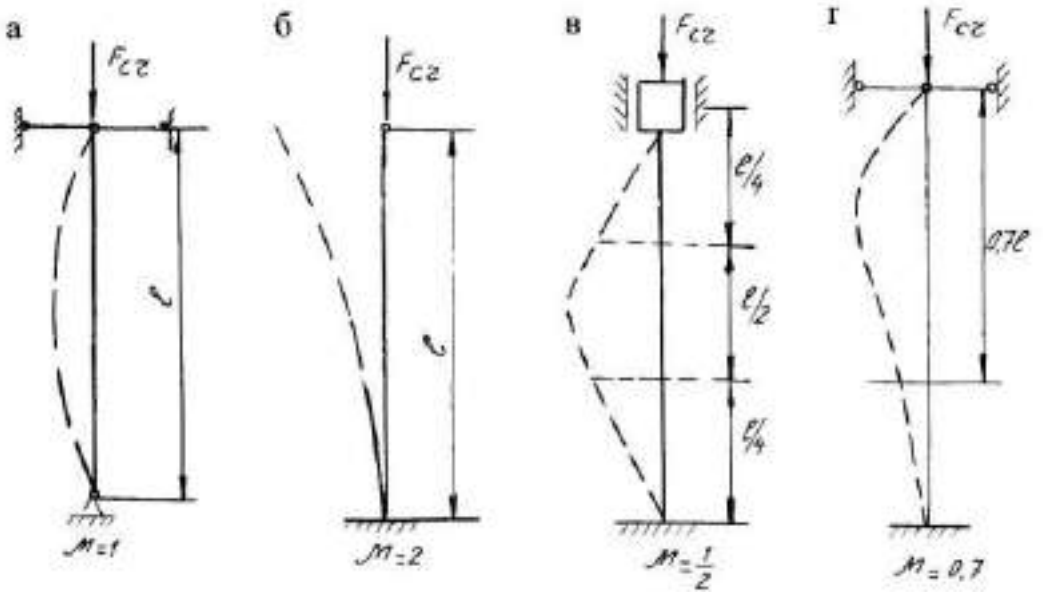
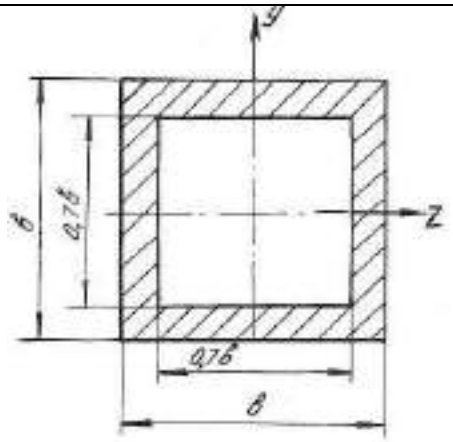
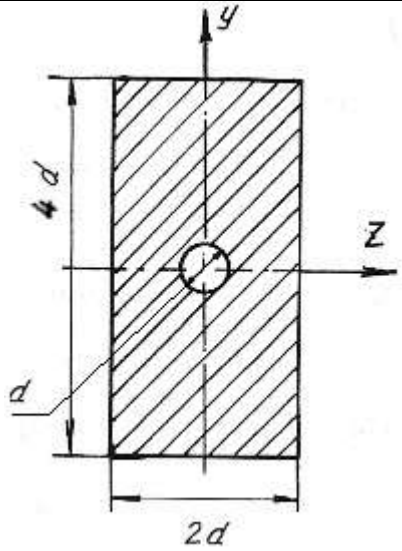
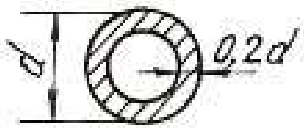
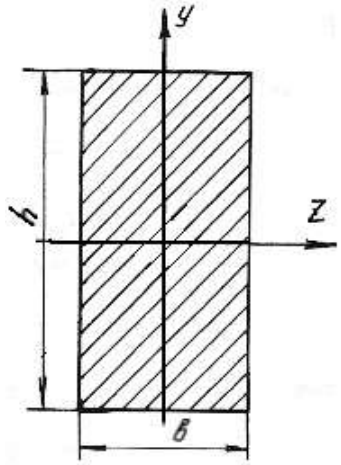
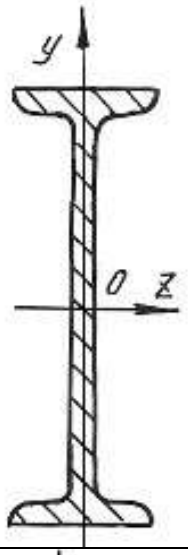
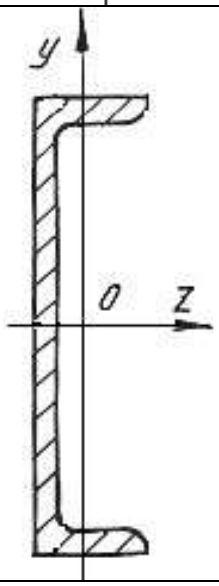


Рис. 7.1.

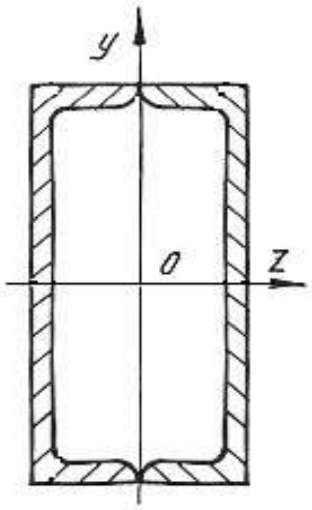
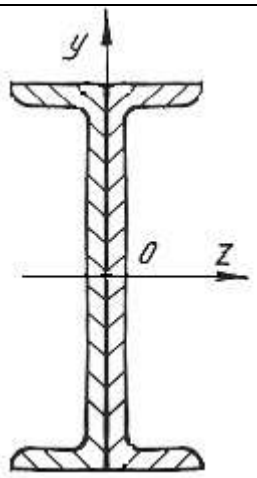
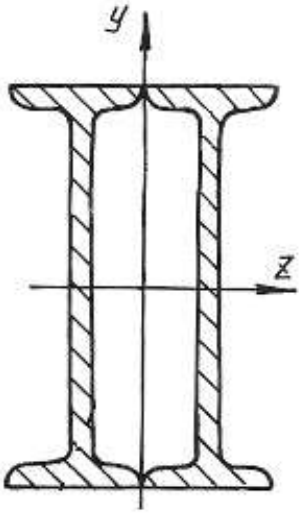
Таблица 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
1		Дерево	а б в г	3 4 4 1,6	90 120 150 60
2		Дерево	а б в г	3,6 5 5 2	140 250 400 180
3		Чугун	а б в г	5,2 4,8 4,5 2,8	600 800 900 700

Продолжение табл. 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
4		Чугун	а б в г	4,6 3,8 4,2 3,2	850 600 700 900
5		Сталь 5	а б в г	3,2 3,6 8 2,4	380 700 800 600
6		Сталь 3	а б в г	3,6 4,5 5 2,2	280 650 450 250

Окончание табл. 7.2

Номер варианта	Схема поперечного сечения	Материал	Способ закрепления	Длина стержня, м	Сжимающая нагрузка, кН
7		Сталь 3	а б в г	3 4 5,5 4,8	300 400 250 350
8		Сталь 3	а б в г	5,5 6,6 7 3,5	960 500 800 750
9		Сталь 3	а б в г	3 7 6 4	930 740 830 980

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности
21.05.04 Горное дело

Екатеринбург
2019

А 94
Рецензент: *Н.М.Суслов*, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики 04 апреля 2019г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ

А. А. Чиркова, А. П. Золкин, Д. Н. Суслов, А. И. Афанасьев
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ: учебно-методическое пособие и контрольные задания для выполнения РГР и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело*.– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 84 с.

Учебно-методическое пособие содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Осевое нагружение стержней переменного сечения. Определение деформаций при осевом нагружении», «Расчет вала на прочность при кручении. Определение углов закручивания вала – расчет на жесткость», «Расчет на прочность балки при изгибе. Подбор сечения балки», «Расчет на жесткость балки при изгибе. Определение формы изогнутой оси балки», «Расчет стержней на устойчивость», «Расчет статически неопределимых балок», «Расчет статически неопределимых рам».

© Чиркова А. А., Золкин А. П.,
Суслов Д.Н.,Афанасьев А. И. 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Задача №1. Осевое нагружение стержней 4
Задача №2. Расчёт вала на кручение и жёсткость….....11
Задача №3. Расчёт балки на прочность при изгибе 17
Задача №4. Расчёт балки на жёсткость 23
Задача №5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения……..……30
Задача № 6. Расчёт статически неопределемых стержневых систем. ……36
Задача 7.Расчет статически неопределимых балок ……..……...43
Задача №8. Расчет стержней на устойчивость……..67
Задача №9. Расчет статически неопределимых рам……..……...70
Оформление расчетно-графической работы.....84
Список рекомендуемой литературы 84

Задача № 1. Осевое нагружение стержней

Для стального стержня из условия прочности подобрать площади поперечных сечений при условии, что отношение площади большего участка к меньшему равно $k = S_m/S_x$. Построить эпюры: осевой силы N; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости стали $E = 200000$ МПа. Предел текучести стали σ_m. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести – n_m. Исходные данные сведены в табл. 1, расчетные схемы даны на рис. 1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче № 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
1	150	660	440	990	2,0	1,4	1,3	2,3	200	1,5	1,5	1
2	620	700	920	130	3,1	2,2	1,5	1,9	240	2,0	2,0	2
3	600	880	170	200	2,4	3,0	2,3	1,6	280	2,5	2,5	3
4	80	130	600	610	1,6	2,9	1,7	2,4	320	3,0	3,0	4
5	990	380	630	390	2,8	1,8	2,5	1,7	360	1,5	3,5	5
6	290	570	170	900	1,9	2,6	2,7	1,3	400	2,0	1,5	6
7	920	630	160	740	2,7	2,0	2,6	1,4	440	2,5	2,0	7
8	840	500	490	550	1,5	2,8	2,1	2,5	480	3,0	2,5	8
9	990	110	90	470	1,6	2,4	2,9	2,2	520	1,5	3,0	9
10	340	390	890	330	1,7	2,3	2,3	3,0	560	2,0	3,5	10
11	820	290	800	90	2,2	2,4	3,1	1,8	600	2,5	1,5	11
12	380	720	720	850	2,5	3,2	2,1	1,9	200	3,0	2,0	12
13	960	630	580	800	3,3	2,6	2,0	1,3	240	1,5	2,5	13
14	360	940	300	530	1,4	1,4	2,7	1,9	280	2,0	3,0	14
15	70	590	790	800	1,5	1,8	1,5	2,8	320	2,5	3,5	15
16	460	510	960	840	1,6	1,7	2,9	1,6	360	3,0	1,5	16
17	680	630	740	680	1,6	3,0	1,7	1,7	400	1,5	2,0	17
18	670	880	30	270	3,1	1,8	1,5	1,8	440	2,0	2,5	18
19	380	200	760	370	1,9	3,2	1,4	1,9	480	2,5	3,0	19
20	770	510	830	260	2,0	2,0	3,3	1,3	520	3,0	3,5	20
21	760	750	160	190	2,2	3,3	2,1	1,4	560	1,5	1,5	21
22	320	840	670	440	2,2	3,2	1,5	2,2	600	2,0	2,0	22
23	390	720	270	960	2,3	1,6	2,3	3,1	200	2,5	2,5	23
24	910	310	870	470	1,7	2,4	3,0	2,4	240	3,0	3,0	24
25	840	540	380	810	2,5	1,8	2,9	2,5	280	1,5	3,5	25
26	160	350	720	470	2,5	2,6	1,9	2,8	320	2,0	1,5	26
27	660	660	800	510	2,6	2,7	2,7	2,0	360	2,5	2,0	1
28	450	410	540	420	1,5	2,4	3,6	1,8	400	1,5	1,5	1
29	430	510	840	350	1,9	2,8	3,5	1,7	440	2,0	2,0	2

Окончание табл. 1

№ п/п	Сила, кН				Длина участка, м				$\sigma_т$, МПа	$n_т$	$k = S_m/S_x$	Номер схемы
	P_1	P_2	P_3	P_4	L_1	L_2	L_3	L_4				
30	520	900	620	820	2,3	2,4	3,0	2,2	480	2,5	2,5	3
31	690	500	790	740	2,7	2,0	2,6	2,6	520	3,0	3,0	4
32	860	240	260	490	3,1	1,6	2,3	2,4	560	1,5	3,5	5
33	990	60	930	580	3,5	2,1	2,7	1,8	600	2,0	1,5	6
34	30	870	740	280	2,9	2,7	1,9	2,3	200	2,5	2,0	7
35	900	610	570	60	2,3	2,1	1,3	1,7	240	3,0	2,5	8
36	360	200	350	470	2,5	1,6	2,9	2,3	280	1,5	3,0	9
37	940	560	980	660	1,8	2,5	1,9	2,0	320	2,0	3,5	10
38	990	620	370	840	2,7	2,4	3,2	1,6	360	2,5	1,5	11
39	650	310	430	890	3,0	1,7	1,8	2,4	400	3,0	2,0	12
40	870	560	80	360	1,6	1,6	2,2	2,2	440	1,5	2,5	13
41	580	280	210	540	2,8	2,1	2,0	3,3	480	2,0	3,0	14
42	720	410	750	290	1,5	2,4	2,7	1,8	520	2,5	3,5	15
43	240	860	590	420	1,9	2,4	2,3	2,6	560	3,0	1,5	16
44	70	570	650	450	2,0	3,1	2,5	1,9	600	1,5	2,0	17
45	160	450	830	680	1,4	2,1	2,3	2,5	200	2,0	2,5	18
46	450	430	400	470	3,2	2,2	2,6	2,1	240	2,5	3,0	19
47	870	440	190	330	3,0	1,4	2,3	2,2	280	3,0	3,5	20
48	370	390	190	740	2,2	1,7	1,8	2,4	320	1,5	1,5	21
49	890	210	920	260	2,2	2,4	2,5	1,6	360	2,0	2,0	22
50	350	820	330	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
51	710	150	300	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
52	900	110	730	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
53	860	630	550	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
54	520	40	640	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
55	830	760	920	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
56	720	730	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
57	120	860	670	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
58	980	80	940	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
59	240	60	20	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
60	820	300	790	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5
61	450	340	220	210	2,7	2,3	2,3	2,6	200	2,5	2,5	23
62	440	360	240	570	1,5	2,6	2,4	2,2	240	3,0	3,0	24
63	470	370	260	680	2,4	2,7	2,1	2,5	280	1,5	3,5	25
64	580	380	270	730	2,8	2,0	2,6	2,3	320	2,0	1,5	26
65	600	390	280	600	1,9	2,7	2,9	2,2	360	2,5	2,0	13
66	670	450	290	820	2,8	1,8	3,0	2,1	400	3,0	2,5	14
67	770	550	300	250	2,0	2,9	1,7	3,1	440	1,5	3,0	1
68	800	570	310	500	1,9	3,2	3,0	1,6	480	2,0	3,5	2
69	870	580	320	390	2,8	3,3	1,5	3,1	520	2,5	1,5	3
70	900	590	330	540	2,4	1,4	3,2	2,6	560	3,0	2,0	4
71	340	600	390	130	1,3	3,3	2,5	2,7	600	1,5	2,5	5

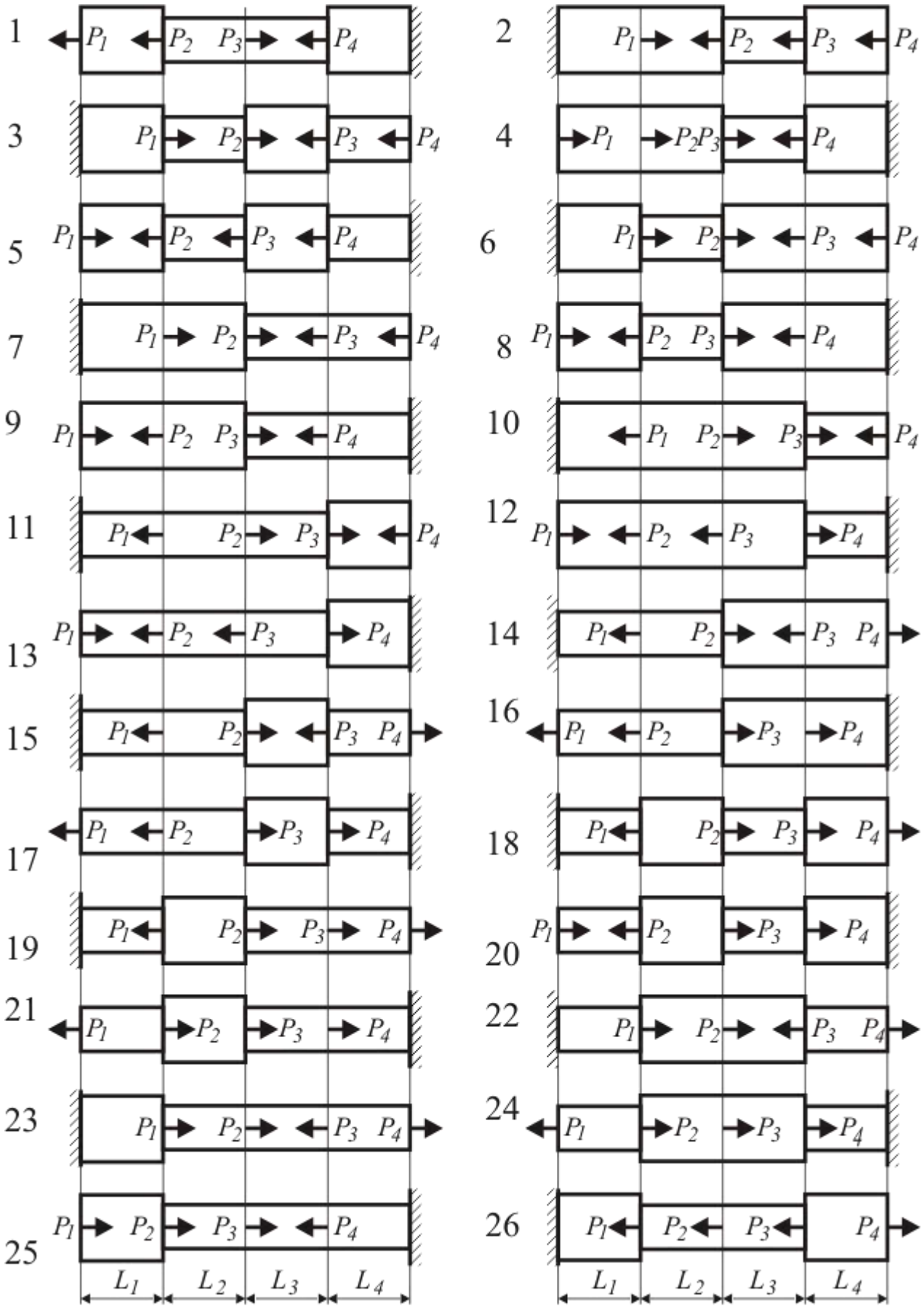


Рис. 1. Расчетная схема стержня

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 1

Стальной стержень нагружен в сечениях 1 – 4 осевыми силами $P_1 = 600$ кН, $P_2 = 900$ кН, $P_3 = 600$ кН, $P_4 = 900$ кН и заделан в сечении 5 (рис. 2, *а*). Длины участков равны: $L_1 = 0{,}75$ м, $L_2 = 1{,}25$ м, $L_3 = 1{,}75$ м, $L_4 = 2{,}25$ м. Выбрать из условия прочности площади поперечных сечений при дополнительном (конструктивно-технологическом) требовании, чтобы отношение площадей толстого и худого участков равнялось $k = S_m/S_x = 2{,}5$. Построить эпюры: осевой силы *N*; нормальных напряжений σ и продольных перемещений Δ. Модуль упругости *E* = 200000 МПа. Предел текучести стали $\sigma_m = 360$ МПа. Коэффициент запаса прочности по пределу текучести $n_m = 1{,}5$.

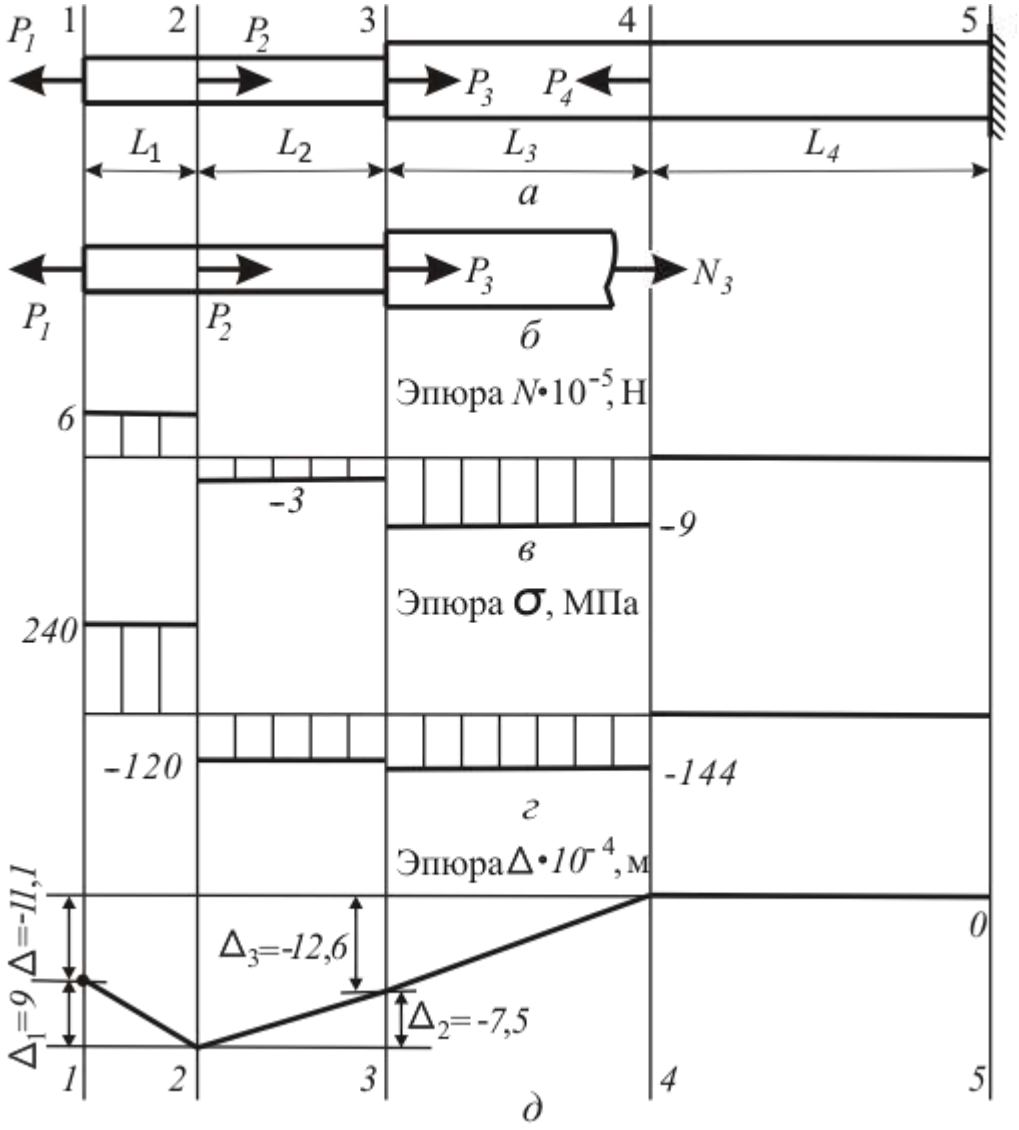


Рис. 2. Эпюры продольных сил, напряжений и перемещений

РЕШЕНИЕ

1. Силы переводим в ньютоны [Н]: $P_1 = 6 \cdot 10^5$; $N_2 = 9 \cdot 10^5$; $N_3 = 6 \cdot 10^5$; $N_4 = 9 \cdot 10^5$.

2. Модуль упругости E и предел текучести σ_m переводим в паскали [Па]:

$$E = 2 \cdot 10^{11}\,; \sigma_m = 3{,}6 \cdot 10^8.$$

3. Допускаемые напряжения [σ]:

$$[\sigma] = \sigma_m / n_m = 3{,}6 \cdot 10^8 / 1{,}5 = \ 2{,}4 \cdot 10^8 \text{ [Па]}.$$

4. Строим эпюру осевых сил методом сечений. Разрезаем стержень на участке i. Из двух полученных кусков выбираем свободный незакреплённый. В нашем случае свободен левый кусок. В разрезанном сечении прикладываем положительную растягивающую осевую силу N_i. Положительная осевая сила направлена наружу из отрезанного куска. Величину N_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы N_i и сил P_i, приложенных к левому куску разрезанного стержня.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют силы P_1 – P_3 и осевая сила N_3, приложенная в сечении (рис. 2, *б*). Из уравнения равновесия левого куска $N_3 + P_3 + P_2 - P_1 = 0$, находим $N_3 = -P_3 - P_2 + P_1 = -6 \cdot 10^5 - 9 \cdot 10^5 + 6 \cdot 10^5 = -9 \cdot 10^5$ [Н]. Знак «минус» указывает, что сила N_3 направлена внутрь куска (в сторону, обратную изначально выбранной). Участок 3 сжат. Найденное значение осевой силы откладываем на эпюре осевых сил. Для этого: отмечаем на оси абсцисс координату сечения, через неё проводим нормаль, и на нормали откладываем в выбранном масштабе значение $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н] (рис. 2, *в*). Уравнение равновесия левого куска не зависит от положения сечения, в котором разрезан участок 3. Следовательно, осевая сила сохраняет постоянное значение в любом нормальном сечении участка 3. Через точку с ординатой $N_3 = -9 \cdot 10^5$ между вертикалями 3 и 4 проводим прямую, параллельную оси стержня.

5. Для других участков получаем: $N_1 = 6 \cdot 10^5$ [Н]; $N_2 = -3 \cdot 10^5$ [Н]; $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н]; $N_4 = 0$ [Н]. Эпюра осевых сил дана на рис. 2, *г*.

6. По эпюре осевых сил находим наибольшие по модулю осевые силы, действующие на толстом и тонком участках

$$N_m = \max\{|N_3|, N_4\} = \max\{|-9 \cdot 10^5|, 0\} = 9 \cdot 10^5 \text{ [Н]},$$
$$N_x = \max\{N_1, |N_2|\} = \max\{6 \cdot 10^5, |-3 \cdot 10^5|\} = 6 \cdot 10^5 \text{ [Н]}.$$

7. Необходимая по условию прочности площадь толстого участка

$$S_{\sigma m} = N_m / [\sigma] = \ 9 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 3{,}75 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]},$$

необходимая по условию прочности площадь тонкого участка

$$S_{\sigma x} = N_x / [\sigma] = \ 6 \cdot 10^5 / 2{,}4 \cdot 10^8 = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ [м}^2\text{]}.$$

8. Выполнить конструктивные требования можно двумя способами:

способ 1: для толстого участка взять площадь $S_{\sigma m}$, необходимую по условию прочности, для тонкого участка взять площадь толстого, уменьшенную в k раз, $S_{kx} = S_{\sigma m}/k = 3{,}75 \cdot 10^{-3}/2{,}5 = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ [м^2];

способ 2: для тонкого участка взять площадь $S_{\sigma x}$, необходимую по условию прочности, для толстого участка взять площадь тонкого, увеличенную в k раз, $S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2].

В первом случае площадь тонкого участка, взятая из конструктивных требований, меньше площади, необходимой по условию прочности.

$$S_{kx} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} < S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}.$$

При первом способе не выполнено условие прочности для тонкого участка. Во втором случае конструктивная площадь толстого участка больше площади, необходимой по условию прочности

$$S_{km} = k\,S_{\sigma x} = 2{,}5 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3} > S_{\sigma m} = 6{,}25 \cdot 10^{-3}.$$

При втором способе условие прочности выполнено. Назначаем площади

$$S_x = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2];\ S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}\ [\text{м}^2].$$

9. Напряжения, действующие на участке i, определяем по формуле

$$\sigma_i = N_i/S_{x(m)}.$$

где N_i – значение осевой силы на участке i, взятое со своим знаком с эпюры N (рис. 2, *г*) ; $S_{x(m)}$ – назначенная площадь участка.

Пусть $i = 3$, $N_3 = -9 \cdot 10^5$ [Н], $S_m = 6{,}25 \cdot 10^{-3}$ [м^2]. Напряжения равны

$$\sigma_3 = N_3/S_ж = -9 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}44 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2].$$

10. На остальных участках напряжения равны:

$$\sigma_1 = N_1/S_x = 6 \cdot 10^5/(2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 2{,}4 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_2 = N_2/S_x = -3 \cdot 10^5/6{,}25^{-3} = -1{,}2 \cdot 10^8\ [\text{Н/м}^2];$$
$$\sigma_4 = N_4/S_ж = 0/6{,}25^{-3} = 0\ [\text{Н/м}^2].$$

Эпюра напряжений построена на рис. 2, *д*.

11. Удлинение Δ_i [м] участка i определяем по формуле

$$\Delta_i = N_i\,L_i/(E\,S_{x(m)}).$$

Получаем:

$$\Delta_1 = N_1\,L_1/(E\,S_x) = 6 \cdot 10^5 \cdot 0{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = 9{,}00 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_2 = N_2\,L_2/(E\,S_x) = -3 \cdot 10^5 \cdot 1{,}25/(2 \cdot 10^{11} \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-3}) = -7{,}50 \cdot 10^{-4};$$
$$\Delta_3 = N_3\,L_3/(E\,S_ж) = -9 \cdot 10^5 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = -1{,}26 \cdot 10^{-3};$$
$$\Delta_4 = N_4\,L_4/(E\,S_ж) = 0 \cdot 1{,}75/(2 \cdot 10^{11} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3}) = 0.$$

12. Строим эпюру перемещений. Сечение 5, в котором стержень защемлён, неподвижно. Проводим ось стержня Z и отмечаем как 0 точку её пересечения с вертикалью 5. На вертикали 4 следует отложить вверх в принятом масштабе удлинение Δ_4 участка 4. Поскольку $\Delta_4 = 0$, сечение 4 не смещается. Отмечаем точку пересечения оси Z с вертикалью 4. Соединяем

жирной линией нули вертикалей 5 и 4.

Участок 3 сжался на $\Delta_3 = -1{,}26 \cdot 10^{-3}$ м. На вертикали 3 откладываем вниз из точки её пересечения с осью Z отрезок Δ_3. Соединяем конец этого отрезка с нулём вертикали 4.

Участок 2 укоротился на $\Delta_2 = -7{,}5 \cdot 10^{-4}$. На вертикали 2 из точки с ординатой Δ_3 откладываем вниз отрезок Δ_2. Ордината полученного отрезка равна $\Delta_2 + \Delta_3 = -7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} = -2{,}01 \cdot 10^{-3}$ м. Соединяем прямой концы отрезков, отложенных на вертикалях 2 и 3.

Участок 1 удлинился на $\Delta_1 = 9{,}00 \cdot 10^{-4}$. Проектируем на вертикаль 1 отрезок, построенный на вертикали 2, из конца проекции откладываем вверх отрезок Δ_1. Длина отрезка, построенного на вертикали 1, будет $\Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 = 9 \cdot 10^{-4} - 7{,}5 \cdot 10^{-4} - 1{,}26 \cdot 10^{-3} + 0 = -1{,}11 \cdot 10^{-3}$. Соединяем между собой концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2 (рис. 2, *д*).

Задача № 2. Расчёт вала на кручение и жёсткость

Стальной вал, на котором жестко закреплены 5 шкивов (рис. 3, *а*), вращается со скоростью n [об/мин]. Нумерация шкивов – слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое поперечное сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность N_3 [кВт]. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности (кВт): N_1, N_2, N_4, N_5. Выбрать диаметры участков стального вала из условия прочности по допускаемому касательному напряжению $[\tau]$ и условия жёсткости по допускаемому относительному углу закручивания $[\theta^\circ]$. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков ($L_1 - L_4$,) в [м] заданы. Модуль сдвига стали равен $G = 80000$ МПа.

Таблица 2

Исходные данные к задаче № 2

№ п/п	n, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				$[\tau]$, МПа	$[\theta^\circ]$, $\frac{\text{град}}{\text{м}}$
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
1	120	0,40	3	5	15	4	3	0,75	2,00	0,75	2,00	30	0,25
2	160	0,45	4	7	20	6	3	1,00	2,25	1,00	1,75	40	0,50
3	200	0,50	4	7	25	8	6	1,25	2,50	1,25	1,50	50	0,75
4	240	0,55	7	8	30	9	6	1,50	0,75	1,50	1,25	60	1,00
5	280	0,60	8	11	35	9	7	1,75	1,00	1,75	1,00	70	1,25
6	320	0,65	8	13	40	10	9	2,00	1,25	2,00	0,75	80	1,50
7	360	0,70	9	15	45	13	8	2,25	1,50	0,75	2,00	90	1,75
8	400	0,75	9	16	50	17	8	2,50	1,75	1,00	1,75	100	2,00
9	440	0,80	10	17	55	16	12	2,75	2,00	1,25	1,50	110	2,25
10	480	0,85	12	18	60	22	8	0,75	2,25	1,50	1,25	120	2,50
11	520	0,90	12	24	65	16	13	1,00	2,50	1,75	1,00	130	2,75
12	560	0,95	16	22	70	19	13	1,25	0,75	2,00	0,75	30	3,00
13	600	0,40	18	25	75	20	12	1,50	1,00	2,25	2,00	40	3,25
14	640	0,45	16	22	80	28	14	1,75	1,25	0,75	1,75	50	3,50
15	680	0,50	18	26	85	24	17	2,00	1,50	1,00	1,50	60	3,75
16	120	0,55	18	30	90	25	17	2,25	1,75	1,25	1,25	70	4,00
17	160	0,60	19	30	95	25	21	2,50	2,00	1,50	1,00	80	0,25
18	200	0,65	3	5	15	4	3	2,75	2,25	1,75	0,75	90	0,50
19	240	0,70	4	7	20	6	3	0,75	2,50	2,00	2,00	100	0,75
20	280	0,75	4	7	25	8	6	1,00	0,75	2,25	1,75	110	1,00
21	320	0,80	7	8	30	9	6	1,25	1,00	0,75	1,50	120	1,25
22	360	0,85	8	11	35	9	7	1,50	1,25	1,00	1,25	130	1,50
23	400	0,90	8	13	40	10	9	1,75	1,50	1,25	1,00	30	1,75
24	440	0,95	9	15	45	13	8	2,00	1,75	1,50	0,75	40	2,00
25	480	0,40	9	16	50	17	8	2,25	2,00	1,75	2,00	50	2,25
26	520	0,45	10	17	55	16	12	2,50	2,25	2,00	1,75	60	2,50

Окончание табл. 2

№ п/п	n, об/мин	δ	Мощность, кВт					Длина участка, м				[τ], МПа	$[\theta^{\circ}]$, град/м
			N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	L_1	L_2	L_3	L_4		
27	560	0,50	12	18	60	22	8	2,75	2,50	2,25	1,50	70	2,75
28	600	0,55	12	24	65	16	13	0,75	0,75	0,75	1,25	80	3,00
29	640	0,60	16	22	70	19	13	1,00	1,00	1,00	1,00	90	3,25
30	680	0,65	18	25	75	20	12	1,25	1,25	1,25	0,75	100	3,50
31	120	0,70	16	22	80	28	14	1,50	1,50	1,50	2,00	110	3,75
32	160	0,75	18	26	85	24	17	1,75	1,75	1,75	1,75	120	4,00
33	200	0,80	18	30	90	25	17	2,00	2,00	2,00	1,50	130	0,25
34	240	0,85	19	30	95	25	21	2,25	2,25	2,25	1,25	30	0,50
35	280	0,90	3	5	15	4	3	2,50	2,50	0,75	1,00	40	0,75
36	320	0,95	4	7	20	6	3	2,75	0,75	1,00	0,75	50	1,00
37	360	0,40	4	7	25	8	6	0,75	1,00	1,25	2,00	60	1,25
38	400	0,45	7	8	30	9	6	1,00	1,25	1,50	1,75	70	1,50
39	440	0,50	8	11	35	9	7	1,25	1,50	1,75	1,50	80	1,75
40	480	0,55	8	13	40	10	9	1,50	1,75	2,00	1,25	90	2,00
41	520	0,60	9	15	45	13	8	1,75	2,00	2,25	1,00	100	2,25
42	560	0,65	9	16	50	17	8	2,00	2,25	0,75	0,75	110	2,50
43	600	0,70	10	17	55	16	12	2,25	2,50	1,00	2,00	120	2,75
44	640	0,75	12	18	60	22	8	2,50	0,75	1,25	1,75	130	3,00
45	680	0,80	12	24	65	16	13	2,75	1,00	1,50	1,50	30	3,25
46	120	0,85	16	22	70	19	13	0,75	1,25	1,75	1,25	40	3,50
47	160	0,90	18	25	75	20	12	1,00	1,50	2,00	1,00	50	3,75
48	200	0,95	16	22	80	28	14	1,25	1,75	2,25	0,75	60	4,00
49	240	0,40	18	26	85	24	17	1,50	2,00	0,75	2,00	70	0,25
50	280	0,45	18	30	90	25	17	1,75	2,25	1,00	1,75	80	0,50
51	320	0,50	19	30	95	25	21	2,00	2,50	1,25	1,50	90	0,75
52	360	0,55	3	5	15	4	3	2,25	0,75	1,50	1,25	100	1,00
53	400	0,60	4	7	20	6	3	2,50	1,00	1,75	1,00	110	1,25
54	440	0,65	4	7	25	8	6	2,75	1,25	2,00	0,75	120	1,50
55	480	0,70	7	8	30	9	6	0,75	1,50	2,25	2,00	130	1,75
56	520	0,75	8	11	35	9	7	1,00	1,75	0,75	1,75	30	2,00
57	560	0,80	8	13	40	10	9	1,25	2,00	1,00	1,50	40	2,25
58	600	0,85	9	15	45	13	8	1,50	2,25	1,25	1,25	50	2,50
59	640	0,90	9	16	50	17	8	1,75	2,50	1,50	1,00	60	2,75
60	680	0,95	10	17	55	16	12	2,00	0,75	1,75	0,75	70	3,00
61	120	0,40	13	22	60	16	9	2,00	2,25	1,00	2,25	80	3,25
62	160	0,45	11	21	65	23	10	1,75	2,50	1,25	0,75	90	3,50
63	200	0,50	15	19	70	23	13	1,50	2,75	1,50	1,00	100	3,75
64	240	0,55	14	21	75	25	15	1,25	0,75	1,75	1,25	110	4,00

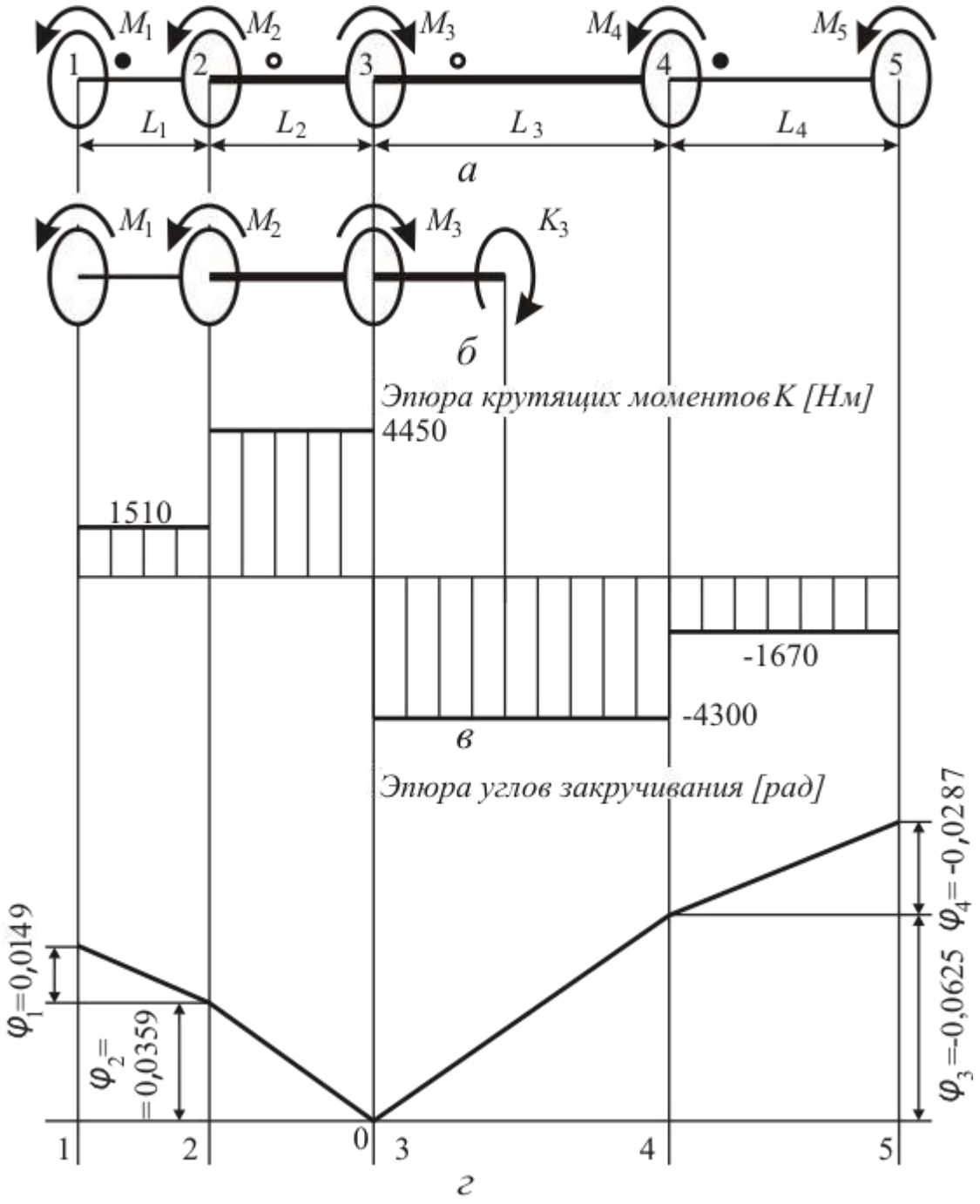


Рис. 3. Расчетная схема вала, эпюры момента и углов закручивания

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 2

Стальной вал, несущий 5 шкивов (см.рис. 3, *а*), вращается со скоростью $n = 360$ об/мин. Шкивы пронумерованы слева направо. Участку вала между шкивами присвоен номер левого шкива. Участки 1 и 4 имеют одинаковое круглое сечение, участки 2 и 3 — кольцевое. Отношение внутреннего диаметра кольца к наружному равно $\delta = 0{,}65$. На шкив 3 подана мощность $N_3 = 110$ кВт. Шкивы 1, 2, 4, 5 отбирают мощности [кВт]: $N_1 = 19$, $N_2 = 37$, $N_4 = 33$, $N_5 = 21$. Выбрать диаметры участков вала из условий прочности и жёсткости, если допускаемые касательные напряжения $[\tau] = 70$ МПа, а допускаемый

относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}] = 1{,}75$ град/м. Построить эпюру углов закручивания вала. Длины участков [м]: $L_1 = 1{,}00$; $L_2 = 1{,}25$; $L_3 = 2{,}25$; $L_4 = 1{,}75$. Модуль сдвига стали $G = 80000$ МПа.

РЕШЕНИЕ

1. Мощности переводим в ватты [Вт]: $N_1 = 1{,}9 \cdot 10^4$; $N_2 = 3{,}7 \cdot 10^4$; $N_3 = 1{,}1 \cdot 10^5$; $N_4 = 3{,}3 \cdot 10^4$; $N_5 = 2{,}1 \cdot 10^4$.

2. Модуль сдвига G и допускаемые касательные напряжения $[\tau]$ переводим в паскали [Па]: $G = 8 \cdot 10^{10}$; $[\tau] = 7 \cdot 10^7$.

3. Допускаемый относительный угол закручивания $[\theta^{\circ}]$ задаём в [рад/м]

$$[\theta] = \pi/180\ [\theta^{\circ}] = 3{,}14/180 \cdot 1{,}75 = 0{,}0305.$$

4. Угловая скорость вала:

$$\omega = 2\pi n/60 = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 360/60 = 12{,}6 \text{ [рад/с]}.$$

5.Моменты [Н · м], приложенные к шкивам, находим по формуле

$$M_i = N_i/\omega,\ (i = 1{,}2{,}\ldots{,}5).$$

Получаем: $M_1 = 1510$, $M_2 = 2940$, $M_3 = -8750$, $M_4 = 2630$, $M_5 = 1670$.

6.Строим эпюру крутящих моментов методом сечений. Разрезаем вал на участке i, выбираем левый кусок и прикладываем в разрезанном сечении крутящий момент K_i, вращающий вал по ходу стрелок часов. Величину K_i находим из условия равенства нулю алгебраической суммы момента K_i и моментов M_i, приложенных к шкивам, находящимся на левом куске вала.

Пусть $i = 3$. На левый кусок действуют момент K_3 и моменты $M_1 - M_3$, приложенные к шкивам 1 – 3 (рис. 3, *б*). Из уравнения равновесия куска

$$K_3 + M_3 - M_2 - M_1 = 0$$

получаем

$$K_3 = -M_3 + M_2 + M_1 = -8750 + 2940 + 1510 = -4300..\text{Н} \cdot \text{м}].$$

Найденное значение крутящего момента откладываем на эпюре крутящих моментов K. Для этого отмечаем на оси абсцисс координату сечения и из отмеченной точки откладываем вниз перпендикулярно оси (в выбранном масштабе) значение $K_3 = -4300$. Участок 3 разрезан произвольно, поэтому полученный результат справедлив для любого выбранного на участке 3 сечения. Между вертикалями 3 и 4 через построенную точку K_3 проводим прямую, параллельную оси вала (рис. 3, *в*).

7. Расчётный момент для подбора диаметра круглого вала из условия прочности..$M_к = \max\{K_1, |K_4|\} = \max\{1510, |-1670|\} = 1670$..[Н· м].

Расчётный момент для подбора диаметра кольцевого вала из условия прочности..$M_m = \max\{K_2, |K_3|\} = \max\{4450, |-4300|\} = 4450$ [Н· м].

8. Диаметр круглого вала из условия прочности

$$D_{к\tau} = \sqrt[3]{16\,M_к/(\pi\,[\tau])} = (16\cdot 1670/(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7))^{1/3} = 0{,}0576\,[\text{м}].$$

9.Диаметр круглого вала из условия жёсткости

$$D_{к\theta} = \sqrt[4]{32\,M_к/(\pi\,G\,[\theta])} = \sqrt[4]{32\cdot/(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305} = 0{,}0575[\text{м}].$$

Выбираем большее из чисел $D_{к\tau}$ и $D_{к\theta}$, переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{к\tau}\cdot 10^3 = 0{,}0576\cdot 10^3 < 60$ мм. Диаметр участков 1 и 4 выбираем равным $D_к = 60{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}06\,[\text{м}]$.

10. Ищем полярный момент инерции круглого вала

$$J_{рк} = \pi\,D_к^4/32 = 3{,}14\cdot 0{,}06^4/32 = 1{,}27\cdot 10^{-6}[\text{м}^4].$$

11. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 1 и 4 по формуле

$$\varphi_i = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}),\quad (i = 1{,}4).$$

Получаем:

$$\varphi_1 = M_i\cdot L_i/(G\cdot J_{рк}) = 1510\cdot 1{,}00/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = 0{,}0149,$$
$$\varphi_4 = M_1\cdot L_1/(G\cdot J_{рк}) = -1670\cdot 1{,}75/(8\cdot 10^{10}\cdot 1{,}27\cdot 10^{-6}) = -0{,}0287.$$

12. Диаметр вала кольцевого сечения из условия прочности

$$D_{m\tau} = \sqrt[3]{16\,M_m/\left(\pi\,[\tau]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \left(16\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 7\cdot 10^7\cdot(1-0{,}65^4)\right)\right)^{1/3} = 0{,}0687\,[\text{м}].$$

13. Диаметр вала кольцевого сечения из условия жёсткости:

$$D_{m\theta} = \sqrt[4]{32\,M_m/\left(\pi\,G[\theta]\left(1-\delta^4\right)\right)} =$$
$$= \sqrt[4]{32\cdot 4450/\left(3{,}14\cdot 8\cdot 10^{10}\cdot 0{,}0305\cdot(1-0{,}65^4)\right)} = 0{,}0689\ [\text{м}].$$

14. Большее из значений $D_{m\tau}$ и $D_{m\theta}$ переводим в миллиметры и округляем в большую сторону до стандартного (кратного 5 мм) значения. $D_{m\theta}\cdot 1000 = 0{,}0689\cdot 1000 = 68{,}9 < 70$ мм. Наружный диаметр вала кольцевого сечения назначаем равным $D_m = 70{,}0\,[\text{мм}] = 0{,}07\,[\text{м}]$.

15. Внутренний диаметр кольцевого сечения вала

$$d_m = \delta\,D_m = 0{,}65\cdot 0{,}07 = 0{,}0455\,[\text{мм}].$$

16. Ищем полярный момент инерции кольцевого сечения

$$J_{pm} = \pi\,D_m^4\,(1-\delta^4)/32 = 3{,}14\cdot 0{,}07^4\cdot(1-0{,}65^4)/32 = 1{,}94\cdot 10^{-6}\,[\text{м}^4].$$

17. Вычисляем углы закручивания [рад] участков 2 и 3:

$$\varphi_2 = M_2 \cdot L_2/(G \cdot J_{p\,кр}) = 4450 \cdot 1{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = 0{,}0359;$$
$$\varphi_3 = M_3 \cdot L_3/(G \cdot J_{p\,кр}) = -4300 \cdot 2{,}25/(8 \cdot 10^{10} \cdot 1{,}94 \cdot 10^{-6}) = -0{,}0625.$$

18. Строим эпюру углов закручивания вала. Вал равномерно вращается. Ведущий шкив 3 считаем условно неподвижным. Проводим ось вала Z и точку её пересечения с вертикалью 3 отмечаем как 0.

На вертикали 2 откладываем вверх в принятом масштабе величину φ_2. Соединяем прямой линией точки с ординатами 0 и φ_2. На этот угол повернулся шкив 2 относительно ведущего шкива 3. Вместе со шкивом 2 на тот же угол повернулся как целое участок 1 – 2 вала со шкивом 1.

Поворот шкива 1 относительно ведущего шкива 3 складывается из поворота участка вала 1 – 2 как жёсткого целого плюс поворот из-за деформации участка 1 – 2. Проектируем на вертикаль 1 отрезок φ_2 и из его конца откладываем отрезок φ_1. Расстояние $\varphi_1 + \varphi_2$ от оси Z до конца суммарного отрезка, построенного на вертикали 1, пропорционально углу поворота шкива 1 относительно шкива 3. Концы отрезков, построенных на вертикалях 1 и 2, соединяем прямой.

Построение углов поворота дисков 4 и 5 относительно диска 3 подобно приведённому. На вертикали 4 откладываем вниз отрезок φ_3 – пропорциональный углу закручивания участка 3 – 4 вала. Конец этого отрезка соединяем прямой с нулём вертикали 3. Проектируем отрезок φ_3 на вертикаль 5 и из конца проекции откладываем вниз отрезок φ_4, пропорциональный углу закручивания участка 4 – 5 вала. Отрезок $\varphi_3 + \varphi_4$ представляет угол поворота шкива 5 относительно ведущего шкива 3. Концы отрезков на вертикалях 4 и 5 соединяем прямой. Эпюра углов закручивания вала дана на рис. 3, *г*.

Задача № 3. Расчёт балки на прочность при изгибе

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной нагрузкой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. Построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и по заданным допускаемым напряжениям [σ] подобрать стандартный двутавр и брус прямоугольного сечения с соотношением сторон 1:2 (высота в 2 раза больше ширины). Сравнить массы 1 м двутавра и прямоугольного бруса.

Таблица 3

Исходные данные к задаче № 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
1	75,0	125	20	0	2,0	1,4	1,3	200
2	65,0	215	60	0	3,1	2,2	1,5	240
3	60,0	130	40	0	2,4	3,0	2,3	280
4	80,0	220	24	0	2,6	2,9	1,7	320
5	90,0	135	56	0	2,8	1,8	2,5	360
6	95,0	225	38	0	2,9	2,6	2,7	400
7	95,0	140	28	0	2,7	2,0	2,6	440
8	85,0	220	52	0	2,5	2,8	2,1	480
9	90,0	145	36	0	2,6	2,4	2,9	520
10	35,0	215	32	0	2,7	2,3	2,3	560
11	82,0	150	48	0	2,2	2,4	3,1	600
12	38,0	210	34	0	2,5	3,2	2,1	640
13	96,0	155	36	0	3,3	2,6	2,0	680
14	36,0	205	44	0	2,4	1,4	2,7	200
15	70,0	160	32	0	2,5	1,8	1,5	240
16	46,0	200	40	0	2,6	1,7	2,9	280
17	68,0	165	40	0	2,6	3,0	1,7	320
18	67,0	195	30	0	3,1	1,8	1,5	360
19	38,0	170	44	0	2,9	3,2	1,4	400
20	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
21	76,0	175	28	0	2,2	3,3	2,1	480
22	32,0	185	48	0	2,2	3,2	1,5	520
23	39,0	180	32	0	2,3	1,6	2,3	560
24	91,0	225	26	0	2,7	2,4	3,0	600
25	68,0	125	52	0	2,5	2,6	2,5	640
26	66,0	220	26	0	2,6	2,7	3,2	680
27	45,0	130	24	0	2,5	2,4	1,5	200
28	43,0	215	56	0	2,9	2,8	3,0	240
29	52,0	135	22	0	2,3	2,4	1,7	280
30	69,0	210	22	0	2,7	2,0	3,0	320
31	86,0	140	60	0	3,1	1,6	2,9	360

Окончание табл. 3

Номер схемы	Нагрузка			Длина участка, м				[σ], МПа
	P, кН	M, кН · м	q, кН/м	L_0	L_1	L_2	L_3	
32	99,0	205	18	1,6	3,5	2,1	2,6	400
33	30,0	145	20	1,8	2,9	2,7	2,1	440
34	90,0	200	58	2,0	2,3	2,1	2,4	480
35	36,0	150	60	2,2	2,5	1,6	2,3	520
36	94,0	195	40	2,4	2,8	2,5	2,5	560
37	99,0	155	54	2,6	2,7	2,4	1,8	600
38	65,0	190	55	2,8	3,0	1,7	2,3	640
39	87,0	160	42	3,0	2,6	1,6	2,6	680
40	58,0	185	50	3,0	2,8	2,1	2,3	200
41	72,0	165	50	2,8	2,5	2,4	2,5	240
42	24,0	180	44	2,6	1,9	2,4	2,3	280
43	70,0	170	46	2,4	2,0	3,1	2,7	320
44	46,0	175	45	2,2	2,4	2,1	2,0	360
45	45,0	175	46	2,0	3,2	2,2	2,2	400
46	87,0	165	42	1,8	3,0	1,4	1,8	440
47	37,0	180	40	1,6	2,2	1,7	3,2	480
48	89,0	160	48	1,6	2,2	2,4	1,9	520
49	35,0	185	38	1,8	2,7	2,3	2,9	560
50	71,0	155	35	2,0	2,5	2,6	1,3	600
51	90,0	190	50	2,2	2,4	2,7	1,9	640
52	86,0	150	34	2,4	2,8	2,0	2,7	680
53	52,0	195	30	2,6	2,9	2,7	2,3	200
54	83,0	145	52	2,8	2,8	1,8	2,6	240
55	72,0	200	30	3,0	2,0	2,9	3,0	280
56	82,0	140	25	3,0	2,9	3,2	3,5	320
57	98,0	205	54	2,8	2,8	3,3	3,6	360
58	47,0	135	26	2,6	2,4	1,4	2,7	400
59	82,0	210	22	2,4	2,3	3,3	1,9	440
60	65,0	130	30	3,2	2,5	1,7	2,3	480
61	46,0	175	26	2,6	2,4	1,9	2,1	520
62	69,0	140	45	2,0	2,4	2,2	1,4	560
63	34,0	200	38	2,2	2,8	2,6	1,8	600
64	68	215	32	1,8	3,0	2,4	1,8	640

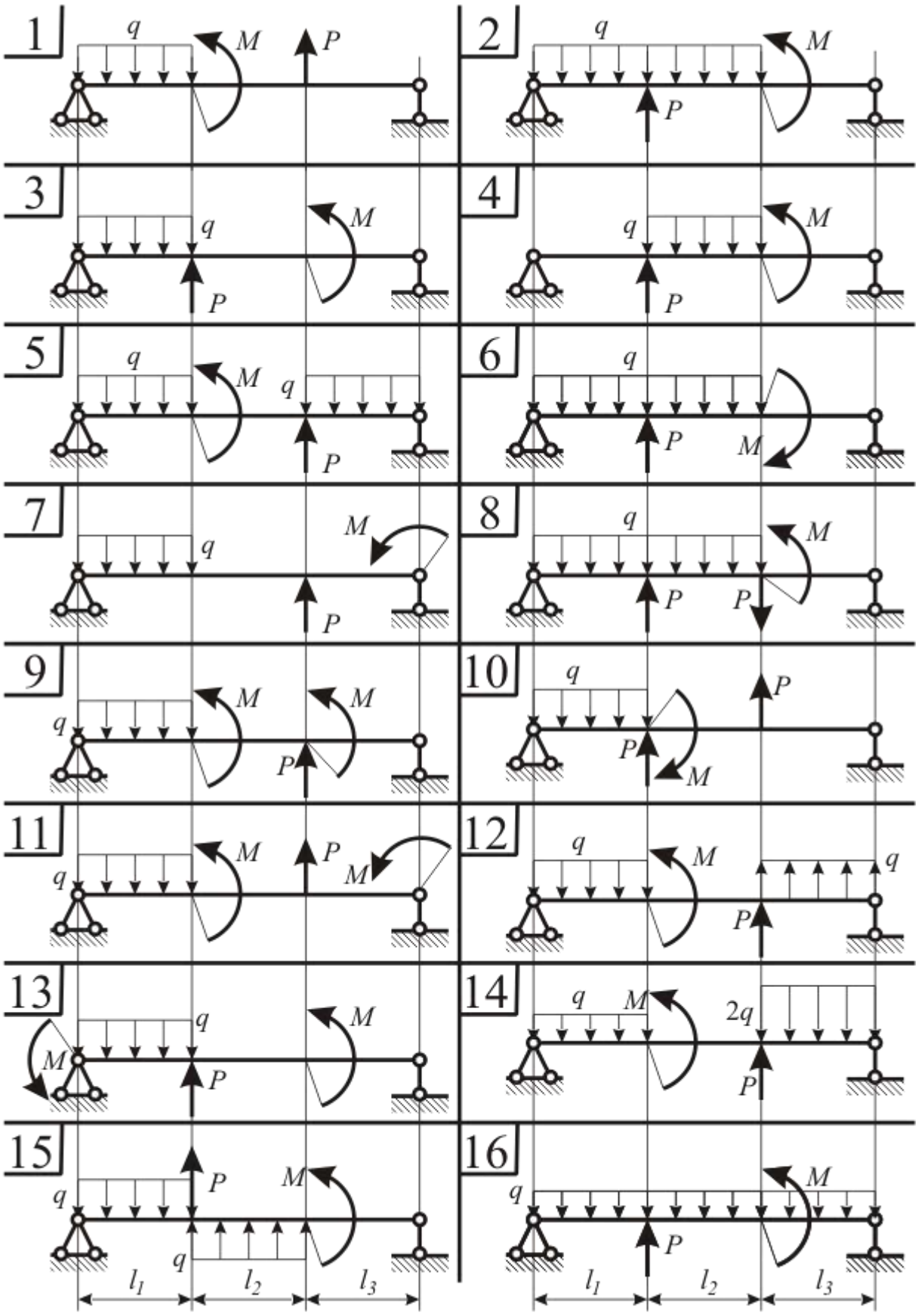


Рис. 4.1. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 1 - 16

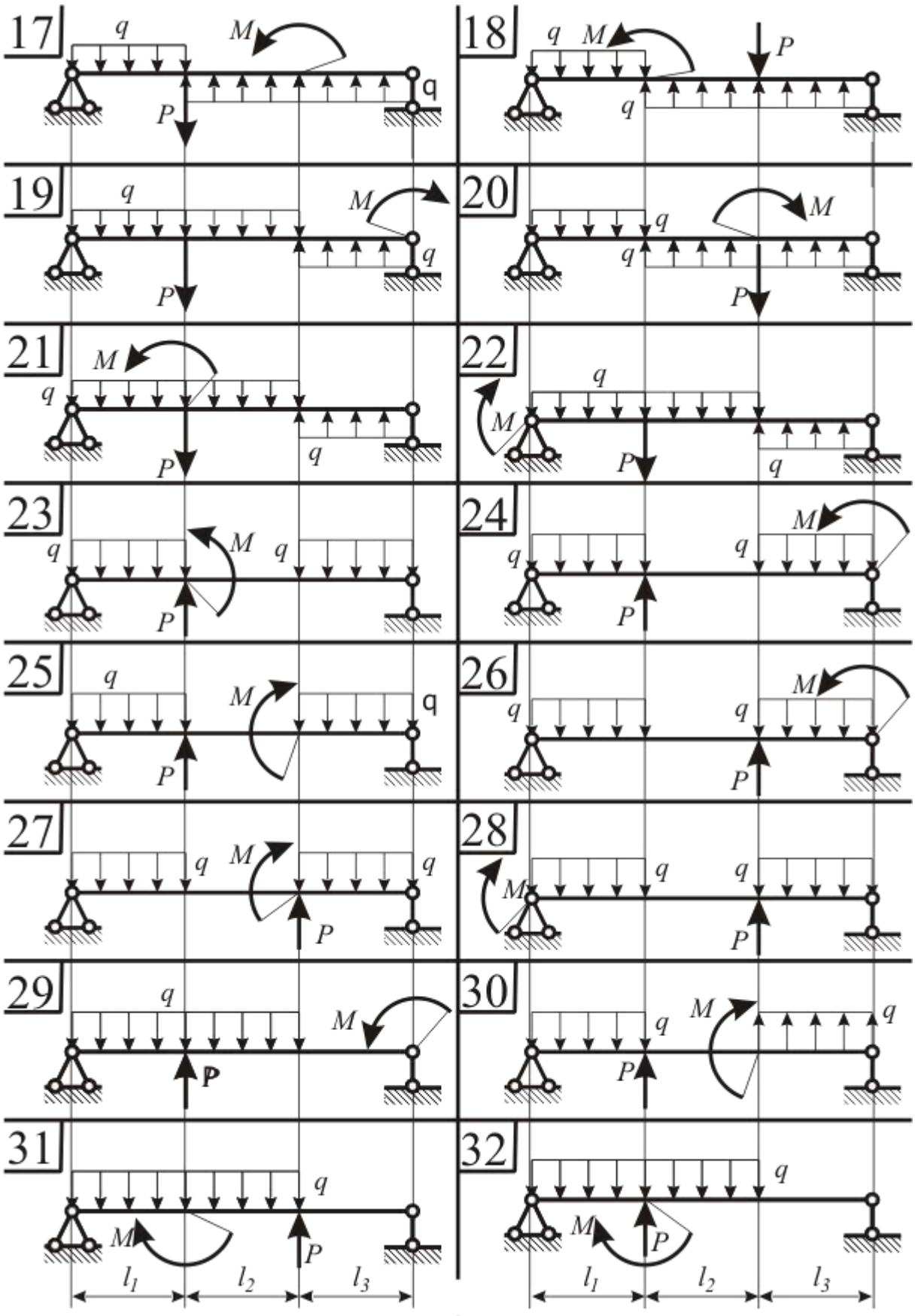


Рис. 4.2. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 17 - 32

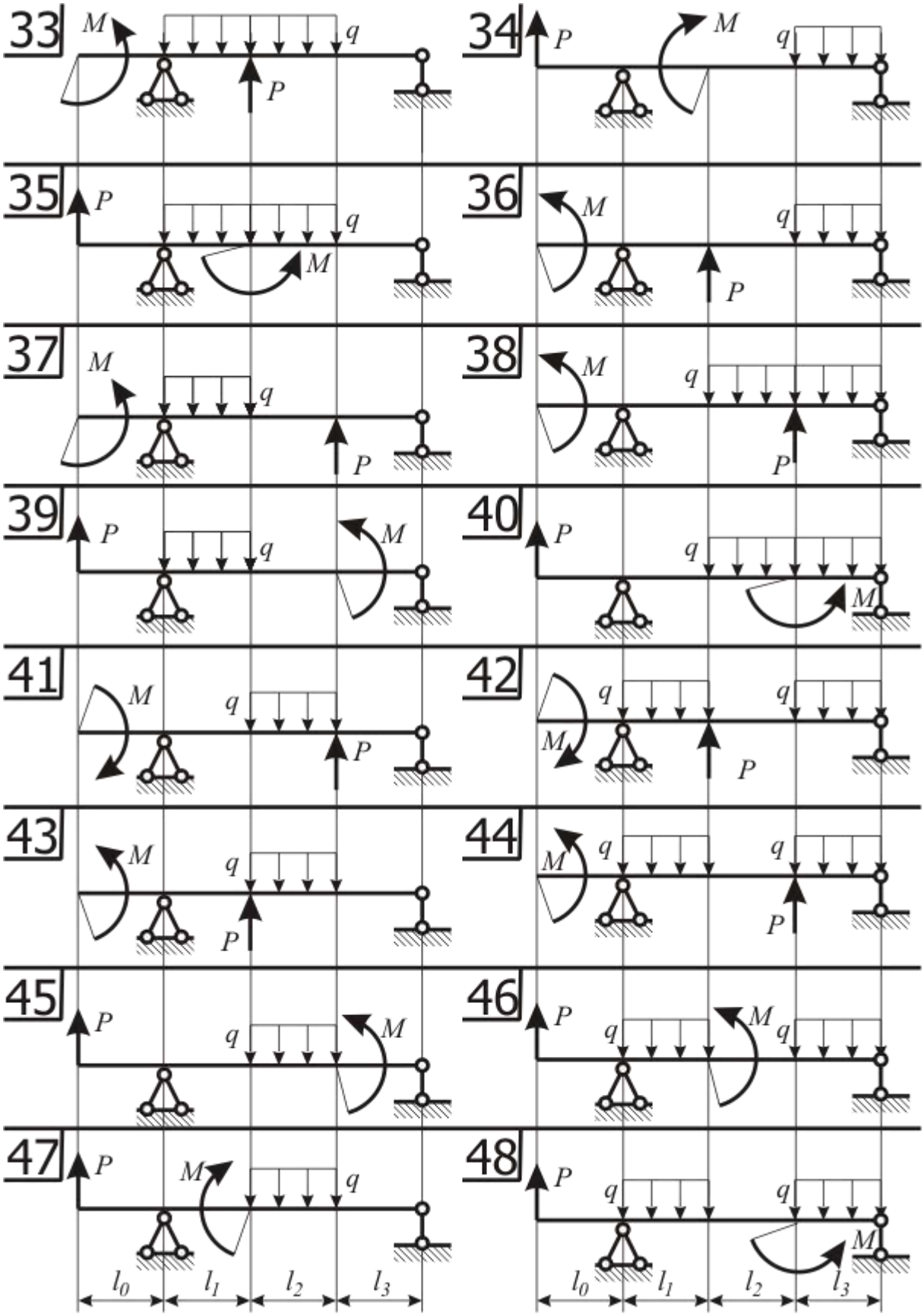


Рис. 4.3. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 33 - 48

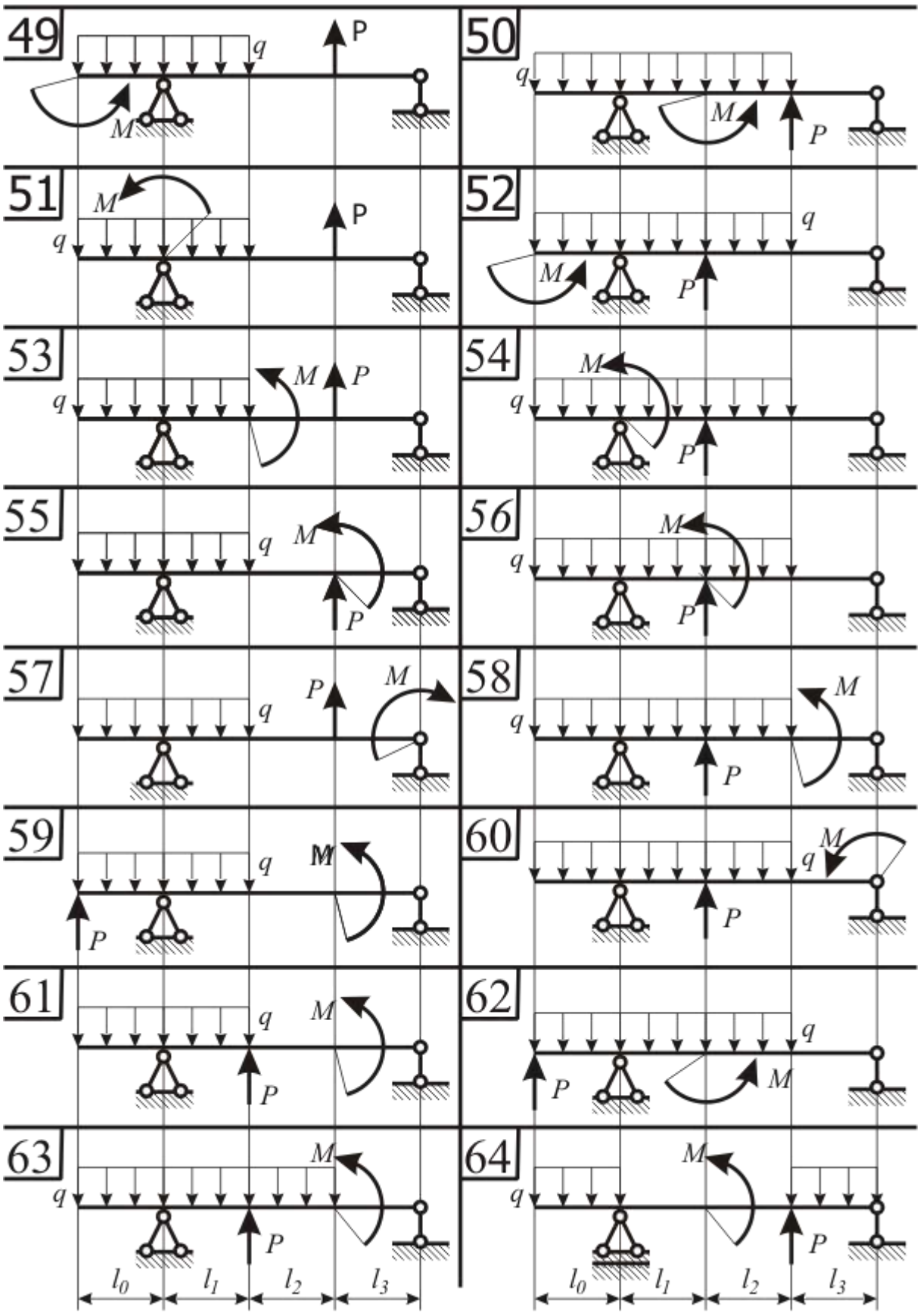


Рис. 4.4. Исходные данные к задачам 3, 4. Варианты 49 - 64

Задача № 4. Расчёт балки на жёсткость

Двутавровая балка закреплена на двух опорах: подвижной в осевом направлении – правой и неподвижной – левой (рис. 4.1 – 4.4). Балка нагружена сосредоточенной силой P, изгибающим моментом M и равномерно распределенной нагрузкой q. Балка работает на изгиб. По результатам расчетов задачи № 3, т. е. известному моменту инерции двутавровой балки, построить её изогнутую ось. Прогибы и углы поворота сечения балки определять в точках приложения сил реакций и внешних сил, моментов и по середине пролета, в котором приложена распределенная нагрузка. Найти максимальный прогиб и сравнить с допускаемым, который принят равным 1/200 длины максимального пролета (длины консоли или расстояния между опорами). Расчет производить методом начальных параметров. Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 3.

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ № 3 и 4

Стальная двутавровая балка (рис. 4.5), шарнирно опёртая в крайних сечениях 1 и 5, нагружена: силами $P_1 = 40$ [кН], $P_2 = 40$ [кН], приложенными в сечениях 2, 3; изгибающим моментом $M = 50$ [кН·м], приложенным в сечении 4; нагрузкой интенсивности $q = 20$ [кН/м], равномерно распределённой на участке 1 – 4. Сечения, в которых приложены нагрузки, разбивают балку на 4 участка. Номер участка совпадает с номером левого сечения. Длины участков: $l_1 = 2$ [м], $l_2 = 2{,}5$ [м], $l_3 = 3{,}5$ [м], l_4= 3[м]. Допускаемое напряжение $[\sigma] = 200$ [МПа]. Подобрать из условия прочности двутавр по ГОСТ 8239-89.

Допустимый прогиб $L/200$, где $L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 = 11$ [м] – длина пролёта. Найти упругую линию балки. Сравнить максимальный прогиб с допускаемым.

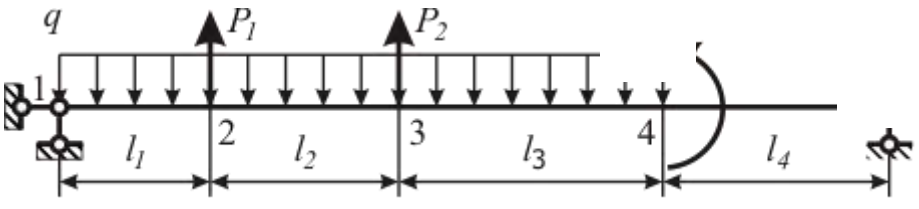


Рис. 4.5. Схема нагружения однопролетной балки

РЕШЕНИЕ

1. Находим опорные реакции из уравнений моментов относительно опор: $\sum mom_1 = 0;\ \ \sum mom_5 = 0.$ Положительное направление реакций определяется правилом знаков (рис. 4.6).

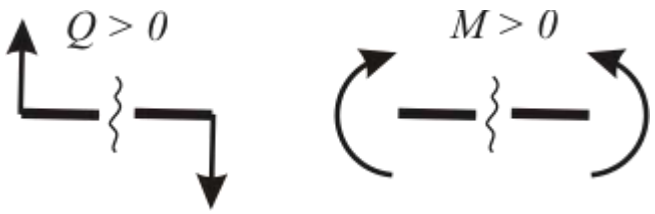


Рис. 4.6. Правило знаков для внутренних силовых факторов

Выбранные направления реакций показаны на рис. 4.7, *б*. Если получено отрицательное значение реакции, то её истинное направление противоположно выбранному.

$$R_5 L - q\,(l_1 + l_2 + l_3)^2/2 + P_1 l_1 + P_2(l_1 + l_2) + M = 0;$$
$$-R_1 L + q\,(l_1 + l_2 + l_3)((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) - P_1(l_2 + l_3 + l_4) - $$
$$-P_2(l_3 + l_4) + M = 0.$$

Решая уравнения, получаем:

$$R_5 = 1/L\ (q\ (l_1 + l_2 + l_3)^2/2 - P_1 l_1 - P_2\ (l_1 + l_2) - M) =$$
$$= 1/11\ \ (20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2) - 40 \cdot 2 - 40\ \ (2 + 2{,}5) - 50)\ =\ 30\ \text{[кН]};$$
$$R_1 = 1/L\ (q\ (l_1 + l_2 + l_3)\ ((l_1 + l_2 + l_3)/2 + l_4) -$$
$$-P_1\ (l_2 + l_3 + l_4) - P_2\ (l_3 + l_4) + M) =$$
$$= 1/11\,(20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)\ \ ((2 + 2{,}5 + 3{,}5)/2 + 3) -$$
$$-40\,(2{,}5 + 3{,}5 + 3) - 40\,(3{,}5 + 3) + 50) = 50\ \text{[кН]}.$$

2. Проверка – обязательный этап. Для проверки составляем уравнение моментов относительно любой точки или (что проще, но не всегда гарантирует правильность вычислений) уравнение суммы проекций всех сил на вертикаль. Запишем сумму моментов относительно точки 4:

$$\sum mom_4 = -R_0\ (l_0 + l_1 + l_2) -$$
$$-P_1\ \ (l_1 + l_2) - P_2 l_2 + q\ \ (l_0 + l_1 + l_2)^2/2 + M + R_4 l_3 =$$
$$= -50\,(2 + 2{,}5 + 3{,}5) - 40\,(2{,}5 + 3{,}5) - 40 \cdot 3{,}5 +$$
$$+20\ \ (2 + 2{,}5 + 3{,}5)^2/2 + 50 + 30 \cdot 3 = 0\ .$$

3. Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Границами участков являются точки, в которых приложены силы и моменты, или начинаются участки с распределённой нагрузкой. Если участок разрезать в произвольной точке, полученный результат будет справедлив для любой точки сечения (по граничным точкам разрезать балку нельзя). Внешние нагрузки, приложенные к балке, и опорные реакции образуют уравновешенную систему сил. Разрезав балку, получим два куска, каждый из которых нагружен неуравновешенной системой сил. Мысленное разрезание не может нарушить равновесия кусков. Равновесие обеспечивают внутренние силы и моменты, действующие в разрезах. По третьему закону Ньютона силы, приложенные к полученным кускам, равны по величине и направлены в разные стороны.

Величины находим из условий равновесия любого из кусков. Для этого составляем сумму проекций нагрузок на вертикаль и сумму моментов нагрузок, приложенных к куску, относительно центра масс разреза.

3.1. Участок 4 (рис. 4.7, *в*). Рассматриваем равновесие правого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Координату сечения отсчитываем от точки 4 (которая является границей разрезанного участка на правом куске). При этом выборе точки отсчёта координата сечения меняется в пределах длины исследуемого участка ($0 \le z_4 \le l_4 = 3$ [м]).

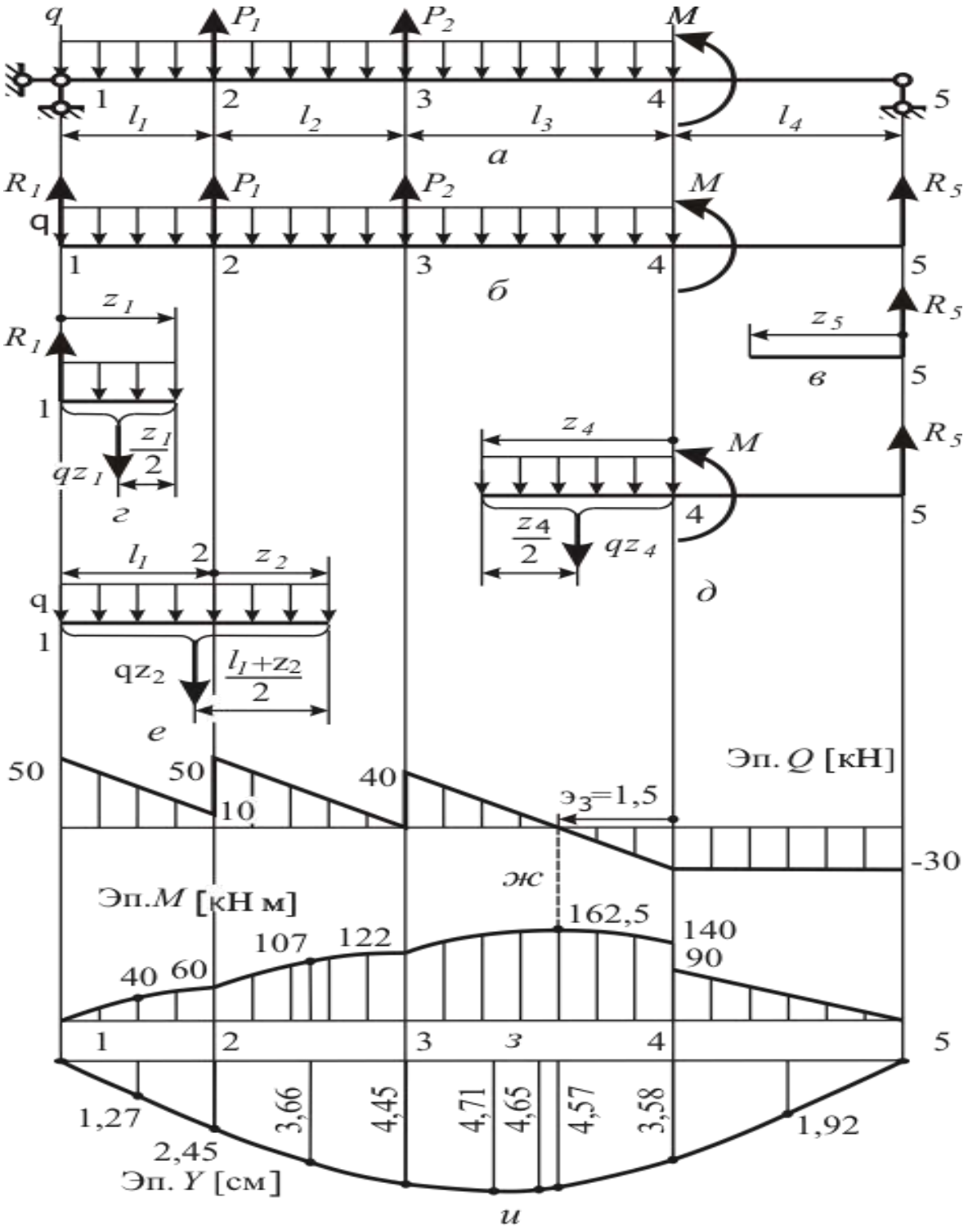


Рис. 4.7. Изгиб балки. Эпюры Q, M, Y

Получаем $Q_4(z_5) = -R_5$. Поперечная сила постоянна вдоль участка 4 (рис. 4.7, *ж*).

Изгибающий момент $M_4(z_5) = R_5\, z_5$. Он является линейной функцией координаты z_5. Вычисляем значения в начале и конце участка 4: $M_4(0) = R_5 \cdot 0 = 0$; $M_4(l_4) = R_5\, l_4 = 30 \cdot 3 = 90$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.2. Участок 1 (рис. 4.7, *г*). Рассматриваем равновесие левого куска. Правило знаков дано на рис. 4.6. Расстояние до разреза (координату сечения) отсчитываем от точки 1 ($0 \le z_1 \le l_1 = 2$ [м]). Получаем $Q_1(z_1) = R_1 - q\, z_1$. Поперечная сила меняется по линейному закону вдоль участка 1 (рис. 4.7, *ж*). Находим значения $Q_1(z_1)$ в начале и в конце участка

$$Q_1(0) = R_0 - q \cdot 0 = 50 \text{ [кН]};$$
$$Q_1(l_0) = R_0 - q\ l_0 = 50 - 20 \cdot 2 = 10 \text{ [кН]}.$$

Значение $z_0 = e_1$, при котором поперечная сила равна 0, находим решая уравнение $Q_1(e_1) = R_1 - q\, e_1 = 0$. Получим: $e_1 = R_1/q = 50/2 = 2{,}5$ [м]. Корень лежит вне участка 1. Функция $Q_1(z_1)$ не обращается в нуль на этом участке.

Изгибающий момент на участке 1 равен $M_1(z_1) = R_1 z_1 - q\, z_1^2/2$. Момент $M_1(z_1)$ является квадратичной функцией координаты z_1. Кривые вычерчивают по трём точкам. Вычисляем значения в начале и конце участка:

$$M_1(0) = R_1 0 - q\, 0^2/2 = 0;$$
$$M_1(l_1) = R_1 l_1 - q\, l_1^2/2 = 50 \cdot 2 - 20 \cdot 2^2/2 = 60 \text{ [кН·м]}.$$

В качестве третьей точки берут точку участка 1, в которой поперечная сила обращается в нуль. Если $Q_1 \ne 0$ на участке 1, ищем момент посередине участка: $M_1(l_1/2) = R_1\, l_1/2 - q\, (l_1/2)^2/2 = 50 \cdot 1 - 20 \cdot 1^2/2 = 40$ [кН·м]. Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.3. Участок 3 (рис. 4.7, *д*). Разрезаем балку между сечениями 3 и 4. Рассматриваем равновесие правого куска балки. Расстояние до разреза отсчитываем от точки 4 (которая ограничивает участок 3 справа). При этом ($0 \le z_4 \le l_3 = 3{,}5$ [м]).

Поперечная сила $Q_3(z_4)$ изменяется вдоль участка 3 (рис. 4.7, *ж*) по линейному закону $Q_3(z_4) = -R_5 + q\, z_4$. На концах участка 3 получаем: $Q_3(0) = -R_5 + q \cdot 0 = -30$; $Q_3(l_3) = -R_5 + q\ l_3 = -30 + 20 \cdot 3{,}5 = 40$ кН. Поперечная сила Q_3 обращается в нуль в точке $e_3 = R_5/q = 30/20 = 1{,}5$ м.

Изгибающий момент на участке 3 равен

$$M_3(z_4) = M + R_5(z_4 + l_4) - q\, z_4^2/2.$$

Находим значения изгибающего момента на концах участка и в точке e_3:

$$M_3(0) = M + R_4(0 + l_4) - q\ \cdot 0^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (0 + 3) - 20 \cdot 0^2/2 = 140 \text{ [кН·м]};$$
$$M_3(l_3) = M + R_4(l_3 + l_4) - q\, l_3^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (3{,}5 + 3) - 20 \cdot 3{,}5^2/2 = 122 \text{ [кН·м]};$$

$$M_3(e_3) = M + R_4(e_3 + l_4) - q\ (e_3)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ (1{,}5 + 3) - 20 \cdot 1{,}5^2/2 = 162{,}5\ [\text{кН}\cdot\text{м}].$$

Момент в середине участка 3 практически не отличается от экстремального:

$$M_3(l_3/2) = M + R_4(l_3/2 + l_4) - q\ \ (l_3/2)^2/2 =$$
$$= 50 + 30\ \ (1{,}75 + 3) - 20 \cdot 1{,}75^2/2 = 161{,}9\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

3.4. Участок 2 (рис. 4.7, *е*). Режем балку в любой точке, лежащей между точками 2 и 3. Рассматриваем равновесие левого куска. Расстояние до разреза (координату z_2) отсчитываем от точки 2 (границы участка на левом куске). При этом $0 \le z_2 \le l_2 = 2{,}5$ [м].

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ меняется вдоль участка 2 (см. рис. 3.8, *ж*) по закону $Q_2(z_2) = R_1 + P_1 - q\ \ (l_1 + z_2)$.

Её значения на концах участка равны

$$Q_2(0) = R_1 + P_1 - q\ \ (l_1 + 0) = 50 + 40 - 20 \cdot 2 = 50[\text{кН}];$$
$$Q_2(l_2) = R_1 + P_1 - q\ \ (l_1 + l_2) = 50 + 40 - 20 \cdot (2 + 2{,}5) = 0[\text{кН}].$$

Поперечная сила $Q_2(z_2)$ обращается в нуль на правой границе участка 2:

$$e_2 = l_2 = 2{,}5\ [\text{м}].$$

Изгибающий момент $M_2(z_2)$ в точке z_2 участка 2 находим по формуле

$$M_2(z_2) = R_1 \cdot (z_2 + l_1) + P_1 \cdot z_2 - q\ (z_2 + l_1)^2/2.$$

Вычисляем значения момента на концах участка 2:

$$M_2(l_2) = R_1\ (l_1 + l_2) + P_1\ \ l_2 - q\ (l_1 + l_2)^2 = 50\ \ (2\ +\ 2{,}5) + 40\ \ 2{,}5 -$$
$$-20\ \ (2 + 2{,}5)^2/2 = 122$$

[кН ·м].

$$M_2(0) = R_1\ \ (0 + l_1) + P \cdot 0 - q\ \ (0 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (0 + 2) + 40 \cdot 0 - 20\ \ (0 + 2)^2/2 = 60\ [\text{кН} \cdot \text{м}];$$
$$M_2(l_2) = R_1\ \ (l_1 + l_2) + P_1 \cdot l_2 - q\ \ (l_1 + l_2)^2 =$$
$$= 50 \cdot (2 + 2{,}5) + 40 \cdot 2{,}5 - 20 \cdot (2 + 2{,}5)^2/2 = 122\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Точка экстремума $e_2 = 2{,}5$ [м] совпадает с правой границей участка 2. Момент в ней уже найден, поэтому в качестве третьей точки при построении эпюры $M_2(z_2)$ берём середину участка $z_2 = l_2/2 = 2{,}5/2 = 1{,}25$ [м].

Получаем

$$M_2(l_2/2) = R_1\ \ (l_2/2 + l_1) + P_1\ l_2/2 - q\ \ (l_2/2 + l_1)^2/2 =$$
$$= 50\ \ (1{,}25 + 2) + 40 \cdot 1{,}25 - 20\ \ (1{,}25 + 2)^2/2 = 107\ [\text{кН} \cdot \text{м}].$$

Строим эпюру изгибающего момента (рис. 4.7, *з*).

4. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$.

Здесь: $M_m = 162{,}5$ [кН ·м] $= 1{,}625 \cdot 10^5$ [Н ·м] – наибольший по модулю изгибающий момент в балке (найденный в п. 3);

$[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 1{,}625 \cdot 10^5/2 \cdot 10^8 = 8{,}12 \cdot 10^{-4}$[м^3]$= 8{,}12 \cdot 10^2$[см^3].

По ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом

сопротивления изгибу: двутавр № 40, $W_x = 953{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 19062$ [см^4].

5. Находим максимальные напряжения изгиба $\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 1{,}625 \cdot 10^5/9{,}53 \cdot 10^{-4} = 1{,}71 \cdot 10^8$ [Н/м^2] $= 171$ [МПа]. Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям

$$k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}71 \cdot 10^8 = 1{,}17.$$

6. Уравнение упругой линии балки $y(z)$:

$$\begin{gathered} Y(z) = \theta_0 \cdot z + R_1 \cdot z^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot z^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(z - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1) + \\ + P_2 \cdot (z - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2) - \\ - M(z - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(z - l_1 - l_2 - l_3)^4/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(z - l_1 - l_2 - l_3), \end{gathered}$$

где θ_0 – неизвестный угол поворота балки на левой опоре; $H(z)$ – функция Хевисайда. $H(z) = \begin{cases} 0, & при\ z < 0 \\ 1, & при\ z \geq 0 \end{cases}$. Её график приведён на рис. 4.8.

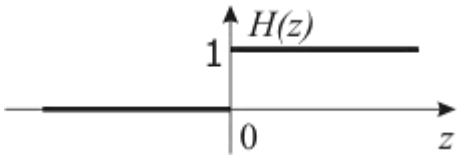


Рис. 4.8. Функция Хевисайда

Начало координат взято на левой опоре.

7. Угол θ_0 поворота на левой опоре находим из условия отсутствия прогиба на правой опоре:

$$\begin{gathered} Y(L) = \theta_0 \cdot L + R_1 \cdot L^3/(6 \cdot E \cdot J_x) - \\ - q \cdot L^4/(24 \cdot E \cdot J_x) + P_1(L - l_1)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1) + \\ + P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2) - \\ - M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) + \\ + q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24 \cdot E \cdot J_x) \cdot H(L - l_1 - l_2 - l_3) = 0. \end{gathered}$$

Решаем линейное уравнение относительно неизвестного угла θ_0:

$$\begin{gathered} \theta_0 = (-R_1 L^3/(6EJ_x) + qL^4/(24EJ_x) - P_1(L - l_1)^3/(6EJ_x) - \\ - P_2(L - l_1 - l_2)^3/(6EJ_x) + M(L - l_1 - l_2 - l_3)^2/(2EJ_x) - \\ - q(L - l_1 - l_2 - l_3)^4/(24EJ_x))/L = \\ = (-50 \cdot 10^3 \cdot 11^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 20 \cdot 10^3 \cdot 11^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 40 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5)^3/(6 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) + \\ + 50 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^3/(2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}) - \\ - 20 \cdot 10^3(11 - 2 - 2{,}5 - 3{,}5)^4/(24 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4}))/11 = \\ = -0{,}0129 \text{ [рад]}. \end{gathered}$$

8. Находим упругую линию. Вычисляем жёсткость при изгибе

$$EJ_x = 2 \cdot 10^{11} \cdot 1{,}9062 \cdot 10^{-4} = 3{,}81 \cdot 10^7 \quad [\text{Н·м}^2].$$

Чтобы найти прогиб в середине участка 3, подставим в уравнение упругой линии координату этой середины

$$z = l_1 + l_2 + l_3/2 = 2 + 2{,}5 + 3{,}5/2 = 6{,}25 \text{ [м]}.$$

Получаем

$$Y(6{,}25) = -0{,}0129 \cdot 6{,}25 + 50 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) - \\ -20 \cdot 10^3 \cdot 6{,}25^4/(24 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2) + \\ +40 \cdot 10^3(6{,}25-2-2{,}5)^3/(6 \cdot 3{,}81 \cdot 10^7) \cdot H(6{,}25-2-2{,}5) = \\ = 0{,}0465 \text{ [м]}.$$

В двух последних членах уравнения упругой линии аргументы функции $H(z)$ отрицательны и $H(z) = 0$. Подобные вычисления проведены для границ и середин всех участков. Упругая линия построена на рис. 4.7, *и*. Величина максимального прогиба 4,71 [см] и не превышает допустимый прогиб, равный $L|200 = 1100/200 = 5{,}5$ [см]. Следовательно, жесткость данной балки достаточна.

Задача № 5. Геометрические характеристики плоского симметричного сечения

Для симметричного сечения, составленного из прокатных профилей, найти площадь, осевые моменты инерции, моменты сопротивления изгибу и радиусы инерции сечения относительно главных центральных осей. Схемы сечений приведены на рис. 5.1, номера прокатных профилей и размеры поперечных сечений указаны в табл. 5.1.

Совместная работа прокатных профилей в составных сечениях, данных на схемах I, II, III и IX рис. 5.1, обеспечена соединительными планками, показанными пунктиром.

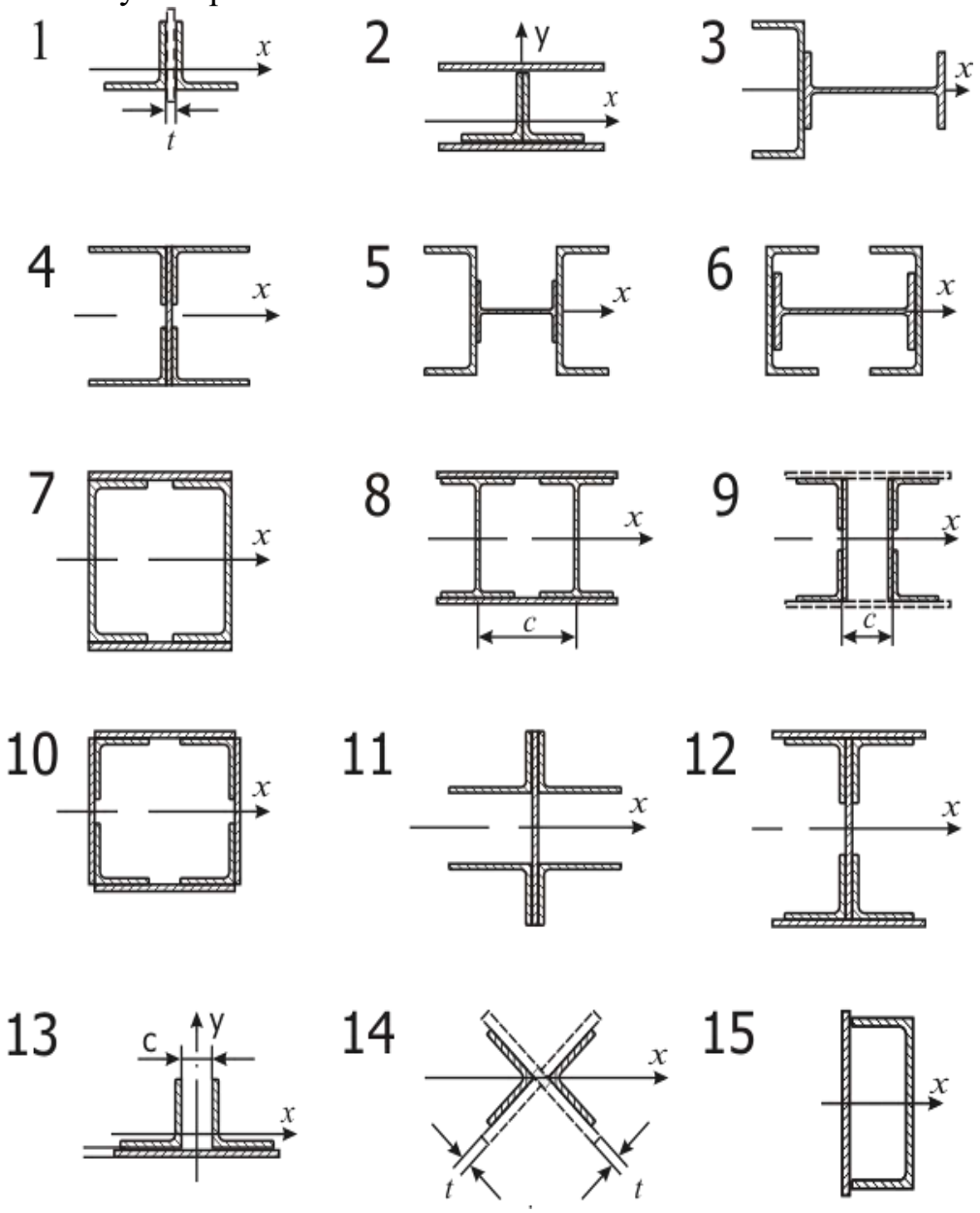


Рис. 5.1. Схемы поперечных сечений 1 – 15

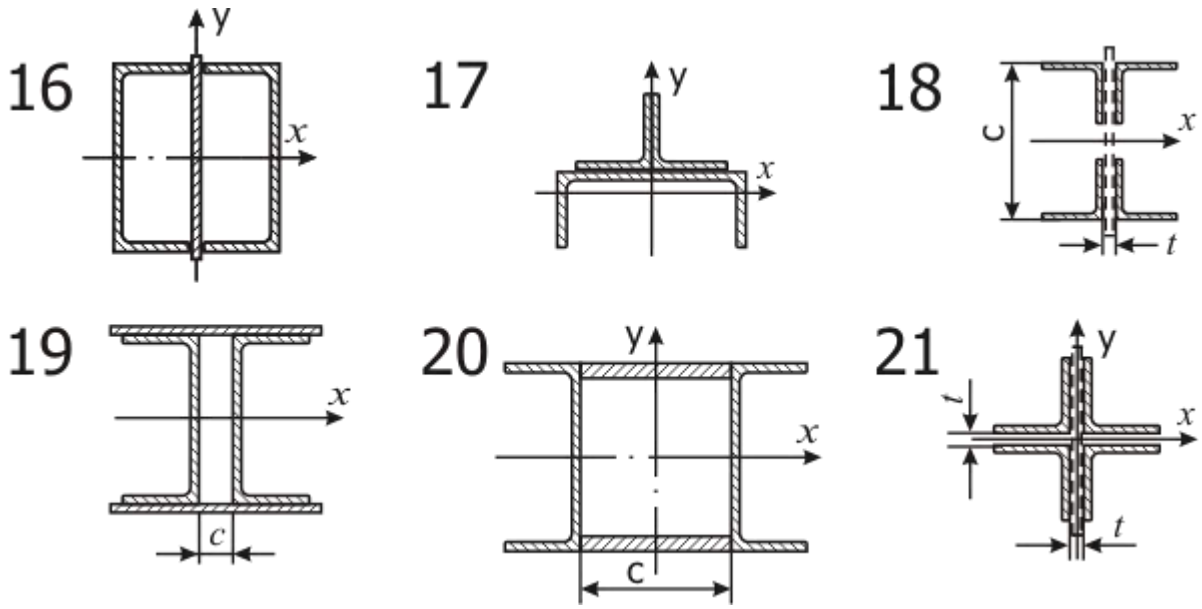


Рис. 5.2. Схемы поперечных сечений 16– 21

Исходные данные к задаче 5 Табл. 5.1

Схема 1			
Задание номер	1	22	43
Состав сечения	2 уголка 100х100х10 $t = 10$	2 уголка 80х80х8 $t = 8$	2 уголка 180х180х12 $t = 12$
Схема 1			
Задание номер	64	–	–
Состав сечения	2 уголка 125х125х10 Планка $t = 10$	–	–
Схема 2			
Задание номер	2	23	44
Состав сечения	2 уголка 100х100х10 2 листа 250х10	2 уголка 125х125х9 2 листа 200х8	2 уголка 180х180х12 2 листа 300х12
Схема 3			
Задание номер	3	24	45
Состав сечения	Швеллер № 18 Двутавр № 20	Швеллер № 14 Двутавр № 16	Швеллер № 24 Двутавр № 27
Схема 4			
Задание номер	4	25	46
Состав сечения	4 уголка 140х90х10 Лист 240х12	4 уголка 110х70х8 Лист 200х10	4 уголка 200х125х14 Лист 240х12
Схема 5			
Задание номер	5	26	47
Состав сечения	2 швеллера № 36 Двутавр № 16	2 швеллера № 30 Двутавр № 14	2 швеллера № 24 Двутавр № 12

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12

Продолжение табл. 5.1

Схема 6			
Задание номер	6	27	48
Состав сечения	2 швеллера № 33 Двутавр № 16	2 швеллера № 27 Двутавр № 14	2 швеллера № 22 Двутавр № 12
Схема 7			
Задание номер	7	28	49
Состав сечения	2 швеллера № 36 2 листа 300х12	2 швеллера № 30 2 листа 250х10	2 швеллера № 24 2 листа 200х8
Схема 8			
Задание номер	8	29	50
Состав сечения	2 двутавра № 36 2 листа 300х12 $c = 180$	2 двутавра № 30 2 листа 250х10 $c = 150$	2 двутавра № 24 2 листа 200х8 $c = 120$
Схема 9			
Задание номер	9	30	51
Состав сечения	4 уголка 50х50х5 2 листа 200х6 $c = 130$	4 уголка 90х90х8 2 листа 350х10 $c = 160$	4 уголка 125х125х10 2 листа 450х12 $c = 180$
Схема 10			
Задание номер	10	31	52
Состав сечения	4 уголка 70х70х6 4 листа 200х6	4 уголка 100х100х10 4 листа 250х10	4 уголка 125х125х12 4 листа 300х6
Схема 11			
Задание номер	11	32	53
Состав сечения	4 уголка 75х50х5 Лист 200х5	4 уголка 100х63х8 Лист 250х10	4 уголка 160х100х12 Лист 300х12
Схема 12			
Задание номер	12	33	54
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 2 полки 250х10 Стенка 600х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 300х12 Стенка 900х8	4 уголка 100х100х8 2 полки 350х12 Стенка 1200х10
Схема 13			
Задание номер	13	34	55
Состав сечения	2 уголка 80х80х7 Лист 220х8 $c = 40$	2 уголка 75х75х7 Лист 175х8 $c = 40$	2 уголка 125х125х10 Лист 320х12 $c = 50$
Схема 14			
Задание номер	14	35	56

Состав сечения	2 уголка 180х180х12 Планка $t = 10$	2 уголка 125х125х9 Планка $t = 10$	2 уголка 100х100х8 Планка $t = 10$
Схема 15			
Задание номер	15	36	57
Состав сечения	Швеллер № 14 Лист 150х5	Швеллер № 20 Лист 210х7	Швеллер № 33 Лист 340х8

Продолжение табл. 5.1

Схема 16			
Задание номер	16	37	58
Состав сечения	2 швеллера № 16 Лист 170х5	2 швеллера № 20 Лист 210х6	2 швеллера № 27 Лист 280х6
Схема 17			
Задание номер	17	38	59
Состав сечения	Швеллер № 12 2 уголка № 6,5	Швеллер № 18 2 уголка № 8	Швеллер № 27 2 уголка № 12,5
Схема 18			
Задание номер	18	39	60
Состав сечения	4 уголка 80х80х7 c =320; $t = 8$	4 уголка 110х110х8 c =650; $t = 10$	4 уголка 140х140х12 $c = 950$; $t = 12$
Схема 19			
Задание номер	19	40	61
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 20			
Задание номер	20	41	62
Состав сечения	2 швеллера № 16 2 листа 80х8; $c = 80$	2 швеллера № 24 2 листа 120х10; $c = 120$	2 швеллера № 36 2 листа 160х10; $c = 160$
Схема 21			
Задание номер	21	42	63
Состав сечения	4 уголка 160х160х14 $t = 12$	4 уголка 63х63х5 $t = 6$	4 уголка 110х110х8 $t = 10$

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 5

Найти главные оси сечения, составленного из уголков стальных горячекатанных равнополочных 75 х 75 х 8 ГОСТ 8509 – 93 и двух уголков стальных горячекатанных неравнополочных 100 х 63 х 8 ГОСТ 8510 – 86

(рис. 5.2). Высота сечения $h = 300 = 30{,}0$ см. Толщина соединительной планки $\delta = 8 = 0{,}8$см. Вычислить относительно этих осей главные моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции.

Для работы составного сечения как жёсткого целого, уголки соединены планками, показанными на рис. 5.2 пунктиром. Расстояние между планками выбирается равным $40\, i_{min}$. При вычислении геометрических характеристик составного сечения соединительные планки не учитываются.

РЕШЕНИЕ

1.Вычерчиваем поперечное сечение в масштабе (рис. 5.3). Прокатные радиусы и сварные швы на рис. 5.2 не указываем.

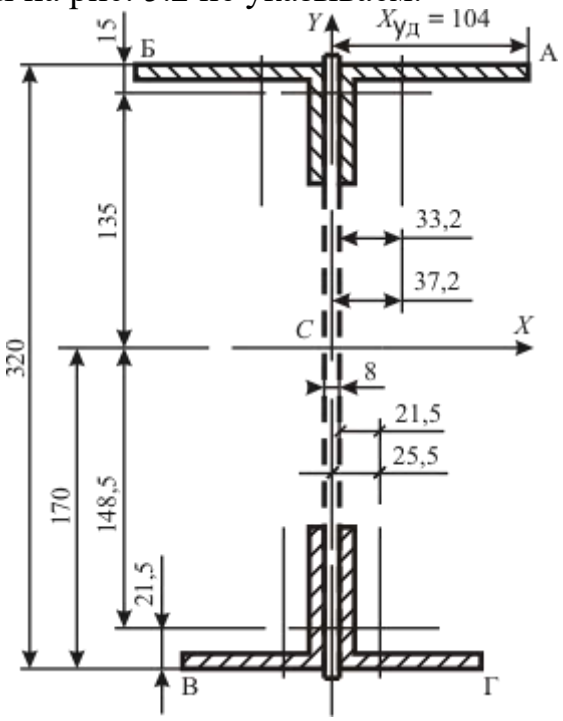


Рис. 5.3. Сечение составной балки

2. Приводим чертёжи прокатных профилей, взятые из ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,а) и ГОСТ 8510-86 «Уголки стальные горячекатаные не равнополочные. Сортамент» (рис. 5.4,б).

На рис. 5.4 внесены следующие изменения по сравнению с чертежами ГОСТ: не указаны прокатные радиусы R и r уголков; главные оси равнополочного уголка обозначены u, v вместо x_0, y_0; размеры, оси, координаты центра масс, относящиеся к равнополочному уголку, помечены нижним индексом 1, а к неравнополочному уголку – нижним индексом 2, соответственно.

Выписываем из ГОСТ длины и толщины полок уголков. Размеры переводим из миллиметров в сантиметры.

Уголок равнополочный: ширина полки – $b_1 = 75$мм $= 7{,}5$см, толщина – $t_1 = 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани полки до центра масс – $x_0 = 2{,}15$ см,

площадь – $F_1 = 11{,}50$ см^2, моменты инерции относительно центральных осей x_1 и y_1, параллельных полкам – $J_{x1} = 59{,}84$ см^4.

Уголок неравнополочный: ширина длинной полки – $B = 100 = 10$ см, ширина короткой полки – $b_2 = 63$ мм $= 6{,}3$ см, толщина полок – $t = 8$ мм $= 0{,}8$ см, расстояние от внешней грани длинной полки до центра масс – $x_0 = 1{,}50$ см, расстояние от внешней грани короткой полки до центра масс – $y_0 = 3{,}32$ см,площадь сечения – $F_2 = 12{,}57$ см^2, момент инерции сечения относительно оси x– $J_{x2} = 126{,}96$ см^4,момент инерции сечения относительно оси $J_{y2} = 39{,}21$ см^4.

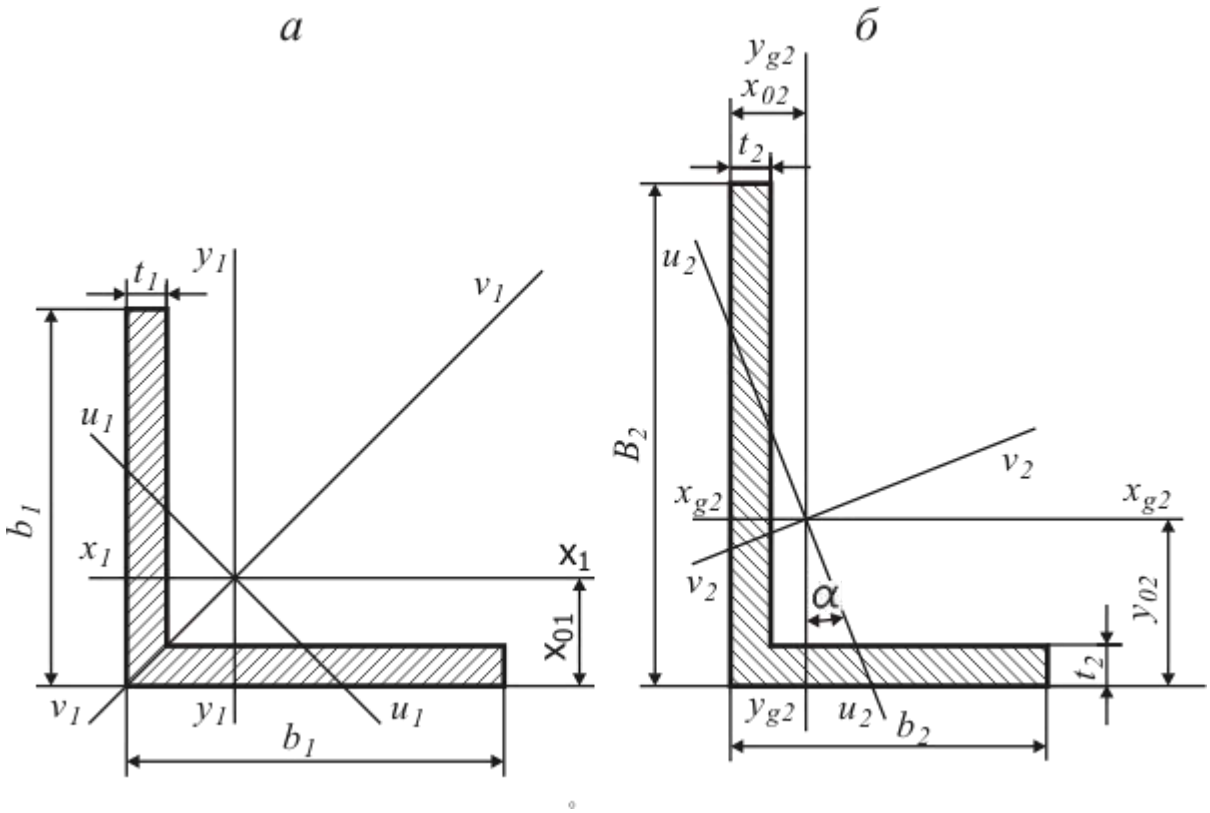


Рис. 5.4. Составные части поперечного сечения балки: а – равнополочный уголок ГОСТ 8509-93; б – неравнополочный уголок ГОСТ 8510-86.

В сопротивлении материалов расчёты выполняют с точностью 5%. Эту точность обеспечивают три первых значащих цифры. Значащими цифрами числа называются все цифры в его записи, начиная с первой ненулевой слева. Отсчёт начинают с первой, отличной от нуля. Для J_{x2} достаточно принять $J_{x2} = 127$, но при оформлении расчётов величины нужно записывать так, как они заданы в официальных документах $J_{x2} = 126{,}96$.

3. Площадь поперечного сечения равна

$$F = k_1F_1 + k_2F_2 = 2 \cdot 11{,}50 + 2 \cdot 12{,}57 = 48{,}1 \text{ см}^2.$$

4. Ищем координаты центра масс сечения. Вертикальная ось CY является осью симметрии сечения. Любая ось симметрии сечения является его главной осью. Центр масс лежит на оси симметрии, следовательно, $X_c = 0$. Статический момент сечения относительно горизонтальной оси X_H, проходящей через нижнюю грань равнополочного уголка, равен

$$S_{XH} = k_1 \cdot F_1 \cdot x_{01} + k_2 \cdot F_2 \cdot (h - x_{02}) =$$
$$= 2 \cdot 11{,}50 \cdot 2{,}15 + 2 \cdot 12{,}57 \cdot (30 - 1{,}50) = 816 \text{ см}^3.$$

Расстояние от нижней грани равнополочного уголка до центра масс сечения равно $Y_c = S_{XH}/F = 816/48{,}1$=17,0 см. Центр масс сечения обозначаем буквой C и указываем на рис. 5.3.

5. Строим главные центральные оси сечения. Для этого, через точку C проводим ось CX, перпендикулярную оси CY. В качестве положительного на оси CX выберем направление слева направо, а на оси CY положительным будем считать направление снизу вверх. Оси CXYявляются главными центральными осями сечения.

Расстояние от верхних граней неравнополочных уголков до оси CX равно $Y_в = h - Y_c = 30 - 17{,}0 = 13{,}0$ см. Крайние точки Л и П длинных полок неравнополочных уголков удалены от оси CY на расстояние $|X_л| = X_п = = \delta/2 + B = 0{,}8/2 + 10{,}0 = 10{,}4$ см.

Координаты центров масс уголков в системе осей CXY :

$$Y_1 = -Y_C + x_{01} = -17{,}0 + 2{,}15 = -14{,}8 \text{ см},$$

$$Y_2 = h - Y_C - x_{02} = 30{,}0 - 17{,}0 - 1{,}50 = 13{,}5 \text{ см},$$

$$X_1 = \delta/2 + x_{01} = 0{,}8/2 + 2{,}15 = 2{,}55 \text{ см},$$

$$X_2 = \delta/2 + x_{02} = 0{,}8/2 + 3{,}32 = 3{,}72 \text{см}.$$

6. Осевые моменты инерции сечения вычисляем по формуле Гюйгенса

$$J_X = \sum_{i=1}^{K} \left(J_{xi} + F_i \cdot a_i^2\right),$$

где K – количество элементов в сечении; J_{xi} – момент инерции относительно центральной оси элемента i, параллельной оси X; F_i – площадь элемента i; a_i – расстояние между осью X и параллельной ей центральной осью элемента i.

Учитываем, что неравнополочный уголок повёрнут относительно изображения, показанного на на рис. 5.4, на 90° (или 270°) относительно чертежа из ГОСТ. Параллельной для оси *CX* является местная центральная ось $\boldsymbol{y_2}$, а для оси *CY* параллельной будет местная центральная ось $\boldsymbol{x_2}$.
Получаем:

$$J_X = k_1 \cdot (J_{x1} + F_1 \cdot Y_1^2) + k_2 \cdot \left(J_{y2} + F_2 \cdot Y_2^2\right) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot ((-14{,}8)^2) +$$

$$+2 \cdot (39{,}21 + 12{,}57 \cdot 13{,}5^2) = 9850 \text{ см}^4;$$

$$J_Y = k_1 \cdot \left(J_{y1} + F_1 X_1^2\right) + k_2 \cdot (J_{x2} + F_2 X_2^2) = 2 \cdot (59{,}84 + 11{,}50 \cdot 2{,}55^2) +$$

$$2 \cdot (126{,}96 + 12{,}57 \cdot 3{,}72\text{^}2) = 871 \text{ см}^4.$$

7.Ось $\boldsymbol{CY}$ является осью симметрии сечения. Осевой момент сопротивления для оси $\boldsymbol{CY}$ равен $\boldsymbol{W_Y = J_Y / X_{max} = 871/10{,}4 = 83{,}8}$ см^3.

Здесь $\boldsymbol{X_{max} = |X_л| = |X_л| = X_п = 10{,}4}$ см – расстояние до оси $\boldsymbol{CY}$ от крайних левых и правых волокон.

Главная ось $\boldsymbol{CX}$ не является осью симметрии. Момент сопротивления изгибу для нижних волокон $\boldsymbol{W_{Xн} = J/Y_н = 9850/17{,}0 = 581}$ см^3 . Для верхних волокон получаем $\boldsymbol{W_{Xв} = J_X / Y_в = 9850/13{,}0 = 655}$ см^3.

8. Радиус инерции сечения относительно оси определяется по формуле

$$\boldsymbol{i = \sqrt{J/F}}.$$

Для заданного сечения получаем $\boldsymbol{i_X = \sqrt{J_X/F = \sqrt{9850/48{,}1 = 14{,}3}}}$ см,

$\boldsymbol{i_Y = \sqrt{J_Y/F = \sqrt{871/48{,}1 = 4{,}25}}}$ см.

Задача № 6. Расчёт статически неопределимых стержневых систем

Для заданной статически неопределимой системы определить допускаемое значение силы P при допускаемом напряжении для стальных стержней $[\sigma]=160$ МПа.

Плита BC схемы (рис.6.1) абсолютно жесткая.

На рисунке 6.1 изображена абсолютно жесткая балка BC, нагруженная посередине силой P. Балка удерживается в горизонтальном положении шарнирно – подвижной опорой C и тремя стальными стержнями. Заданы площади сечений стержней A_1= 4 см^2; A_2 = 3 см^2; A_3 = 2 см^2. Определить допускаемое значение силы P , если допускаемое напряжение для материала стержней, равное $[\sigma]$ = 160МПа , одинаково при растяжении и сжатии.

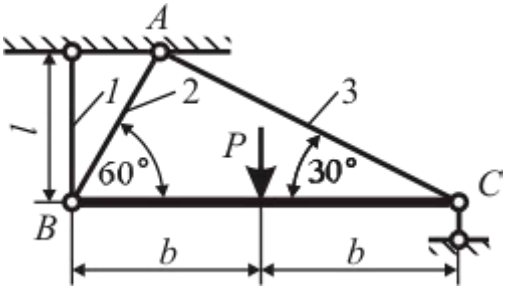


Рис.6.1. Статически неопределимая система

РЕШЕНИЕ

Допускаемая нагрузка (сила P) определяется по условию прочности наиболее напряженного стержня. Полагая значение силы P известным, найдем напряжения в сечениях стержней системы, выразив их через силу P. Исходные данные для решения задач приведены в табл.6.1 и рис.6.

Мысленно рассекаем стержни и, полагая стержни растянутыми, изображаем силы, приложенные к отсеченной части (рис. 1.5).

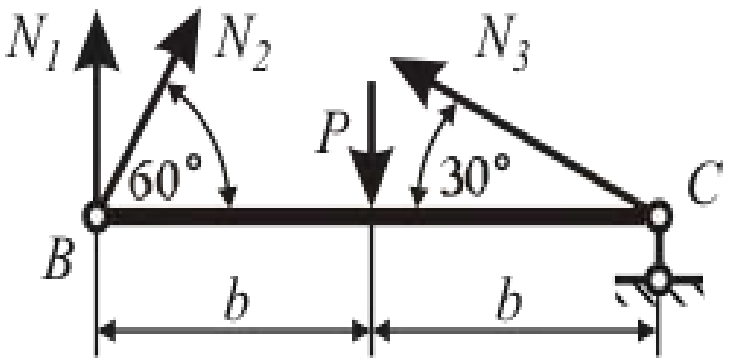


Рис.6.2. Уравновешенная система сил

Уравнения равновесия

$$\begin{aligned} &\Sigma X_i = 0; \quad N_2 \cos 60^{\cdot} - N_3 \cos 30 \ = 0. \\ &\Sigma Y_i = 0; \quad N_1 + N_2 \sin 60^{\cdot} + N_3 \sin 30 \ + Y_C - P = 0. \\ &\Sigma m_c = 0; \quad N_1 \cdot 2\hat{a} + N_2 \cdot 2\hat{a} \sin 60^{\circ} - P\hat{a} = 0. \end{aligned} \qquad (6.1)$$

Система (6.1) содержит 4 неизвестных величины: N_1, N_2, N_3 и Y_c. Лишь второе уравнение содержит реакцию опоры C, величина которой не влияет на значение допускаемой нагрузки, а потому ограничимся первым и третьим уравнениями.

Двух уравнений системы (6.1) недостаточно для определения трех продольных сил. Необходимо дополнить их уравнением совместности деформаций. По условию задачи брус BC является абсолютно жестким. Значит, перемещение системы осуществляется лишь за счет деформации стержней. Опора C допускает только горизонтальное смещение узла C. Следует учесть, что истинные перемещения точек B и C в сотни раз меньше размеров бруса BC. Поэтому перемещения точек стержней при их поворотах изображены не дугами окружностей, а прямыми отрезками, перпендикулярными стержням. Заметим, что стержень 3 по предположению растянут, но на рисунке изображено его укорочение, значит изображенная деформация его не Δl_3, а – Δl_3.

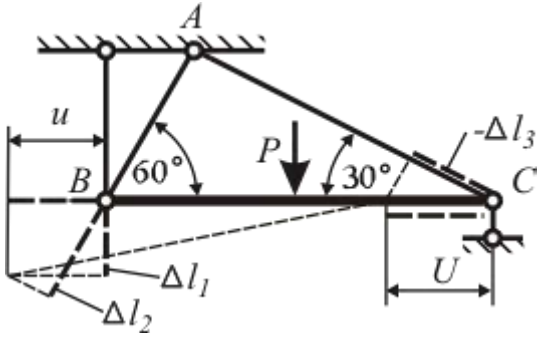


Рис.6.3. Деформации и перемещения

По рисунку 6.3

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30 \ + u \cos 60^{"}.$$

При $u = -\Delta l_3 / \cos 30^{\circ}$ получаем геометрическую связь деформаций

$$\Delta l_2 = \Delta l_1 \cos 30 \ - \Delta l_3 tg 30^{\cdot}. \qquad (6.2)$$

В соответствии с законом Гука

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA_1} = \frac{N_1 l}{EA_1},$$
$$\Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA_2} = \frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60^\circ}, \qquad (6.3)$$
$$\Delta l_3 = \frac{N_3 l_3}{EA_3} = \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30^\circ}.$$

Подстановкой выражений (6.3) в равенство (6.2) получим уравнение, дополняющее систему(6.1).

$$\frac{N_2 l}{EA_2 \sin 60} = \frac{N_1 l}{EA_1} \cos 30 \; - \frac{N_3 l}{EA_3 \sin 30} tg30 \; . \qquad (6.4)$$

После подстановки значений A_1, A_2, A_3и упрощения уравнений (6.1) и (6.3) получим систему

$$\begin{aligned} &N_2 - 1,732 N_3 = 0; \\ &N_1 + 0,866 N_2 = 0,5P; \\ &9N_1 - 16N_2 - 24N_3 = 0. \end{aligned} \qquad (6.5)$$

Решение уравнений (6.5)

$N_1 = 0{,}396P$, $N_2 = 0{,}119P$, $N_3 = 0{,}069P$.

При заданных сечениях стержней

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{0,396P}{4} = 0,0991P;$$
$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{0,119P}{3} = 0,0398P;$$
$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{0,069P}{2} = 0,0395P.$$

Наибольшее напряжение

$$\sigma_{\max} = \sigma_1 = 0,0991P \; .$$

По условию прочности $\sigma_{\max} \le [\sigma]$ допускаемая нагрузка

$$[P] = \frac{[\sigma]}{0,0991} = \frac{16}{0,0991} = 161 \text{ кН}.$$

$$[P] = 161 \text{ кН}.$$

Исходные данные сведены в табл. 6.1, расчетные схемы даны на рис.6.4.

Таблица 6.1.

Исходные данные для задачи №6

№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы	№	Площадь сечения стержней, см^2			Номер схемы
	A_1	A_2	A_3			A_1	A_2	A_3	
1	2	3	4	1	26	4	2	1	6
2	3	4	2	2	27	6	3	2	5
3	5	6	7	3	28	8	4	3	4
4	6	7	5	4	29	10	5	4	3
5	3	17	1	5	30	1	6	5	2
6	4	1	2	6	31	2	7	6	1
7	5	6	3	7	32	12	8	7	2
8	6	15	4	8	33	14	9	8	4
9	7	15	5	9	34	16	16	9	6
10	8	14	6	10	35	3	16	10	8
11	9	13	7	2	36	5	15	11	10
12	10	12	8	4	37	7	14	12	9
13	11	8	9	6	38	9	13	13	7
14	12	9	10	8	39	11	12	14	5
15	13	7	11	10	40	13	11	15	3
16	14	6	12	1	41	15	10	16	1
17	15	5	13	3	42	7	9	14	10
18	16	4	17	5	43	5	8	13	9
19	3	12	16	7	44	3	7	12	8
20	4	11	15	9	45	1	6	11	7
21	5	12	14	10	46	2	5	10	6
22	6	13	13	9	46	6	4	9	5
23	6	14	12	8	48	8	3	8	4
24	7	15	11	7	49	4	2	7	3
25	9	12	10	3	50	4	25	11	6

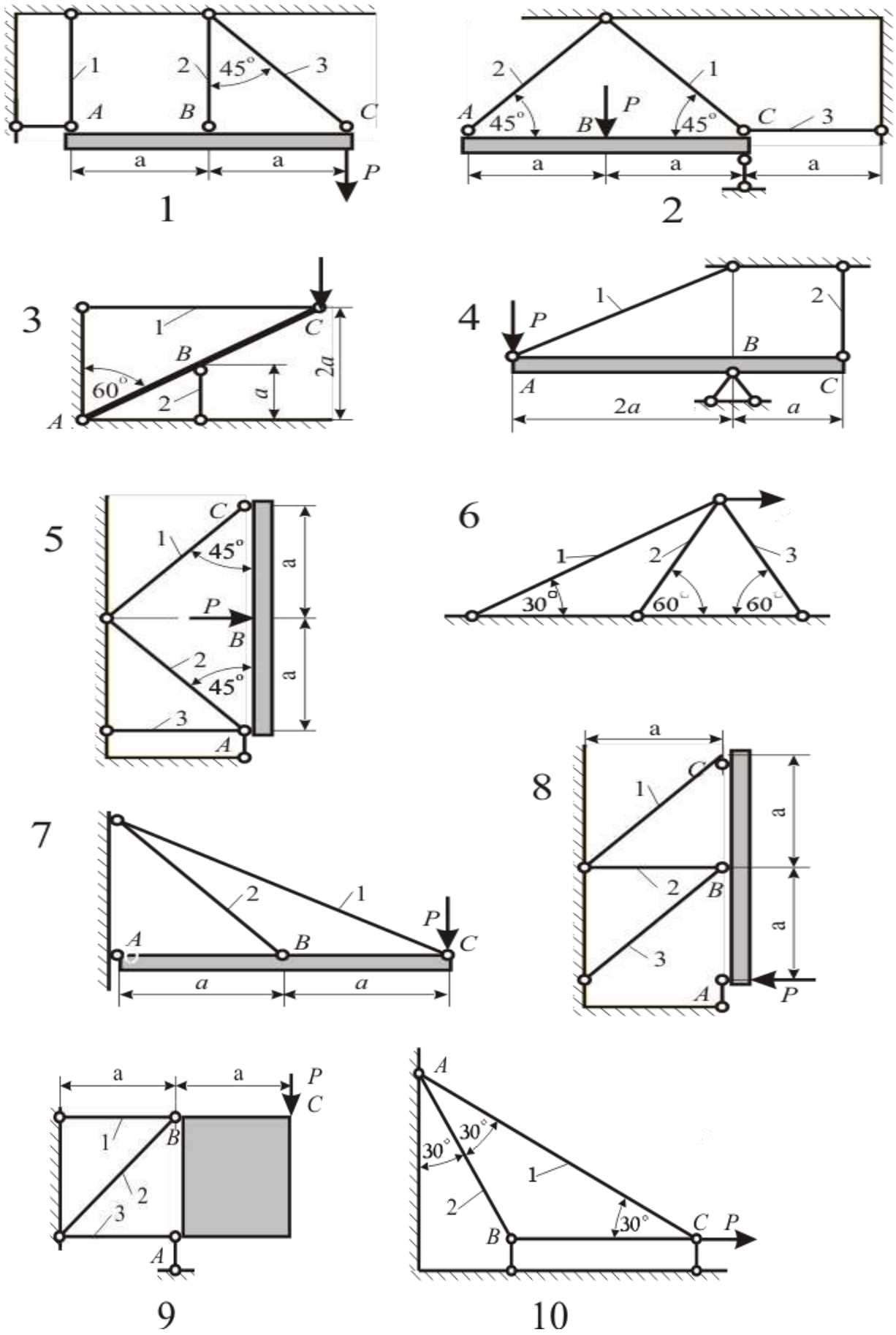


Рис.6.4. Схемы 1 – 10 стержневых систем

Задача № 7.Расчет статически неопределимых балок

Подобрать из условия прочности сечение многопролётной неразрезной балки (рис. 7.1 – 7.4). Сечение – двутавр ГОСТ 8239-89. Допускаемые напряжения стали $\sigma = 200$ [МПа]. Данные для расчёта взять из табл. 7.

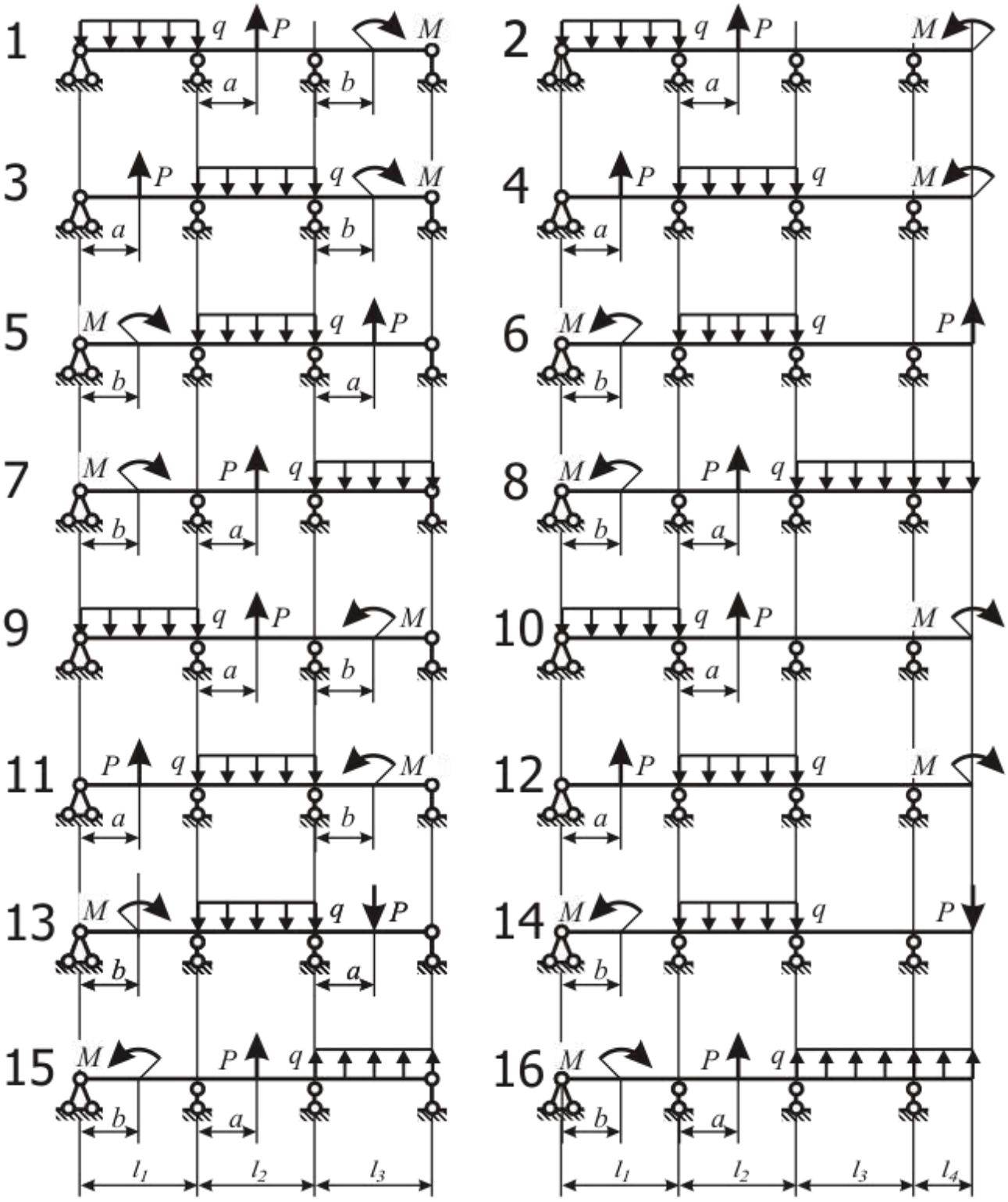


Рис. 7.1. Многопролётная неразрезная балка (варианты 1 – 16)

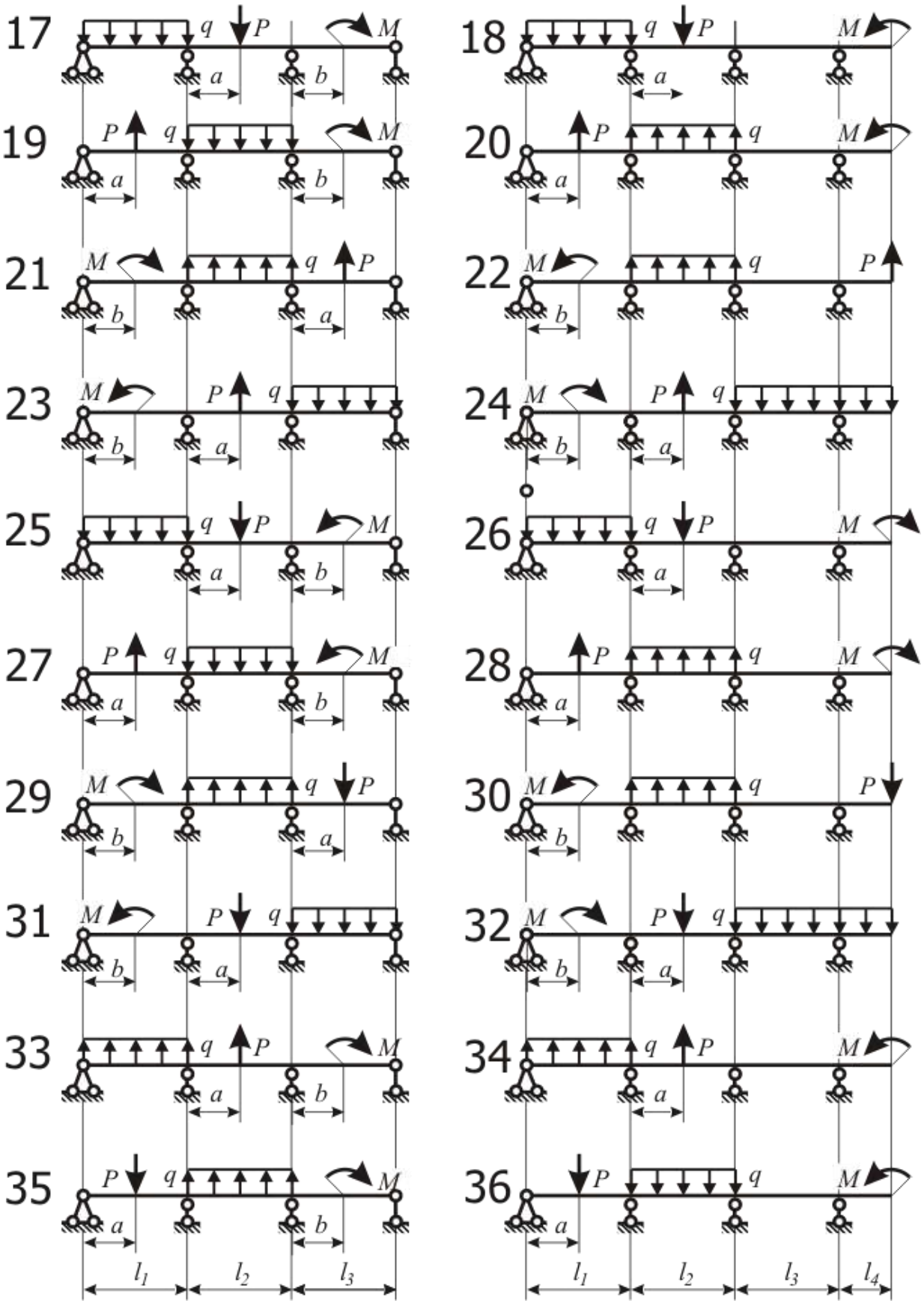


Рис. 7.2. Многопролётная неразрезная балка (варианты 17 – 36)

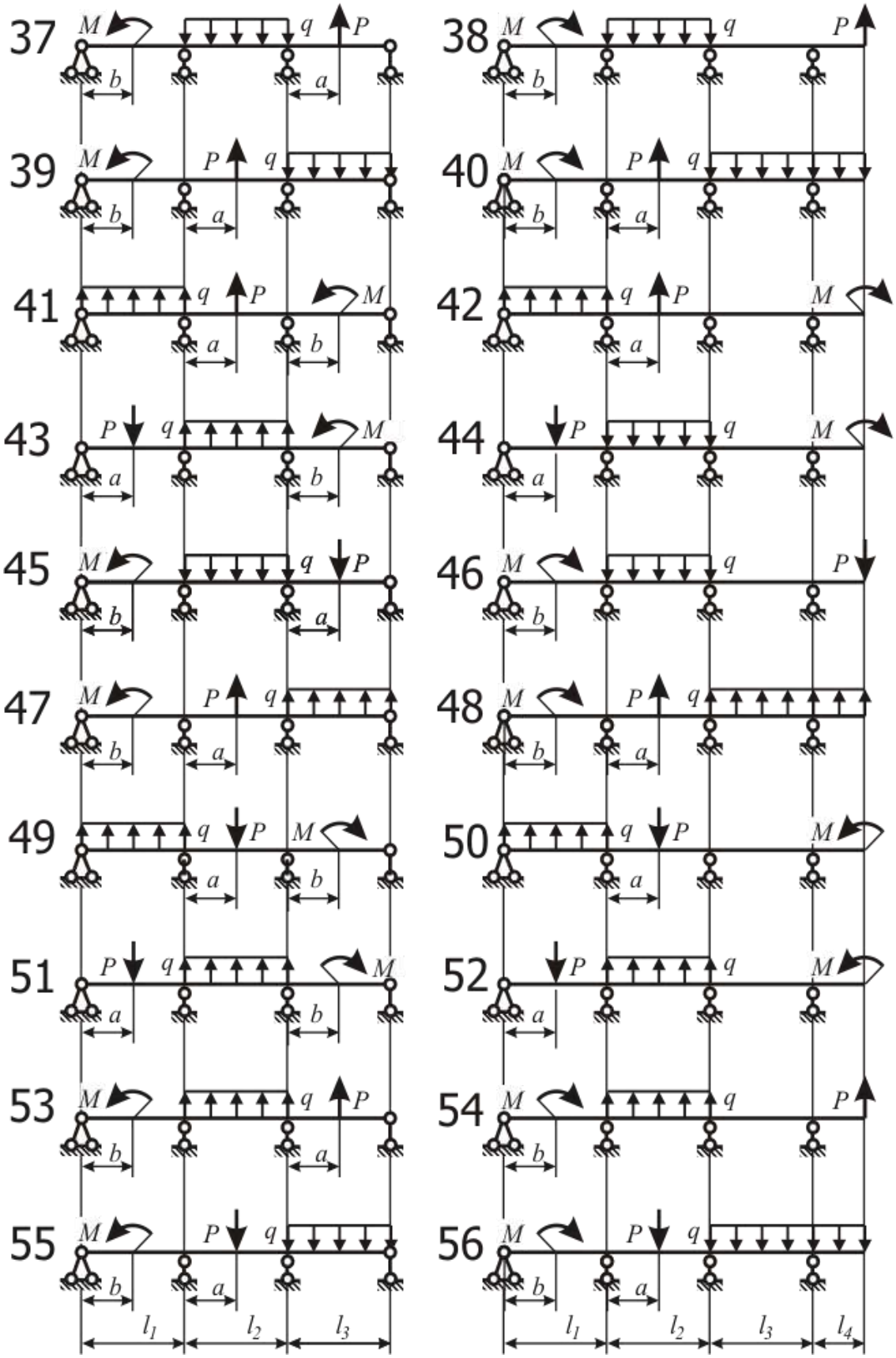


Рис. 7.3. Многопролётная неразрезная балка (варианты 37 – 56)

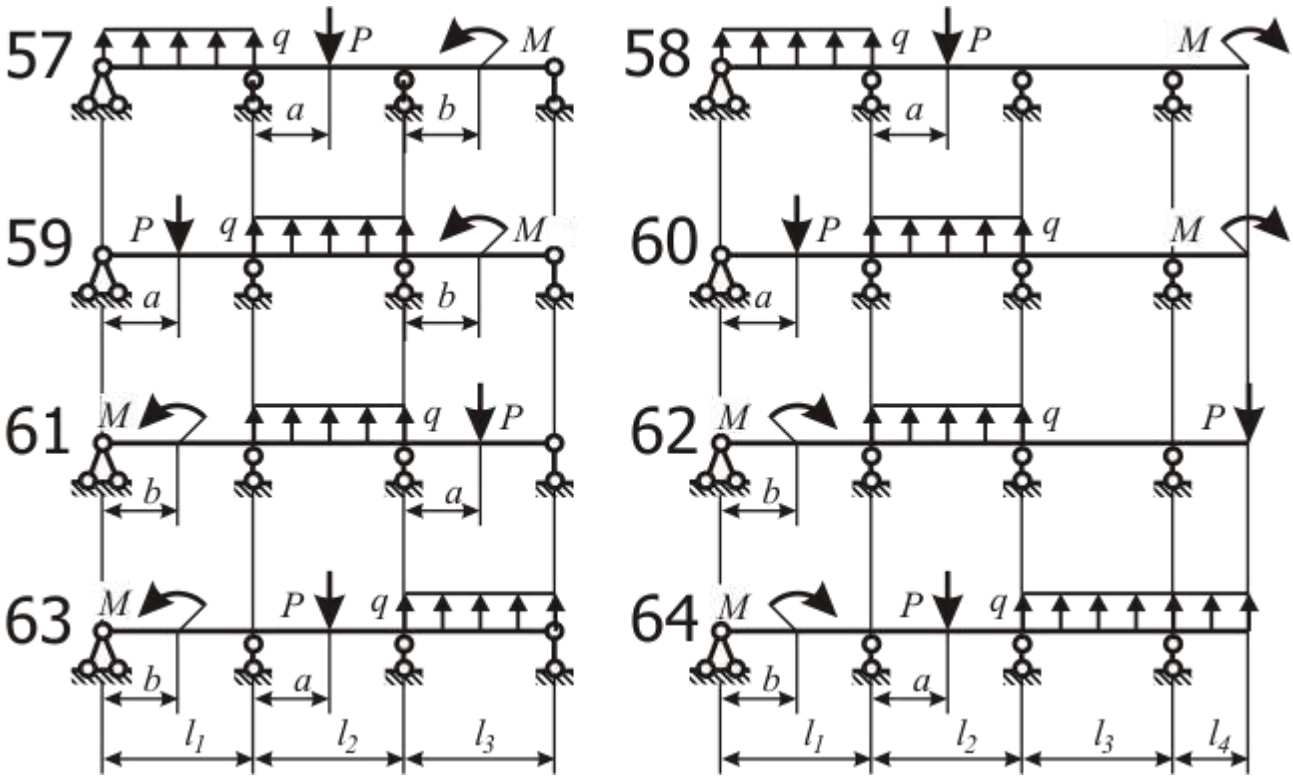


Рис. 7.4. Многопролётная неразрезная балка (варианты 57 – 64)

Исходные данные к задаче 7 Таблица 7

Номер задания	Длина участка, м				Нагрузка			Координата точки приложения, м	
	l_1	l_2	l_3	l_4	P, кН	M, кН·м	q, $^{Н}/_{м}$	силы, a	момента, b
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4,0	5,0	3,0	–	80	165	20	3,0	2,0
2	3,5	5,5	3,5	1,5	90	175	25	2,0	–
3	3,0	6,0	4,0	–	90	185	30	1,5	2,0
4	3,0	6,0	4,5	2,0	80	195	35	2,0	–
5	3,5	5,5	5,0	–	70	105	30	2,0	1,5
6	4,0	5,0	5,5	2,5	60	115	30	–	2,0
7	4,5	4,5	6,0	–	50	125	25	3,0	2,5
8	5,0	4,0	6,0	3,0	40	135	25	2,5	3,0
9	5,5	3,5	5,5	–	40	145	20	2,0	2,5
10	6,0	3,5	5,0	3,0	59	155	20	1,5	–
11	6,0	4,0	4,5	–	60	165	25	4,0	3,0
12	5,5	4,5	4,0	2,5	70	175	20	3,5	–
13	5,0	5,0	3,5	–	80	185	35	1,5	3,5
14	4,5	5,5	3,0	2,0	90	195	35	–	1,5
15	4,0	6,0	3,0	–	90	105	15	4,0	2,0
16	3,5	6,0	3,5	1,5	80	115	20	3,5	1,5
17	3,5	5,5	4,0	–	70	125	25	3,0	1,5
18	4,0	5,0	4,5	1,5	60	135	30	2,5	–
19	4,5	4,5	5,0	–	50	145	35	3,0	2,0

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	5,0	4,0	5,5	2,0	40	155	35	2,0	–
21	5,5	3,5	6,0	–	40	165	30	3,5	4,5
22	6,0	3,5	6,0	2,5	59	175	25	–	4,0
23	6,0	4,0	5,5	–	60	185	20	3,0	3,5
24	5,5	4,5	5,0	3,0	70	195	15	2,5	3,0
25	5,0	5,0	4,5	–	80	105	15	2,0	2,5
26	4,5	5,5	4,0	3,0	90	115	20	1,5	–
27	4,0	6,0	3,5	–	90	125	25	1,5	2,0
28	3,5	6,0	3,0	2,5	80	135	30	2,0	–
29	3,5	5,5	3,0	–	70	145	35	1,5	2,5
30	4,0	5,0	3,5	2,0	60	155	35	–	2,0
31	4,5	4,5	4,0	–	50	165	30	3,0	1,5
32	5,0	4,0	4,5	1,5	40	175	25	2,5	3,5
33	5,5	3,5	5,0	–	40	185	20	2,0	3,5
34	6,0	3,5	5,5	1,5	59	195	15	1,5	–
35	6,0	4,0	6,0	–	60	105	15	4,5	4,0
36	5,5	4,5	6,0	2,0	70	115	20	4,0	–
37	5,0	5,0	5,5	–	80	125	25	3,0	2,5
38	4,5	5,5	5,0	2,5	90	135	30	–	2,0
39	4,0	6,0	4,5	–	90	145	35	4,5	1,5
40	3,5	6,0	4,0	3,0	80	155	35	4,0	2,0
41	3,5	5,5	3,5	–	70	165	30	3,5	1,5
42	4,0	5,0	3,0	3,0	60	175	25	3,0	–
43	4,5	4,5	3,0	–	50	185	20	3,5	2,0
44	5,0	4,0	3,5	2,5	40	195	15	3,0	–
45	5,5	3,5	4,0	–	40	105	15	2,5	3,0
46	6,0	3,5	4,5	2,0	59	115	20	–	2,5
47	6,0	4,0	5,0	–	60	125	25	2,5	2,0
48	5,5	4,5	5,5	1,5	70	135	30	2,0	1,5
49	5,0	5,0	6,0	–	80	145	35	1,5	2,5
50	4,5	5,5	6,0	1,5	90	155	35	4,0	–
51	4,0	6,0	5,5	–	90	165	30	2,5	3,0
52	3,5	6,0	5,0	2,0	80	175	25	2,0	–
53	3,5	5,5	4,5	–	70	185	20	2,0	3,5
54	4,0	5,0	4,0	2,5	60	195	15	–	3,0
55	4,5	4,5	3,5	–	50	105	15	3,5	2,5
56	5,0	4,0	3,0	3,0	40	115	20	3,0	2,0
57	5,5	3,5	3,0	–	40	125	25	2,5	1,5
58	6,0	3,5	3,5	3,0	59	135	30	2,0	–
59	6,0	4,0	4,0	–	60	145	35	1,5	2,0
60	5,5	4,5	4,5	2,5	70	155	35	4,5	–
61	5,0	5,0	5,0	–	80	165	30	1,5	3,0
62	4,5	5,5	5,0	2,0	90	175	25	–	2,5
63	4,0	6,0	5,5	–	90	185	20	4,5	2,0
64	3,5	6,0	6,0	1,5	80	195	15	4,0	1,5

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ № 7

Раскрыть статическую неопределимость неразрезной трёхпролётной балки (рис. 7.5). Нагрузки и длину пролёта принять равными: $P = 20$ кН; $M = 20{,}0$ кНм; $q = 10{,}0$кН/м; $L = 2{,}00$ м. Построить эпюры внутренних силовых факторов.

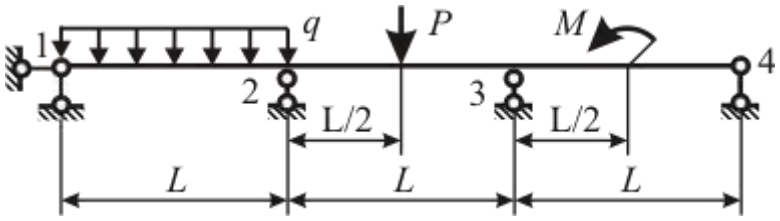


Рис. 7.5. Схема неразрезной балки

1. Чертим схему балки в масштабе (рис. 7.6, а). Нумеруем опорные узлы. Шарнирно неподвижную опору 1 изображаем в виде горизонтального и вертикального опорных стержней (1в) и (1г).

2. Находим степень статической неопределимости $N_{не}$ балки. Для этого определяем число опорных стержней $N_{ст} = 5$ (два опорных стержня в шарнирно неподвижной опоре 1 и по одному в шарнирно подвижных опорах 2, 3, 4). Из числа опорных стержней вычитаем число уравнений статики $N_{ур}$ (три – в рассматриваемом случае плоского изгиба балки).

Получаем $N_{не} = N_{ст} - N_{ур} = 5 - 3 = 2$.

Балка дважды статически неопределима.

3. Выбираем основную систему. Основная система должна быть статически определимой и неизменяемой. Чтобы балка (см. рис. 7.6, а) стала статически определимой, отбросим два любых вертикальных опорных стержня. Например, при удалении стержней 3 и 4 получаем основную систему, показанную на рис. 7.6, б. Если отбросить стержни 1в и 4, то основная система, примет вид, данный на рис. 7.6, в. Горизонтальный стержень 1г отбрасывать нельзя, так как при его удалении система становится изменяемой (рис. 7.6, г). Степень статической неопределимости системы можно понизить путём отбрасывания внутренних связей.

Выберем основную систему, указанную на рис. 7.6, б.

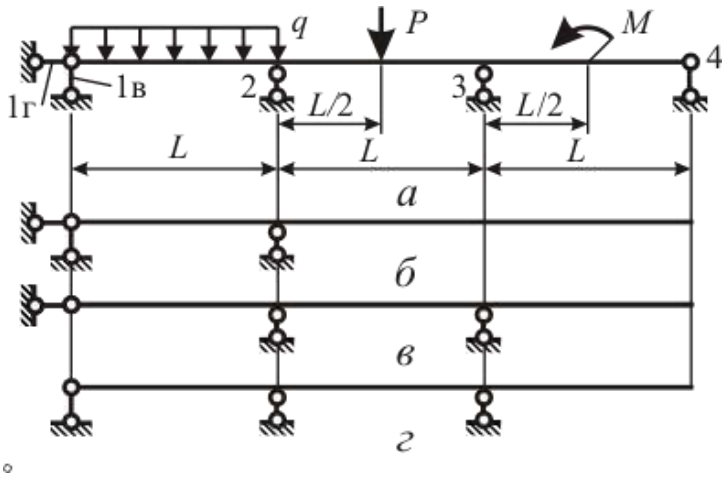


Рис. 7.6. К выбору основной системы

4. Эквивалентной системой называют основную систему, к которой приложены внешние нагрузки и неизвестные реакции отброшенных связей. Прикладываем неизвестные реакции X_1, X_2 в точках крепления отброшенных опорных стержней 4 и 3. Линии действия этих реакций совпадают с осями отброшенных стержней, направление реакций вдоль их линий действия выбираем произвольно. Если выбранное направление реакции не совпадёт с истинным, то полученное при раскрытии статической неопределимости значение избыточного неизвестного будет отрицательным. Эквивалентная система приведена на рис. 7.7.

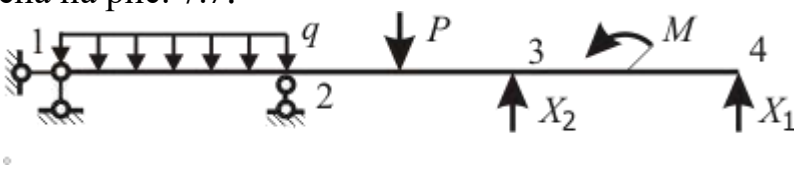


Рис. 7.7. Эквивалентная система

5. Идея раскрытия статической неопределимости методом сил состоит в следующем. Эквивалентная система деформируется так же, как исходная. Так как опорные стержни 3 и 4 являются абсолютно жёсткими, вертикальные перемещения точек 3 и 4 равны нулю. К уравнениям равновесия добавлены два дополнительных уравнения, из которых можно определить избыточные неизвестные X_1, X_2 (чаще их называют «лишними»).

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= 0, \\ y_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (7.1)$$

Используя принцип независимости действия сил, представим перемещение каждой точки как сумму трёх перемещений: от силы X_1, от силы X_2иот внешней нагрузки. Система уравнений примет вид (7.5). Первый индекс указывает номер отброшенной связи, второй индекс указывает причину, вызывающую смещение в направлении этой связи.

$$\left.\begin{aligned} y_{11} + y_{12} + y_{1\varepsilon} &= 0, \\ y_{21} + y_{22} + y_{2\varepsilon} &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.2)$$

Перемещение $y_{i\varepsilon}$ по направлению отброшенной связи i, вызванное действующей на эквивалентную систему внешней нагрузкой, называют грузовым членом канонического уравнения и обозначают заглавной греческой буквой «дельта» $\Delta_i = y_{i\varepsilon}$.Его определяют с помощью интеграла перемещений

$$\Delta_i = \int_0^{3L} ((M_\varepsilon(z)\overline{M_i}(z))/(EJ))dz, \qquad (7.3)$$

Где: 3L – длина балки; $M_\varepsilon(z)$ – грузовой момент в балке (момент от внешней нагрузки); $\overline{M_i}(z)$ – единичный момент (момент от единичной силы, совпадающей по направлению с силой X_i и приложенной в той же точке i); EJ(z) – изгибная жёсткость балки.

6. Строим эпюру грузового момента в порядке, изложенном при рассмотрении задачи 3.

6.1. Отбрасываем опорные стержни, их действие заменяем опорными реакциями $R_{1\varepsilon}$ и $R_{2\varepsilon}$. Здесь и далее первый индекс указывает точку, в которой

приложена реакция, второй индекс указывает причину, вызвавшую реакцию. Выбранное направление реакций указано на рис. 7.8, б. Сумма проекций внешних нагрузок на горизонтальную ось Ozравна нулю. Следовательно горизонтальная реакция на опоре 1 (в стержне 1г) равна нулю и поэтому на рис. 7.8, б не указана.

6.2. Составляем уравнения равновесия моментов относительно опорных точек 1 и 2 (при таком выборе центров моментов система двух уравнений равновесия расщепляется на два независимых уравнения)

$$\left.\begin{aligned} L\,R_{2г} - (qL^2)/2 - 1{,}5\,LP + M = 0, \\ -L\,R_{1г} + (qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M = 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7.4)$$

6.3. Решаем систему

$$\left.\begin{aligned} R_{1г} = ((qL^2)/2 - 0{,}5\,LP + M)/L = 10\ кН, \\ R_{2г} = ((qL^2)/2 + 1{,}5\,LP - M)/L = 30\,кН \end{aligned}\right\}. \qquad (7.5)$$

6.4. Для проверки составляем уравнение моментов относительно точки Щ (середины пролёта 1-2)

$$-0{,}5\,L\,R_{1г} + 0{,}5\,L\,R_{2г} - L\,P + M = 0. \qquad (7.6)$$

$$-0{,}5 \cdot 2 \cdot 20 + 0{,}5 \cdot 2 \cdot 30 - 2 \cdot 20 + 20 = 0.$$

6.5. Запишем аналитическое выражение для эпюры грузового момента. Ось балки обозначим Oz и направим слева направо. Начало координат z выберем в самой левой точке балки (опоре 1).

$$M_г(z) = R_{1г}z - (qz^2)/2 + (R_{2г}(z-l) + q(z-l)^2/2)\,H(z-l) -$$

$$-P \cdot \left(z - {}^3/_2\,l\right)H\left(z - {}^3/_2\,l\right) - MH(z - {}^5/_2\,l). \qquad (7.7)$$

Эпюра грузового момента может быть построена как методом сечений, так и путём вычислений по формуле (7.7). Эпюра грузового момента представлена на рис. 7.8, в.

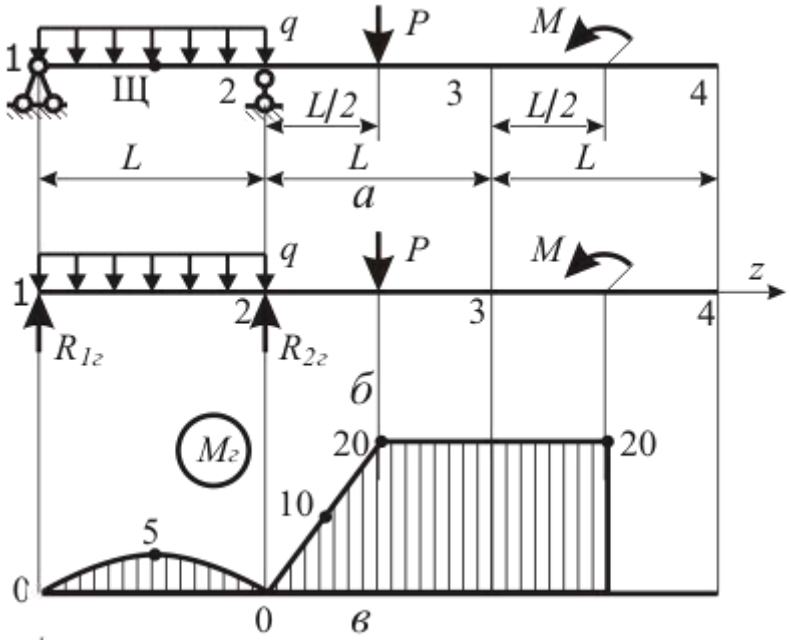


Рис. 7.8. К построению эпюры грузового момента $M_г$

7. Строим эпюру изгибающего момента от единичной силы, которая приложена в точке 4 и совпадает по направлению с избыточной неизвестной X_1 (полагаем неизвестную $X_1 = 1$). Момент от действия неизвестной $X_1 = 1$ называют единичным и выделяют надчёркиванием символа M. Построение эпюр изгибающих моментов рассмотрено в п. 6, а также в задаче 3. В случае консольной балки, нагруженной только на консоли, эпюру моментов можно построить без определения опорных реакций, Моменты на опоре 1 и в точке нагружения 4 (в которой к консоли приложена сила X_1) равны нулю: $\overline{M_1}(z_1) = 0$, $\overline{M_1}(z_4) = 0$. Момент силы $X_1 = 1$ на опоре 2 равен $\overline{M_1}(z_2) = 2 \cdot L = 2 \cdot 2 = 4$ Н·м.

Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный значению $\overline{M_1}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 4 (рис. 7.9, в).

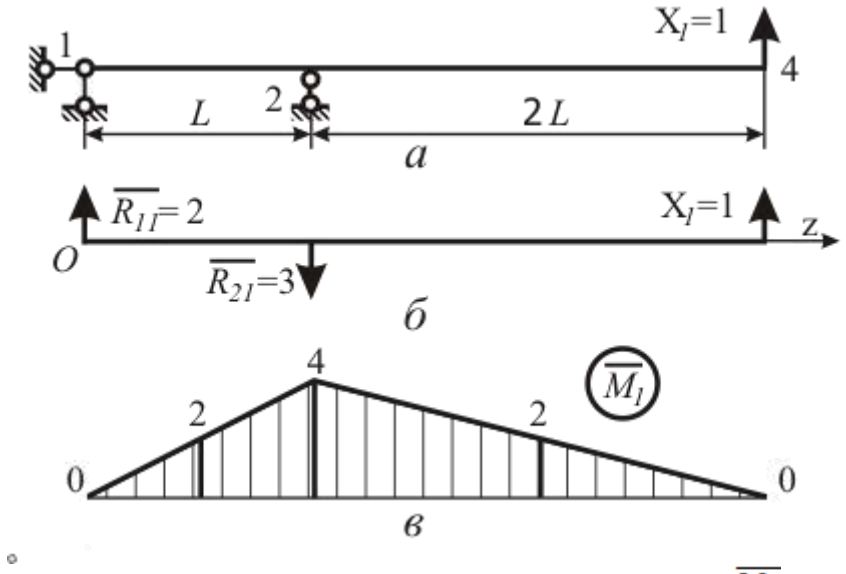


Рис. 7.9. К построению единичного момента $\overline{M_1}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_1(z)} = \overline{R_{11}}\, z - \overline{R_{21}}(z - L)\, H(z - L), \qquad (7.8)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{11}}$ и $\overline{R_{21}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{11}} + 2\,L\,X_1 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{21}} + 3\,l\,X_1 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{11}} = 2$ и $\overline{R_{21}} = 3$. Направления реакций указаны на рис. 7.9, б.

8. Построение эпюры единичного момента $\overline{M_2}$ от единичной силы, приложенной в точке 3 и совпадающей по направлению с избыточной неизвестной X_2 ($X_2 = 1$), схоже с построением $\overline{M_1}$ (см. рис. 7.9).

Моменты на опоре 1 и в точке 3 равны нулю: $\overline{M_2}(z_1) = \overline{M_2}(z_3) = 0$. Момент на опоре 2 от силы $X_2 = 1$ равен $\overline{M_2}(z_2) = 1 \cdot L = 2$. Проводим ось Oz. На вертикали 2 откладываем вверх (в выбранном масштабе) отрезок, равный

значению $\overline{M_2}(z_2)$. Верхнюю точку отложенного отрезка соединяем прямыми с нулями точек 1 и 3. Справа от точки 3 нагрузки отсутствуют, поэтому $\overline{M_2} \equiv 0$ на участке 3 - 4 (рис. 7.10, в).

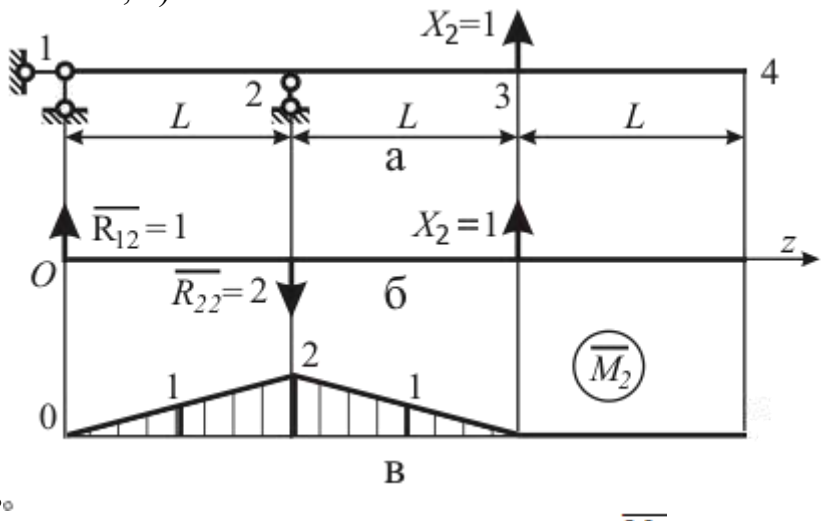


Рис. 7.10. К построению эпюры $\overline{M_2}$

Аналитическое выражение для единичного момента запишем в виде

$$\overline{M_2(z)} = \overline{R_{12}}\, z - \overline{R_{22}}(z - L)\, H(z - L) + 1 \cdot (z - 2L)\, H(z - 2L), \quad (7.9)$$

где начало координат для оси Oz взято в левом сечении балки (на опоре 1); реакции опор $\overline{R_{12}}$ и $\overline{R_{22}}$ от единичной силы $X_1 = 1$ найдены из уравнений равновесия моментов относительно опорных точек 2 и 1

$$\left.\begin{aligned} -L\,\overline{R_{12}} + L\,X_2 &= 0, \\ -L\,\overline{R_{22}} + 2\,l\,X_2 &= 0 \end{aligned}\right\}.$$

Получаем $\overline{R_{12}} = 1$ и $\overline{R_{22}} = 2$. Направления реакций указаны на рис. 7.10, б.

9. Перемещение эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием внешней нагрузки (грузовой член Δ_i системы уравнений метода сил) вычисляем по формуле (7.6), в которую подставлены выражения моментов (7.8),(7.9),(7.12). В результате вычислений получаем

$$\Delta_1 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_1}(z)/(EJ) \cdot dz = 127/(EJ);$$

$$\Delta_2 = \int_0^{3L} M_e(z) \cdot \overline{M_2}(z)/(EJ) \cdot dz = 30.0/EJ.$$

Расчёты проведены с использованием системы аналитических вычислений «Математика 5». Отметим, что подобные вычисления могут быть сделаны с использованием других систем символьной математики (MATHCAD, MAPLE).

Вычислим грузовые коэффициенты применяя формулу Симпсона. Получаем

$$\Delta_1 = 2/(6EJ)(0 \cdot 0 + 4 \cdot 2 \cdot 5 + 4 \cdot 0) + 1/(6EJ)(4 \cdot 0 + 4 \cdot 3{,}5 \cdot 10 + 3 \cdot 20) +$$
$$+ 2/(6EJ)(3 \cdot 20 + 4 \cdot 2 \cdot 20 + 1 \cdot 20) + 1/(6EJ)(2 \cdot 0 + 4 \cdot 1 \cdot 0 + 0 \cdot 0) =$$
$$= 127/EJ\,.$$

$$\Delta_2 = 2/(6EJ)(0 \cdot 0 + 4 \cdot 1 \cdot 5 + 2 \cdot 0) + 1/(6EJ)(2 \cdot 0 + 4 \cdot 1{,}5 \cdot 10 + 1 \cdot 20) +$$
$$+ 1/(6EJ)(1 \cdot 20 + 4 \cdot 0{,}5 \cdot 20 + 0 \cdot 20) = 30{,}0/EJ\,.$$

10. При определении перемещения y_{ij} эквивалентной системы в направлении избыточного неизвестного X_{1i} под действием избыточного неизвестного X_{1j} интеграл перемещений примет вид

$$y_{ij} = X_j \int_0^{3L} \overline{M_i}(z)\,\overline{M_j}(z)/(EJ)\,. \qquad (7.10)$$

Здесь используется принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции). Изгибающий момент от избыточного неизвестного X_j представлен как произведение модуля этого неизвестного на момент от единичной силы, приложенной в точке jи действующей по направлению силы X_j.

Интеграл в формуле (7.10) называют коэффициентом при неизвестном системы канонических уравнений метода сил и обозначают δ_{ij}. Из свойств определённого интеграла вытекают следующие свойства матрицы коэффициентов при неизвестных системы канонических уравнений метода сил: матрица коэффициентов при неизвестных симметрична

$$\delta_{ij} = \delta_{ji};$$

диагональные члены матрицы коэффициентов при неизвестных положительны $\delta_{ii} > 0$.

Канонические уравнения метода сил примут вид с учётом принятых обозначений:

$$\left.\begin{aligned}\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \Delta_1 = 0,\\ \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \Delta_2 = 0.\end{aligned}\right\} \qquad (7.11)$$

Коэффициенты при неизвестных вычислены по формуле Симпсона

$$\delta_{11} = L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) + 2\,L/(6EJ)(0 + 4\cdot 2^2 + 4^2) = 32/(EJ);$$

$$\delta_{22} = 2\cdot 2/(6EJ)\,(0 + 4\cdot 1 + 2^2)/(6EJ) = 5{,}33/(EJ);$$

$$\delta_{12} = 2/(6EJ)(0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 4\cdot 2) + 2/(6EJ)(4\cdot 2 + 4\cdot 3\cdot 1 + 2\cdot 0) = 12/EJ\,.$$

11. Система канонических уравнений метода сил

$$\left.\begin{aligned}32{,}0\,X_1 + 12{,}0\,X_2 + 127 = 0\,,\\ 12{,}0\,X_1 + 5{,}33\,X_2 + 30{,}0 = 0\end{aligned}\right\}.$$

Корни этой системы равны $X_1 = -11{,}8$, $X_1 = 21{,}0$. Избыточное неизвестное X_1 отрицательно, следовательное его направление и направление реакций $\overline{R_{11}}$и $\overline{R_{21}}$ обратно принятому на рис. 7.10, б.

12. Определяем опорные реакции. В соответствии с направлениями реакций (рис. 7.19, б – 7.10, б) получаем

$$R_1 = R_{1в} + X_1\overline{R_{11}} + X_2\overline{R_{12}} = 10{,}0 - 11{,}8\cdot 2 + 21{,}0\cdot 3 = 7{,}33;$$

$$R_2 = R_{2в} - X_1\overline{R_{21}} - X_2\overline{R_{22}} = 30 - (-11{,}8)\cdot 1 - 21{,}0\cdot 2 = 23{,}5.$$

Строим истинную эпюру поперечной силы Q (рис. 7.11, ж).

13. Истинную эпюру изгибающих моментов, в неразрезной балке находим по формуле

$$M(z) = M_в(z) + X_1\overline{M_1}(z) + X_2\overline{M_2(z)}\,.$$

Эпюра изгибающего момента дана на рис. 7.11, з.

14. Выбор двутавра из условия прочности $\sigma_m = M_m/W \le [\sigma]$. Здесь: $M_m = 11{,}8$ [кН·м] $= 11{,}8\cdot 10^3$ [Н·м] – наибольший по модулю изгибающий

момент в балке (найденный в п. 3); $[\sigma] = 200$ [МПа] $= 2 \cdot 10^8$ [Н/м^2] – допускаемые напряжения.

Требуемый по условию прочности момент сопротивления изгибу $W = M_m/[\sigma] = 11{,}8 \cdot 10^3/2 \cdot 10^8 = 5{,}9 \cdot 10^{-5}$[м^3]$= 59$[см^3]. В ГОСТ 8239-89 находим двутавр с ближайшим большим моментом сопротивления изгибу: двутавр № 14, $W_x = 81{,}7{,}0$ [см^3]. Его момент инерции $J_x = 572$ [см^4].

15. Находим максимальные напряжения изгиба

$$\sigma_{max} = M_{max}/W_x = 11{,}8 \cdot 10^3/81{,}7 \cdot 10^{-6} = 1{,}45 \cdot 10^8 \text{ [Н/м}^2\text{]}.$$

Определяем коэффициент запаса прочности по допускаемым напряжениям $k_{[\sigma]} = [\sigma]/\sigma_{max} = 2 \cdot 10^8/1{,}45 \cdot 10^8 = 1{,}38$.

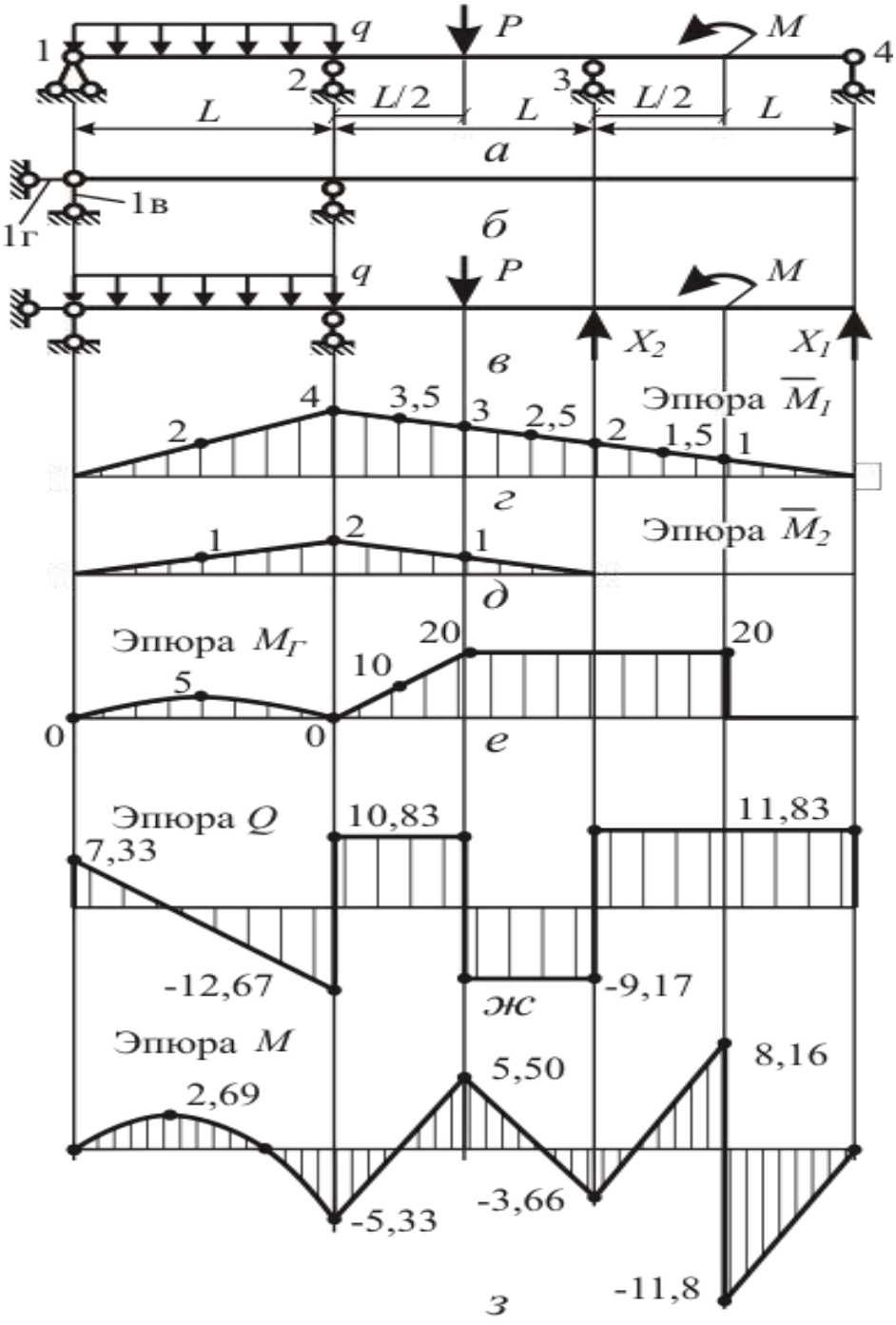


Рис. 7.11. Раскрытая методом сил статическая неопределимость

Задача №8. Расчет стержней на устойчивость

Из расчёта на устойчивость подобрать размеры поперечного сечения стального стержня, сжатого осевой силой P. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ указаны на рис. 8.1. Схемы сечений даны на рис. 8.2 и 8.3. Данные для расчёта сведены в табл. 8.1. Коэффициент продольного изгиба Приведен в табл.8.2.

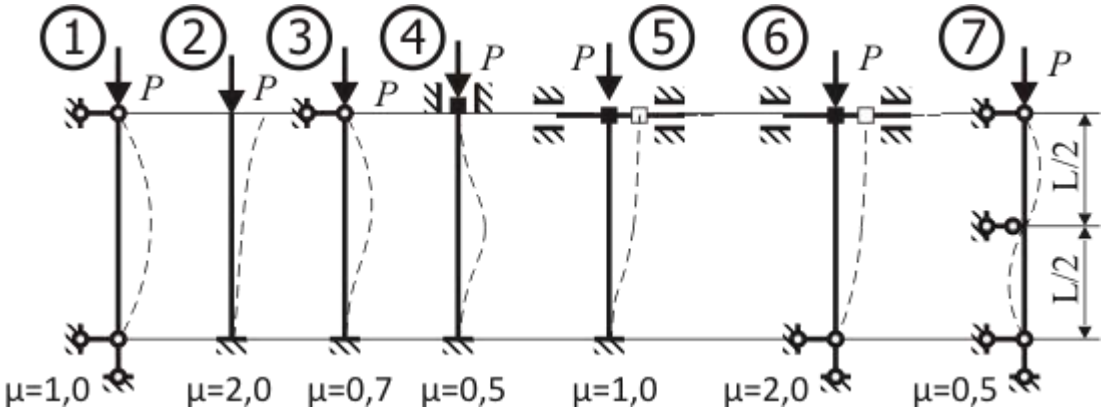


Рис. 8.1. Способ закрепления стержня и коэффициент приведённой длины μ

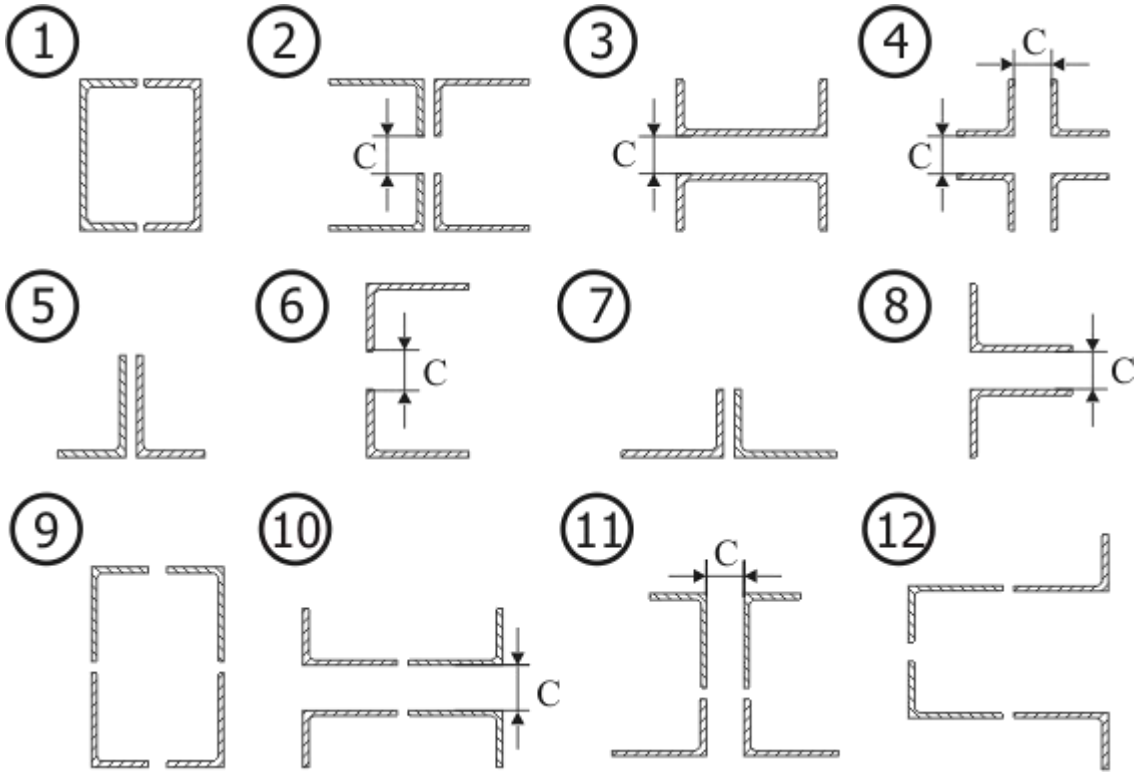


Рис. 8.2. Схемы поперечных сечений 1 – 12 стержня

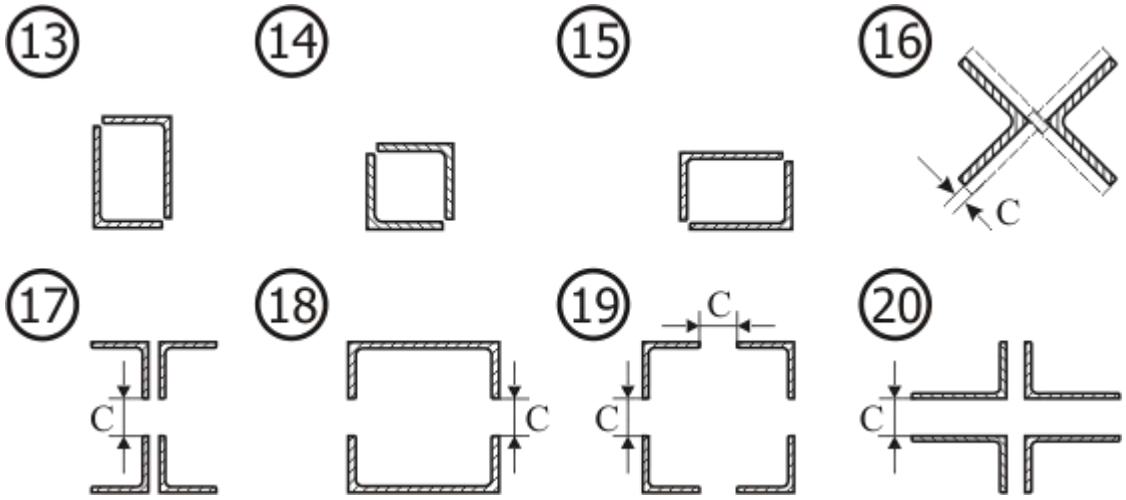


Рис. 8.3. Схемы поперечных сечений 13 – 20 стержня

Таблица 8.1

Исходные данные к задаче № 8

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, м	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	6,0	–	500	240
2	2	2	2,5	70	550	280
3	3	3	6,5	75	600	320
4	4	4	7,0	80	650	360
5	5	5	7,5	–	95	400
6	6	6	3,0	55	90	440
7	7	7	8,0	–	85	480
8	1	8	6,0	60	80	520
9	2	9	3,5	–	700	560
10	3	10	6,5	65	750	600
11	4	11	7,0	70	800	640
12	5	12	7,5	–	850	240
13	6	13	4,0	–	75	280
14	7	14	8,0	–	70	320
15	1	15	6,0	–	65	360
16	2	16	2,5	75	60	400
17	3	17	6,5	80	900	440
18	4	18	7,0	55	500	480
19	5	19	7,5	60	550	520
20	6	20	3,0	65	600	560
21	7	1	8,0	–	650	600
22	1	2	6,0	70	700	640
23	2	3	3,5	75	750	240
24	3	4	6,5	80	800	280

Окончание таблицы 8.1

Номер варианта	Номер схемы закрепления	Номер сечения	Длина L, м	c, мм	Осевая сила P, кН	Допускаемые напряжения сжатия $[\sigma]$, МПа
1	2	3	4	5	6	7
25	4	5	7,0	–	55	320
26	5	6	7,5	55	95	360
27	6	7	4,0	–	90	400
28	7	8	8,0	60	85	440
29	1	9	6,0	–	850	480
30	2	10	2,5	65	900	520
31	3	11	6,5	70	500	560
32	4	12	7,0	–	550	600
33	5	13	7,5	–	80	640
34	6	14	3,0	–	75	240
35	7	15	8,0	–	70	280
36	1	16	6,0	75	65	320
37	2	17	3,5	80	600	360
38	3	18	6,5	55	650	400
39	4	19	7,0	60	700	440
40	5	20	7,5	65	750	480
41	6	1	4,0	–	800	520
42	7	2	8,0	70	850	560
43	1	3	6,0	75	900	600
44	2	4	2,5	80	500	640
45	3	5	6,5	–	60	240
46	4	6	7,0	55	55	280
47	5	7	7,5	–	95	320
48	6	8	3,0	60	90	360
49	7	9	8,0	–	550	400
50	1	10	6,0	65	600	440
51	2	11	3,5	70	650	480
52	3	12	6,5	–	700	520
53	4	13	7,0	–	85	560
54	5	14	7,5	–	80	600
55	6	15	4,0	–	75	640
56	7	16	8,0	75	70	240
57	1	17	6,0	80	750	280
58	2	18	2,5	55	800	320
59	3	19	6,5	60	850	360
60	4	20	7,0	65	900	400
61	5	1	7,5	–	500	440
62	6	2	3,0	70	550	480
63	7	3	8,0	75	600	520
64	1	4	6,0	80	650	560

Таблица 8.2.

Коэффициент продольного изгиба

Гибкость, λ	Значение коэффициента φ				
	Материал				
	Ст.4, Ст.3	Ст.5	Ст.СПБ	чугун	дерево
0	1	1	1	1	1
10	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
20	0,96	0,95	0,95	0,95	0,97
30	0,94	0,92	0,91	0,81	0,93
40	0,92	0,89	0,87	0,69	0,87
50	0,89	0,86	0,83	0,57	0,8
60	0,86	0,82	0,79	0,44	0,71
70	0,81	0,76	0,72	0,34	0,6
80	0,75	0,7	0,65	0,26	0,48
90	0,69	0,62	0,55	0,2	0,38
100	0,63	0,51	0,43	0,16	0,31
130	0,4	0,33	0,26	-	0,18
140	0,36	0,29	0,23	-	0,16
150	0,32	0,26	0,21	-	0,14
160	0,29	0,24	0,19	-	0,12
170	0,26	0,21	0,17	-	0,11
180	0,23	0,019	0,15	-	0,1
190	0,21	0,17	0,14	-	0,09
200	0,19	0,16	0,13	-	0,08

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Подобрать размеры поперечного сечения стальной трубчатой колонны, нагруженной осевой силой $P = 475$ кН. Высота колонны $l = 2{,}5$ м. Отношение внутреннего диаметра трубы к наружному равно $k = d_в/d = 0{,}5$. Схема закрепления колонны № 2 в табл. 7.1. Коэффициент приведённой длины $\mu = 2$. Допускаемые напряжения сжатия для материала колонны $[\sigma] = 440$ МПа.

1. Переводим: осевую силу в ньютоны $P = 4{,}75 \cdot 10^5$Н; допускаемые напряжения в Паскали: $[\sigma] = 4{,}4 \cdot 10^8$ Па.

2. Определяем приведённую длину колонны: $L = \mu\, l = 2 \cdot 2{,}5 = 5$ м.

3. Шаг 1 подбора сечения методом последовательных приближений. Задаём начальное значение коэффициента снижения запаса при продольном изгибе φ_1 по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Начальное значение коэффициента φ_1 рекомендуется выбирать в интервале 0,5 – 0,7. Принимаем $\varphi_1 = 0{,}5$.

4. По формуле

$$S_i = P/(\varphi_i\,[\sigma]) \qquad (8.1)$$

определяем площадь сечения, при которой обеспечивается устойчивость

$$S_1 = P/(\varphi_1\,[\sigma]) = 4{,}75 \cdot 10^5/(0{,}5 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8) = 0{,}00216 \text{ м}^2.$$

5. Наружный диаметр сечения кольца, площадь которого равна S_1, находим по формуле

$$d_i = 2\sqrt{S_i/(\pi(1-k^2))}. \quad (8.2)$$

Получаем

$$d_1 = 2\sqrt{S_1/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00216/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0605 \text{ м}.$$

6. Радиус инерции кольца

$$i = d\sqrt{1+k^2}/4. \quad (8.3)$$

Для выбранного кольца радиус инерции

$$i_1 = d_1\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0605\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0169 \text{ м}.$$

7. Гибкость стержня определяется по формуле

$$\lambda = L/i. \quad (8.4)$$

Сечение, выбранное на первом шаге, имеет гибкость

$$\lambda_1 = L/i_1 = 5/0{,}0169 = 295.$$

8. По табл. 8.3 определяем коэффициент снижения запаса по устойчивости по сравнению с коэффициентом запаса прочности при сжатии. Для стали СПБ (с повышенными прочностными характеристиками) наибольшее значение гибкости, при котором определён коэффициент φ, равно $\lambda = 200$. Принимаем значение коэффициента запаса для стержня, выбранного на шаге 1, равным $\Phi_1 = 0$. Различие значений коэффициента снижения запаса устойчивости $\varphi_1 = 0{,}5$ и $\Phi_1 = 0$ относительно велико.

9. Шаг 2.

9.1. Начальное значение коэффициента φ на следующем шаге принимаем равным среднему значению начального и конечного значений коэффициентов предыдущего шага. Для шага 2 имеем

$$\varphi_2 = (\varphi_1 + \Phi_1)/2 = (0{,}5+0)/2 = 0{,}25. \quad (8.5)$$

9.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 2 значении φ_2.

Получаем для шага 2:

площадь

$$S_2 = P/(\varphi_2\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot10^5/(0{,}25\cdot4{,}4\cdot10^8) = 0{,}00432 \text{ м}^2;$$

диаметр

$$d_2 = 2\sqrt{S_2/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00432/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}0856 \text{ м};$$

радиус инерции

$$i_2 = d_2\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}0856\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0239 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_2 = L/i_2 = 5/0{,}0239 = 209.$$

9.3. Гибкость λ_2 превышает значение гибкости, для которой составлена табл. 8.3. Принимаем коэффициент снижения допускаемых напряжений при расчёте на устойчивость по отношению к допускаемым напряжениям при сжатии $\Phi_2 = 0$.

10. Шаг 3.

10.1. По аналогии с формулой (8.5) для шага 3 получаем

$$\varphi_3 = (\varphi_2 + \Phi_2)/2 = (0{,}25+0)/2 = 0{,}125.$$

10.2. По формулам (7.1) – (7.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 3 значении φ_3.

Получаем для шага 3:
площадь

$$S_3 = P/(\varphi_3\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}125\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00864\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_3 = 2\sqrt{S_3/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00864/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}121\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}121\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0338\ \text{м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0338 = 148\,.$$

10.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим с помощью линейной интерполяции значение коэффициента Φ_3. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.6)$$

получаем для шага 3:

$$\lambda_{н3} = 140\,;\ \lambda_{к3} = 150;$$
$$\varphi_{н3} = 0{,}23;\ \varphi_{к3} = 0{,}21;$$
$$\lambda_3 = 148.$$

Подставляя эти значения в (7.6), получаем

$$\Phi_3 = \varphi_{н3} + (\varphi_{к3} - \varphi_{н3})\,(\lambda_3 - \lambda_{н3})/(\lambda_{к3} - \lambda_{н3}) =$$
$$= 0{,}23 + (0{,}21 - 0{,}23)\,(148 - 140)/(150 - 140) = 0{,}215.$$

10.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\,[\sigma]. \qquad (8.7)$$

Получаем

$$P_3 = \Phi_3 S_3[\sigma] = 0{,}215\cdot 0{,}00864\cdot 4{,}4\cdot 10^8 = 8{,}15\cdot 10^5\ \text{Н}.$$

10.5. По формуле

$$\Delta_i = (P_i - P)/P \qquad (8.8)$$

ищем относительную погрешность подбора сечения.
Получаем

$$\Delta_i = (P_i - P)/P = (8{,}15\cdot 10^5 - 4{,}75\cdot 10^5)/4{,}75\cdot 10^5 = 0{,}716.$$

При подборе поперечного сечения колонны следует стремится к тому, чтобы относительная погрешность подбора лежала в пределах $\mp 0{,}05$.

11. Шаг 4

11.1. По формуле (8.5) для шага 4 получаем

$$\varphi_4 = (\varphi_3 + \Phi_3)/2 = (0{,}125 + 0{,}215)/2 = 0{,}170.$$

11.2. По формулам (8.1) – (8.4) находим площадь, наружный диаметр, радиус инерции и гибкость стержня при принятом для шага 4 значении φ_4.
Получаем для шага 4:
площадь

$$S_4 = P/(\varphi_4\,[\sigma]) = 4{,}75\cdot 10^5/(0{,}170\cdot 4{,}4\cdot 10^8) = 0{,}00636\ \text{м}^2;$$

диаметр

$$d_4 = 2\sqrt{S_4/(\pi(1-k^2))} = 2\sqrt{0{,}00636/(3{,}14\cdot(1-0{,}5^2))} = 0{,}104\ \text{м};$$

радиус инерции

$$i_3 = d_3\sqrt{1+k\text{^}2}/4 = 0{,}104\sqrt{1+0{,}5\text{^}2}/4 = 0{,}0290 \text{ м};$$

гибкость

$$\lambda_3 = L/i_3 = 5/0{,}0290 = 172\,.$$

11.3. По табл. 8.3 для стали СПБ находим значение коэффициента Φ_4. Для начального $\lambda_н$ и конечного $\lambda_к$ значений границ интервала, в коем лежит найденная гибкость λ, выписываем из табл. 8.3 соответствующие им значения $\varphi_н$ и $\varphi_к$. По формуле линейной интерполяции

$$\Phi = \varphi_н + (\varphi_к - \varphi_н)\,(\lambda - \lambda_н)/(\lambda_к - \lambda_н) \qquad (8.9)$$

получаем для шага 4:

$$\lambda_{н4} = 170\,;\ \lambda_{к4} = 180;$$
$$\varphi_{н4} = 0{,}17;\ \varphi_{к4} = 0{,}15;$$
$$\lambda_4 = 172.$$

Подставляя эти значения в (8.9), получаем

$$\Phi_4 = \varphi_{н4} + (\varphi_{к4} - \varphi_{н4})\,(\lambda_4 - \lambda_{н4})/(\lambda_{к4} - \lambda_{н4}) =$$
$$= 0{,}17 + (0{,}15 - 0{,}17)\,(172 - 170)/(180 - 170) = 0{,}166.$$

11.4. Определяем критическую силу по формуле

$$P = \Phi\, S\, [\sigma]. \qquad (8.10)$$

Получаем

$$P_4 = \Phi_4 S_4 [\sigma] = 0{,}166 \cdot 0{,}00636 \cdot 4{,}4 \cdot 10^8 = 4{,}64 \cdot 10^5 \text{Н}.$$

11.5. По формуле (8.8) ищем относительную погрешность подбора сечения. Получаем

$\Delta_i = (P_i - P)/P = (4{,}64 \cdot 10^5 - 4{,}75 \cdot 10^5)/4{,}75 \cdot 10^5$=0,0242.

Критическая сила для стержня меньше действующей силы на 2,42%. Полученное значение лежит в пределах принятой в сопротивлении материалов погрешности в 5 %.

12. Выбрана труба с внешним диаметром 105 мм и внутренним диаметром 52,5 мм.

Задача № 9. Расчёт статически неопределимых рам

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.1). Построить эпюры внутренних силовых факторов, действующих в поперечных сечениях. Выбрать сечение двутавровой балки при заданном допускаемом напряжении $[\sigma] = 160$ МПа. Данные для расчёта взять из табл. 9.1.

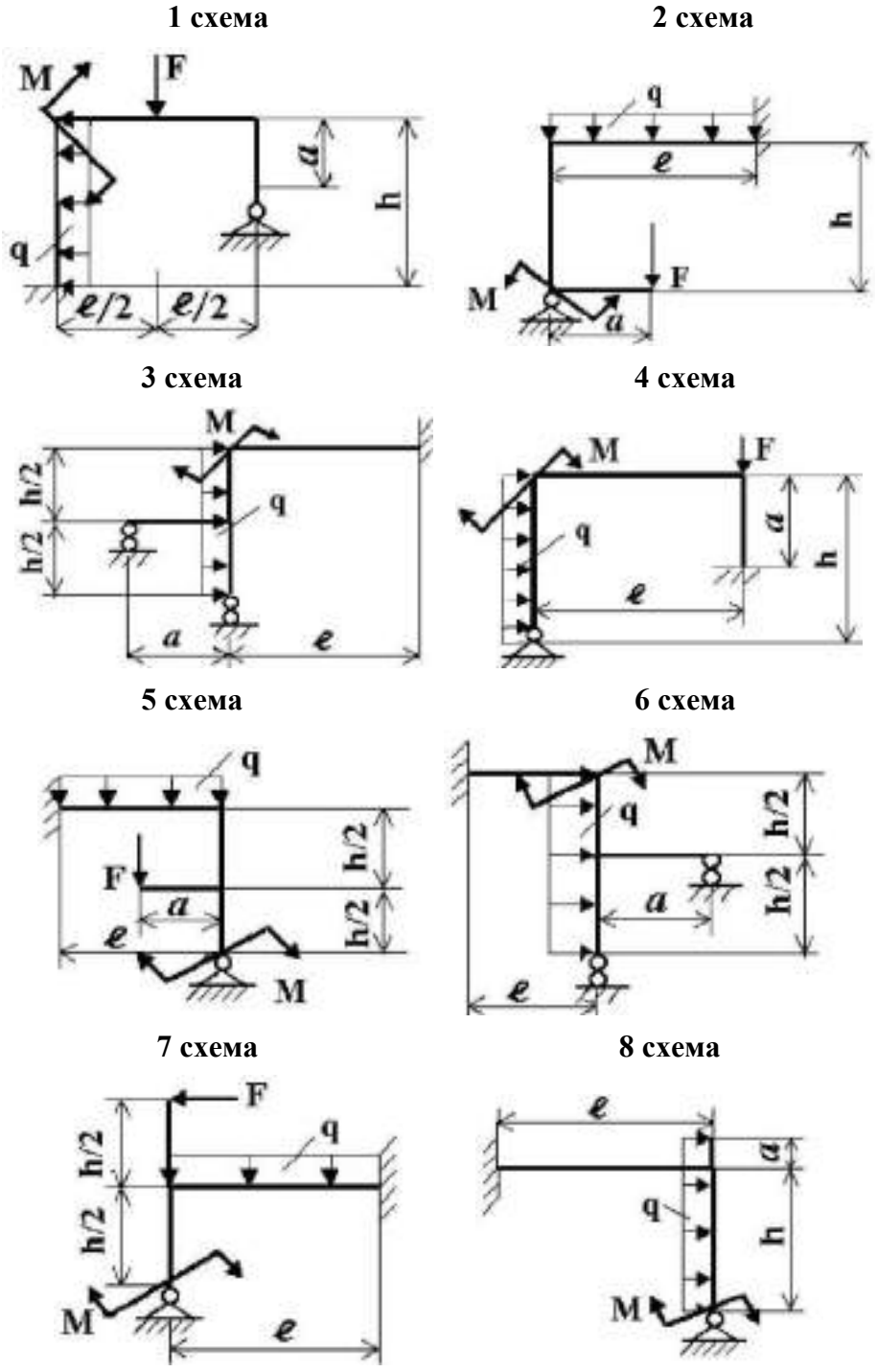


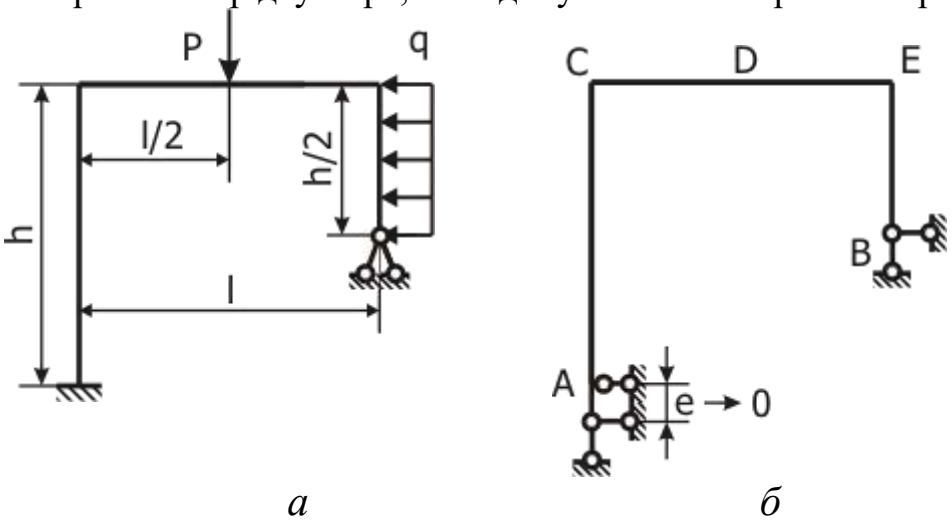
Рис. 9.1 Рама: схемы 1 … 8

Табл. 9.1

Номер задания	Схема по рис.9.1	Параметры	Числовые значения вариантов									
1	**1**	***h*, м**	**2,5**	**3,0**	**2,0**	**2,0**	**2,5**	**2,5**	**3,0**	**3,0**	**3,0**	**3,0**
2	**2**	***a*, м**	**1,8**	**1,0**	**1,5**	**1,6**	**1,0**	**1,2**	**1,5**	**1,0**	**2,0**	**1,8**
3	**3**	**M, кНм**	**30**	**40**	**20**	**20**	**40**	**26**	**25**	**60**	**30**	**20**
4	**4**	**F, кН**	**24**	**25**	**35**	**65**	**30**	**30**	**30**	**50**	**65**	**35**
5	**5**	**q, кН/м**	**30**	**30**	**30**	**10**	**10**	**35**	**20**	**35**	**15**	**10**
6	**6**	***h*, м**	**3,0**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**3,0**	**2,5**	**2,0**	**3,0**	**2,5**
7	**7**	***l*, м**	**4,0**	**4,0**	**2,0**	**2,5**	**3,0**	**4,0**	**3,0**	**3,0**	**2,0**	**4,0**
8	**8**	**M, кНм**	**30**	**45**	**25**	**30**	**25**	**24**	**35**	**20**	**35**	**20**
Номер варианта			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**

ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Раскрыть статическую неопределимость рамы (рис. 9.2. *а*). Размеры $l = 4$ м; $h = 4$ м. Нагрузки: $P = 20$ [кН]; $q = 5$ [кН/м]. Сечения стержней – двутавр. Выбрать номер двутавра, если допускаемые напряжения равны $[\sigma] = 160$ МПа.



а *б*

Рис. 9.2 Рама: а) схема; б) количество опорных стержней

РЕШЕНИЕ

1. *Степень статической неопределимости рамы.* Число опорных стержней равно 5 (заделка эквивалентна 3 опорным стержням (рис. 9.2. *б*), шарнирно-неподвижная опора образована 2 стержнями). Для определения опорных реакций плоской рамы имеем 3 уравнения статики. **Степенью статической неопределимости** называется разность между числом опорных стержней и числом уравнений статики. Рама дважды статически неопределима

$$N_{\text{неоп}} = K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 5 - 3 = 2.$$

2. *Выбор основной системы.* Удалив в заданной системе 2 опорных стержня, получим необходимое условие статической определимости

$$K_{\text{реак}} - K_{\text{ур}} = 0.$$

Основной системой называется **неизменяемая** статически определимая система, полученная из заданной системы отбрасыванием избыточных связей. На рис. 9.3 приведены основные системы, полученные отбрасыванием двух лишних опорных стержней.

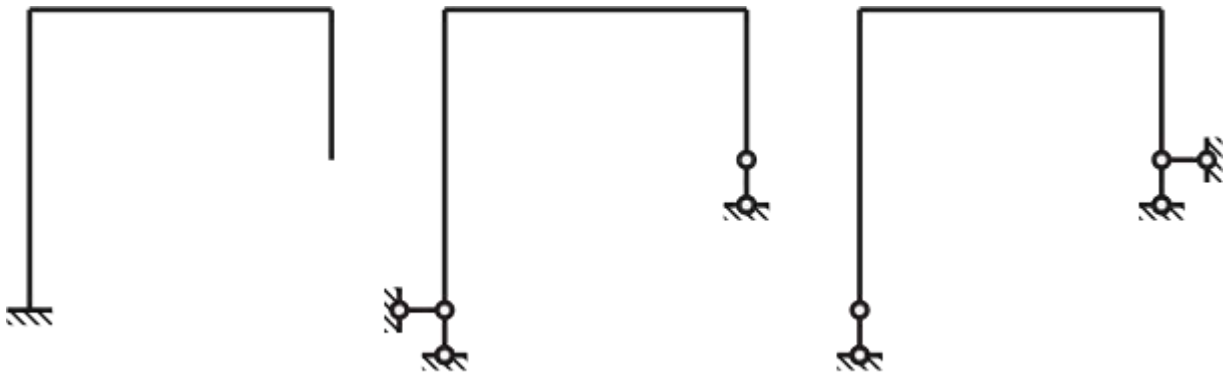


Рис. 9.3 Основные системы, полученные отбрасыванием опорных стержней

Основную систему можно получить удалением внутренних связей в узлах рамы или в самих стержнях. В основной системе (рис. 9.4.а) в узлах рамы удалены внутренние связи, передающие изгибающий момент. В системе (рис. 9.4.б) в двух сечениях удалены внутренние связи, воспринимающие изгибающие моменты. **Основная система должна быть неизменяемой**. Система (рис. 9.4.в), полученная удалением вертикальных опорных стержней, изменяема. Система (рис. 9.4.г), в правую стойку которой врезаны два шарнира, мгновенно изменяема.

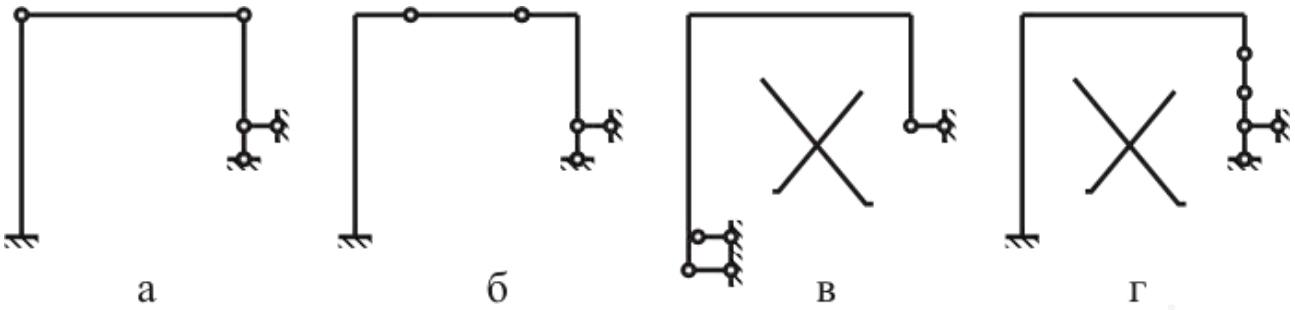


Рис. 9.4.а Основные системы, полученные удалением внутренних связей: а) в узлах, б) в стержнях, в) изменяемая система, г) мгновенно изменяемая система

3. *Выбор эквивалентной системы.* В качестве основной системы, выберем систему, показанную на рис. 9.3.а. Нагрузим её внешними нагрузками P, q согласно схеме, приведённой на (рис. 9.2.а). Действие удалённых опорных стержней, заменим **лишними неизвестными** силами $X_1,\ X_2$, приложенными в точке B. **Эквивалентной системой** называют основную систему, к которой

приложены заданные внешние нагрузки и лишние неизвестные X_1, X_2. Эквивалентная система рамы приведена на рис. 9.5.

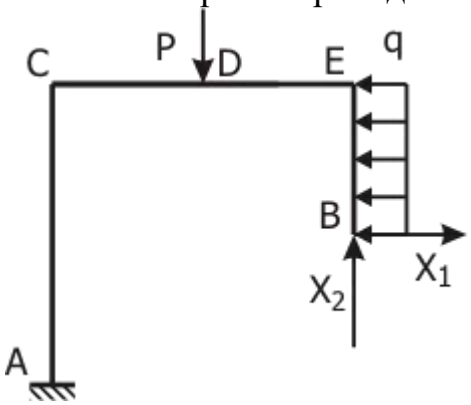


Рис. 9.5 Эквивалентная система

4. *Эпюры моментов*. При построении эпюр изгибающих моментов методом сечений применяем правило знаков для момента в балке, закреплённой горизонтально (рис. 9.6).

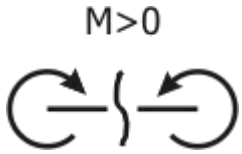


Рис. 9.6 Правило знаков для M

Перед применением этого правила к построению эпюры моментов на участке рамы с осью иного направления необходимо:

выбрать горизонтальный участок рамы и провести ниже оси этого участка пунктирную линию;

не пересекая оси рамы продолжить этот пунктир на прочих участках, параллельно их осям.

Разрезав раму и выбрав кусок, равновесие которого будет изучаться, следует повернуть кусок так, чтобы на нём ось разрезанного участка стала горизонтальной и пунктирная линия лежала ниже оси.

Пунктирная линия для рамы приведена на рис. 9.7.

Рама разбита на 4 участка: BE, ED, DC, CA. Границами участков являются: концы A и B, узлы C и E, точка D приложения силы.

4.1. *Эпюра* $\bar{M}_1$. Схема нагружения рамы силой $\bar{X}_1$ дана на рис. 9.7. Эпюру единичного изгибающего момента строим методом сечений. Правило для определения знака момента на горизонтальном участке CDE дано на рис. 9.6.

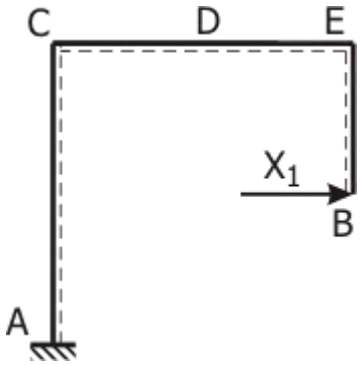


Рис. 9.7 К построению $\bar{M}_1$

4.1.1. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем на расстоянии S_B (рис. 9.8.а) и рассмотрим равновесие свободного (незакреплённого) куска. Повернём кусок SB в горизонтальное положение так, чтобы пунктирная линия лежала ниже оси (рис. 9.8.б). Момент силы $\bar{X}_1$ относительно точки равен $\bar{M}_1(S_B) = \bar{X}_1 S_B$. Сила вращает кусок SB в положительном направлении (против хода стрелок часов). По правилу знаков для моментов (рис. 9.6) это направление момента считается положительным для правого куска. Для вычисления интеграла перемещений по формуле Симпсона найдём значения момента в начале, середине, конце участка SB и построим эпюру изгибающего момента на участке. Положительные значения момента в машиностроении принято откладывать на сжатых волокнах. Представим, что кусок SB защемлён в сечении S. Сила $\bar{X}_1$ изогнёт кусок так, что правые волокна окажутся короче левых (рис. 9.8.в). Эпюру $\bar{M}_1(S_B)$ строим справа от оси стержня BE (рис. 9.8.г).

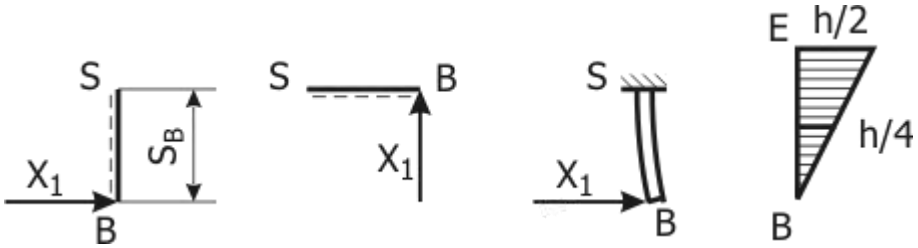
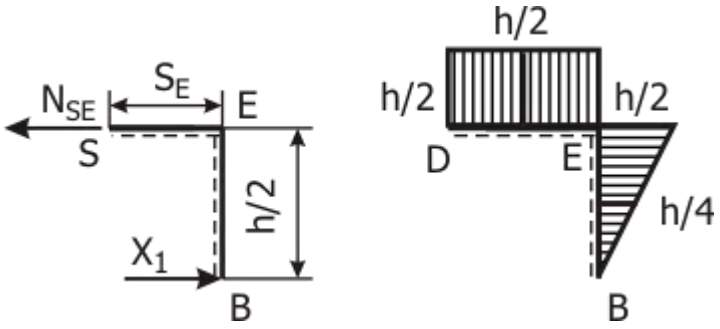


Рис. 9.8. Эпюра $\bar{M}_1$ на участке BE: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) сжатые волокна; г) эпюра на участке

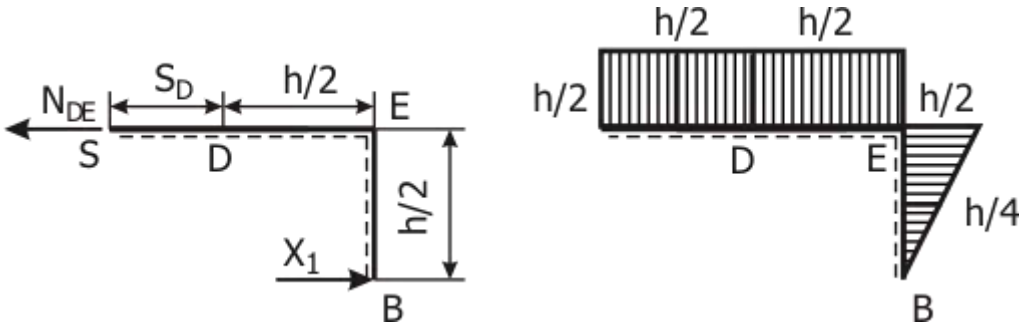
4.1.2. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED*. Разрежем раму на участке BE в сечении S, лежащем S_E на расстоянии от точки E (рис. 9.9.а). Рассматриваем равновесие правого (свободного) куска. Кусок не поворачиваем, так как пунктирная линия лежит ниже сплошной. Сила $\bar{X}_1$ уравновешена осевой силой N_{ES}, приложенной в сечении S. Эта пара сил создаёт в сечении S положительный изгибающий момент $\bar{M}_1(S_E)=\bar{X}_1 h/2$, постоянный на участке ED.



а б

Рис. 9.9 Эпюра $\bar{M}_1$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра

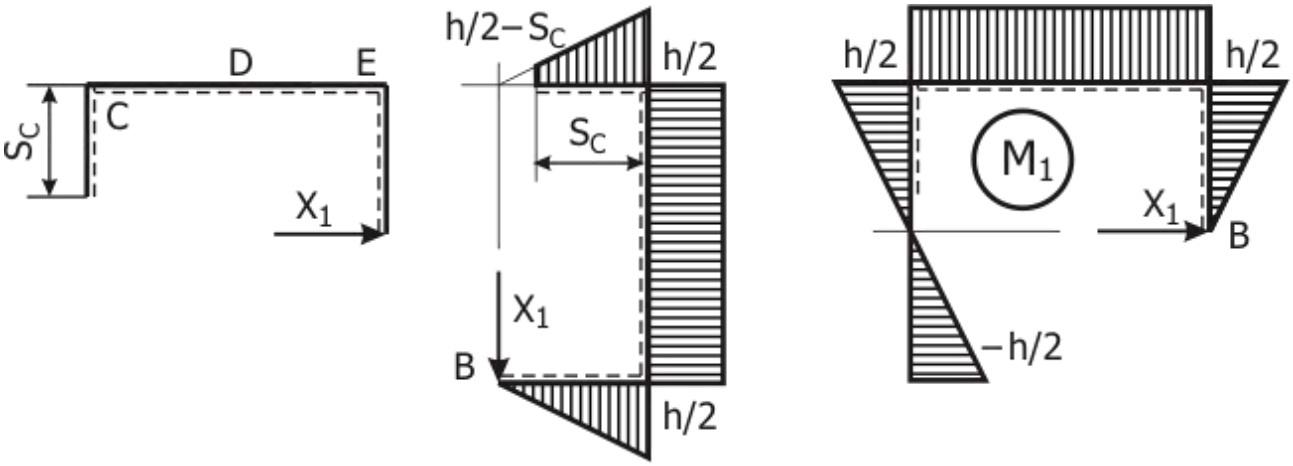
4.1.3. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке DC.* Эпюра на участке DC строится аналогично предыдущему. Результаты построения даны на рис. 9.10.



а б

Рис. 9.10 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра

4.1.4. *Эпюра $\bar{M}_1$ на участке CA.* Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.11.а) от точки C. Рассмотрим равновесие свободного куска. Повернём кусок так, чтобы участок SC стал горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной (рис. 9.11.б). Сила $\bar{X}_1$ уравновешивается поперечной силой Q, приложенной в сечении S. Пара сил $\bar{X}_1$ и Q создаёт в этом сечении S момент равный $\bar{M}_1(S_C) = \bar{X}_1(h/2 - S_C)$. Значения момента в начале, середине, конце участка CA равны $\bar{M}_1(0) = h/2$, $\bar{M}_1(h/2) = 0$, $\bar{M}_1(0) = -h/2$ и строим эпюру изгибающего момента на участке (рис. 9.11.в).



а б в

Рис. 9.11 К построению эпюры $\bar{M}_1$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.1.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_1$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_1 = \begin{cases} s_B; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } ED \quad 0 \le s_E \le h/2; \\ h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le s_D \le h/2; \\ h/2 - s_C; & \text{участок } CA \quad 0 \le s_D \le h/2. \end{cases}.$$

4.2. *Эпюра* $\bar{M}_2$. Схема приложения силы $\bar{X}_2$ к раме дана на рис. 9.12.

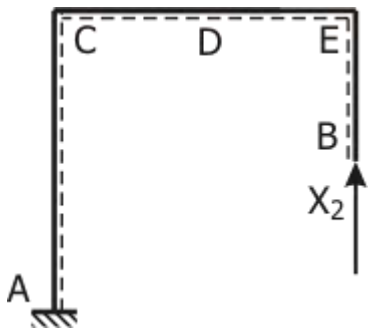


Рис. 9.12 К построению эпюры $\bar{M}_2$

4.2.1. *Участок* BE. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_B от точки B. Рассматриваем равновесие нижнего от разреза (свободного) куска (рис. 9.12). Сила $\bar{X}_2$ действует вдоль оси стержня BE. Момент $\bar{M}_2$ на участке равен нулю.

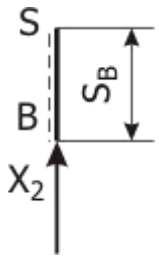
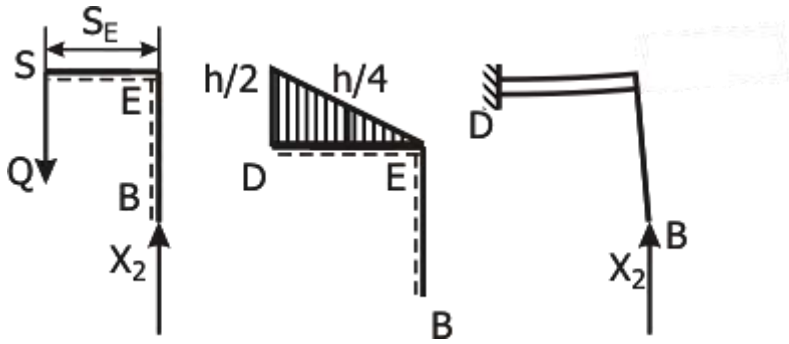


Рис. 9.12 К построению $\bar{M}_2$ на участке BE

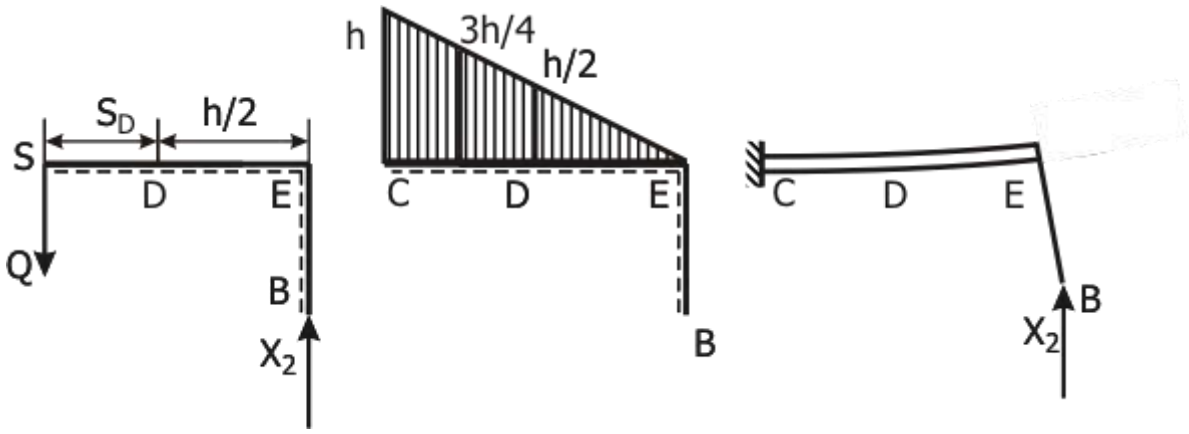
4.2.2. *Участок* ED. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии s_E от точки E. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.13). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = \bar{X}_2 S_E = S_E$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = 0$, $\bar{M}_2(h/4) = h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h/2$ отложены на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.13 К построению $\bar{M}_2$ на участке ED: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

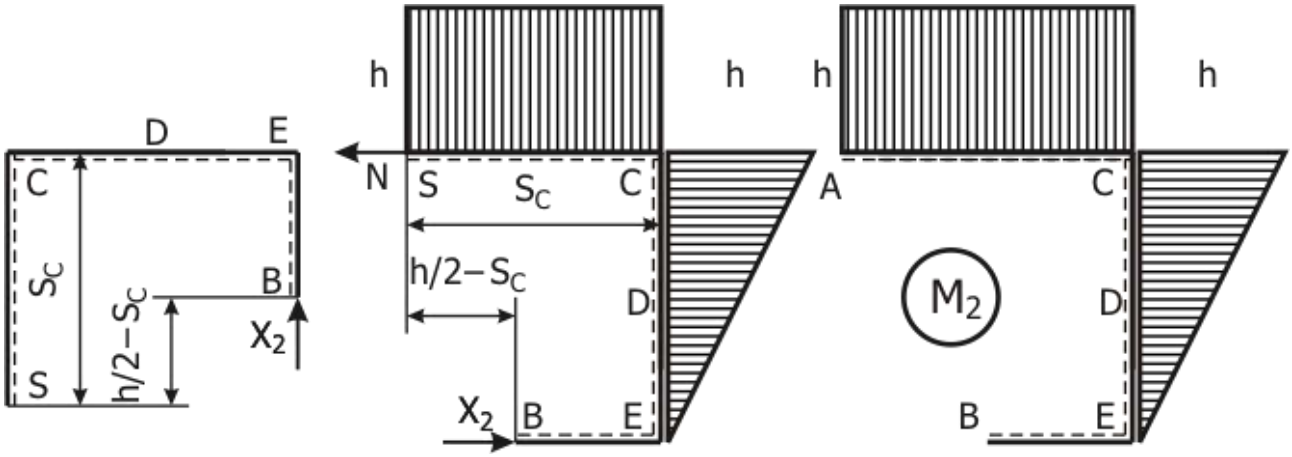
4.2.3. *Участок* DC. Разрезаем в сечении S, лежащем на расстоянии S_D от точки D. Рассматриваем равновесие свободного куска (рис. 9.14.а). Пунктирная линия на разрезанном участке лежит ниже сплошной, поэтому поворот не нужен. Поперечная сила Q, приложенная в сечении S, уравновешивает силу $\bar{X}_2$ и образует вместе с ней пару сил с моментом $\bar{M}_2 = S_E + h/2$, вращающую кусок в положительном направлении. Значения момента в начале, середине, конце участка равные $\bar{M}_2(0) = h/2$, $\bar{M}_2(h/4) = 3h/4$ и $\bar{M}_2(h/2) = h$ отложены на сжатых волокнах (рис. 9.14.б).



а б в

Рис. 9.14 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке DC: а) отрезанный кусок; б) эпюра; в) положение сжатых волокон

4.2.4. *Участок* CA. Разрежем раму в сечении S, лежащем на расстоянии S_C (рис. 9.15.а) от точки C. Повернём свободный кусок так, чтобы участок SC был горизонтальным и пунктирная линия лежала ниже сплошной. Сила $\bar{X}_2$ и уравновешивающая её осевая сила $N(S_C)$ образуют пару сил. Момент пары равен $\bar{M}_2(S_C) = \bar{X}_2\,\mathrm{h}$. Значения момента постоянны по длине участка CA. Строим эпюру изгибающего момента на сжатых волокнах.



а б в

Рис. 9.15 Эпюра $\bar{M}_2$ на участке CA: а) отрезанный кусок; б) повёрнутый кусок; в) эпюра

4.2.5. *Аналитические выражения для эпюры* $\bar{M}_2$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$\bar{M}_2 = \begin{cases} 0; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ S_E; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ S_D + h/2; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ h; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

4.3. *Эпюра грузового момента* M_Γ. Рассматриваем раму основной системы, нагруженная силой P и равномерно распределённой нагрузкой q (рис. 9.16). Строим эпюру грузового момента от совместного действия P и q. (Возможно раздельное построение эпюр от P и эпюры от q с последующим суммированием полученных результатов).

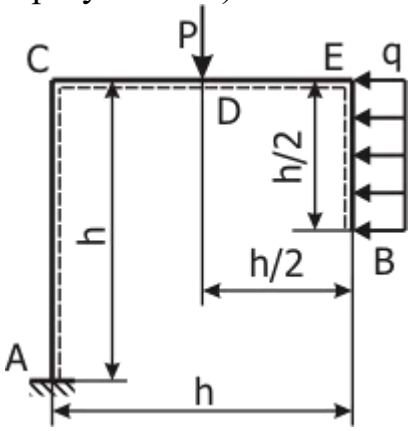


Рис. 9.16 К построению эпюры грузового момента $M_Г$

4.3.1. *Участок* BE. Положительный момент вращает против часовой стрелки. Координата сечения $0 \le S_B \le h/2$ (рис. 9.17.а). Повернём кусок BS в «рабочее» положение (рис. 9.17.б). В «рабочем» положении ось разрезанного участка BS с горизонтальна и подчёркнута пунктиром. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой qS_B. Эквивалентная сила приложена посередине участка на расстоянии $S_B/2$ от разреза S (рис. 9.17.в). Момент равен $M_Г(S_B) = -qS_B^2/2$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка равны (кН·м):

$$M_Г(0) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{0^2}{2} = 0; \quad M_Г(2) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{2^2}{2} = -10;$$

$$M_Г(1) = -qS_B^2/2 = -5 \cdot \frac{1^2}{2} = -2{,}5.$$

Эпюра приведена на (рис. 9.17.г).

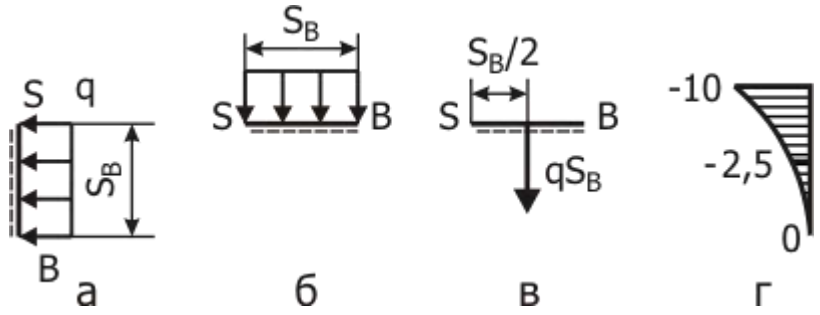


Рис. 9.17 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке BE

4.3.2. *Участок* ED. Отрезанный кусок и выбор координаты сечения S_E показаны на (рис. 9.18.а). Координата изменяется в пределах $0 \le S_E \le h/2$. Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении. Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Эквивалентная сила приложена посередине участка BE. Её плечо относительно разреза S равно $h/4$ (рис. 9. 18.б). Момент имеет постоянное значение на участке ED равное $M_Г(S_E) = -qh^2/8 = -5 \cdot 4^2/8 = -10$ (кН·м).
Эпюра приведена на (рис. 9. 18.в).

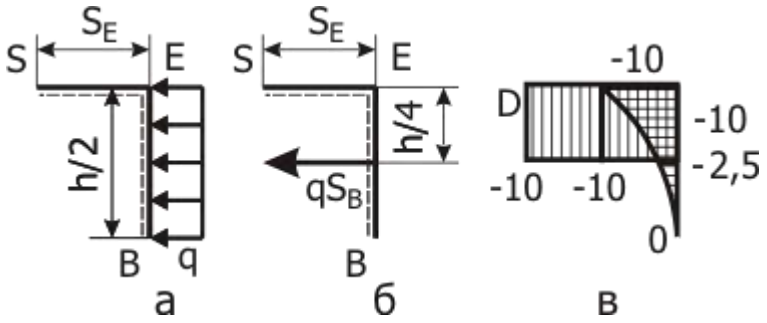


Рис. 9.18 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке ED

4.3.3. *Участок* DC. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_D показаны на (рис. 9.19.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_D \le h/2$.

Поворот не нужен, так как разрезанный участок находится в «рабочем» положении (ось DC горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $h/4$, а плечо силы P равно S_D (рис. 9.19.б). Момент в сечении с координатой S_D равен $M_Г(S_D) = -qh^2/8 - PS_D$. Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны (кН·м):
$M_Г(0) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 0 = -10$;
$M_Г(2) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 2 = -50$;
$M_Г(1) = -qh^2/8 - PS_D = -5 \cdot 4^2/8 - 20 \cdot 1 = -30$.
Эпюра приведена на (рис. 9.19.в).

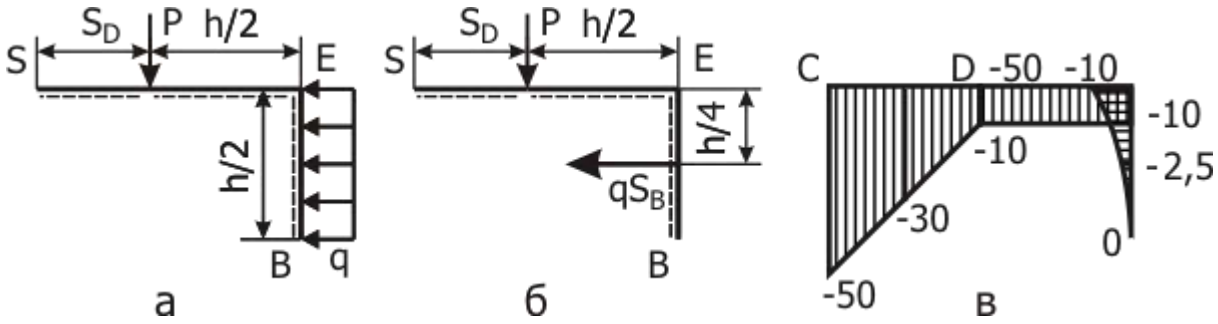


Рис. 9.19 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке DC

4.3.4. *Участок* CA. Отрезанный кусок и выбор координаты разреза S_C показаны на (рис. 9.20.а). Координата изменяется в границах $0 \le S_C \le h$. Поворачиваем кусок и приводим разрезанный участок CA в «рабочее» положение (ось CA горизонтальна, пунктир лежит ниже оси). Заменим нагрузку q, действующую на кусок, эквивалентной силой . Плечо эквивалентной силы относительно разреза S равно $-h/4 + S_C$. Плечо силы P равно (рис. 9.20.б). Момент в сечении с координатой S_C равен . Значения грузового момента в начале, конце, середине участка DC равны, соответственно (кН·м): -50; -30; -10. Эпюра приведена на (рис. 9.20.в).

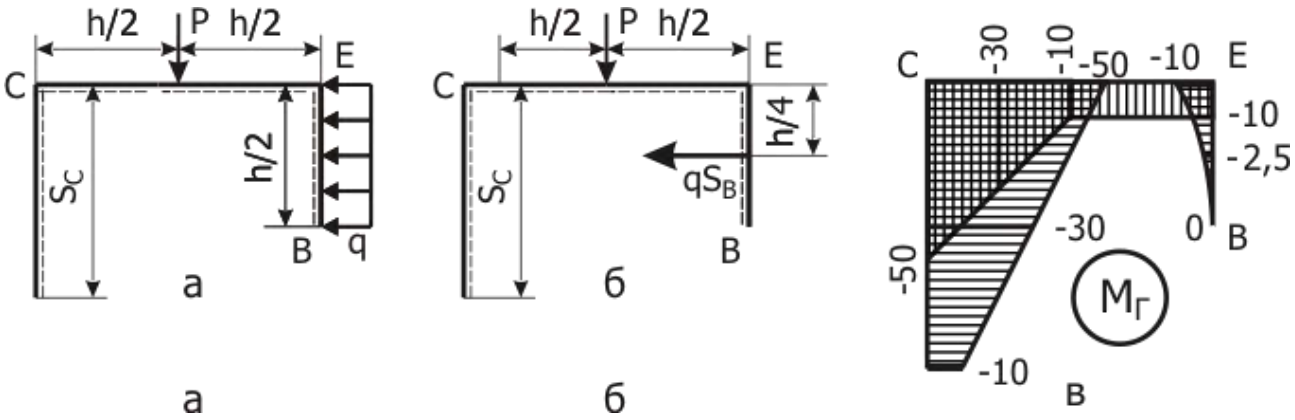


Рис. 9.20 Эпюра грузового момента $M_Г$ на участке AC

4.5. *Аналитические выражения для эпюры* $M_Г$ применяются в случае аналитического интегрирования:

$$M_Г = \begin{cases} qs_B{}^2/2; & \text{участок } BE \quad 0 \le s_B \le h/2; \\ q\mathrm{h}^2/8; & \text{участок } ED \quad 0 \le S_E \le h/2; \\ -pS_D - qh^2/8; & \text{участок } DC \quad 0 \le S_D \le h/2; \\ -p\,h/2 - qh^2/8 + qhs_c; & \text{участок } CA \quad 0 \le S_C \le h/2. \end{cases}$$

5. *Вычисление коэффициентов системы канонических уравнений*

5.1. *Коэффициенты при неизвестных*

Интегралы вычисляем по формуле Симпсона

$$I = \int_0^l f(s)g(s)ds = l/6\left(f(s_н)g(s_н) + 4f(s_с)g(s_с) + f(s_к)g(s_к)\right),$$

где $s_н$, $s_с$, $s_к$ – координаты начала, середины и конца участка интегрирования.

$\delta_{11} = 1/EJ\left(\int_B^E \bar{M}_1^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_1^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1^2(s_C)ds_C\right)$. Стержни рамы имеют одинаковую жёсткость, поэтому при раскрытии статической неопределимости жёсткость можно не учитывать.

$$\delta_{11} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 2^2 + 2^2) + 4/6\ (2^2 + 4\cdot 0^2 + (-2)^2) = 24$$

;

$$\delta_{12} = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)\bar{M}_2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)\bar{M}_2(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)\bar{M}_2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)\bar{M}_2(s_C)ds_C$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot 0 + 2\cdot 0) + 2/6\,(2\cdot 0 + 4\cdot 2\cdot 1 + 2\cdot 2) + 2/6\,(2\cdot 2 + 4\cdot 2\cdot 3 + 2\cdot 4) + 4/6\,(2\cdot 4 + 4\cdot 0\cdot 4 + (-2)\cdot 4) = 16;$$

$\delta_{22} = \int_B^E \bar{M}_2^2(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2^2(s_E)ds_E + \int_D^C \bar{M}_2^2(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2^2(s_C)ds_C.$

$$\delta_{22} = 2/6\ (0^2 + 4\cdot 0^2 + 0^2) + 2/6\ (0^2 + 4\cdot 1^2 + 2^2) + 2/6\ (2^2 + 4\cdot 3^2 + 4^2) + 4/6\ (4^2 + 4\cdot 4^2 + 4^2) = 85{,}3.$$

5.2. *Грузовые коэффициенты*.

$$\Delta_1 = \int_B^E \bar{M}_1(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_1(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_1(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_1(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$$

$$\Delta_1 = 2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 1\cdot(-2{,}5) + 2\cdot(-10)) - 2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 2\cdot 30 + 2\cdot 50) - 4/6\,(2\cdot 50 + 4\cdot 0\cdot 30 + (-2)\cdot 10) = -22300;$$

$$\Delta_2 = \int_B^E \bar{M}_2(s_B)M_Г(s_B)ds_B + \int_E^D \bar{M}_2(s_E)M_Г(s_E)ds_E + + \int_D^C \bar{M}_2(s_D)M_Г(s_D)ds_D + \int_C^A \bar{M}_2(s_C)M_Г(s_C)ds_C;$$

$$\Delta_2 = -2/6\,(0\cdot 0 + 4\cdot 0\cdot 2{,}5 + 2\cdot 10) - 2/6\,(0\cdot 10 + 4\cdot 1\cdot 10 + 2\cdot 10) - -2/6\,(2\cdot 10 + 4\cdot 3\cdot 30 + 4\cdot 50) - 4/6\,(4\cdot 50 + 4\cdot 4\cdot 30 + 4\cdot 10) = -693.$$

6. *Решение системы канонических уравнений метода сил.*

Получена система канонических уравнений метода сил

$$\begin{cases} 24X_1 + 16\,X_2 - 22300 = 0; \\ 16\,X_1 + 85{,}3X_2 - 693 = 0. \end{cases}$$

Корни системы: $X_1 = 4{,}44$; и $X_2 = 7{,}29$.

7. *Эпюры внутренних силовых факторов в заданной раме*.

7.1. *Изгибающий момент*. Действующий в раме момент находим по формуле:

$$M(s) = M_\Gamma(s) + X_1\bar{M}_1(s) + X_2\bar{M}_2(s).$$

Моменты, действующие на отдельных стержнях рамы, равны:

$M(s_B = 0) = 0 + 4{,}44 \cdot\ 0 + 7{,}29 \cdot 0 = 0$;

$M(s_B = 1) = -2{,}5 + 4{,}44 \cdot 1 + 7{,}29 \cdot 0 = 1{,}94$;

$M(s_B = 2) = M(s_E = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 0 = -1{,}11$;

$M(s_E = 1) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 1 = 6{,}18$;

$M(s_E = 2) = M(s_D = 0) = -10 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 2 = 13{,}5$;

$M(s_D = 1) = -30 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 3 = 0{,}764$;

$M(s_D = 2) = M(s_C = 0) = -50 + 4{,}44 \cdot 2 + 7{,}29 \cdot 4 = -11{,}9$;

$M(s_C = 2) = -30 + 4{,}44 \cdot 0 + 7{,}29 \cdot 2 = -0{,}833$;

$M(s_C = 4) = -10 + 4{,}44 \cdot (-2) + 7{,}29 \cdot 4 = 10{,}3$.

Эпюра изгибающих моментов в статически неопределимой раме построена на рис. 9.21.а

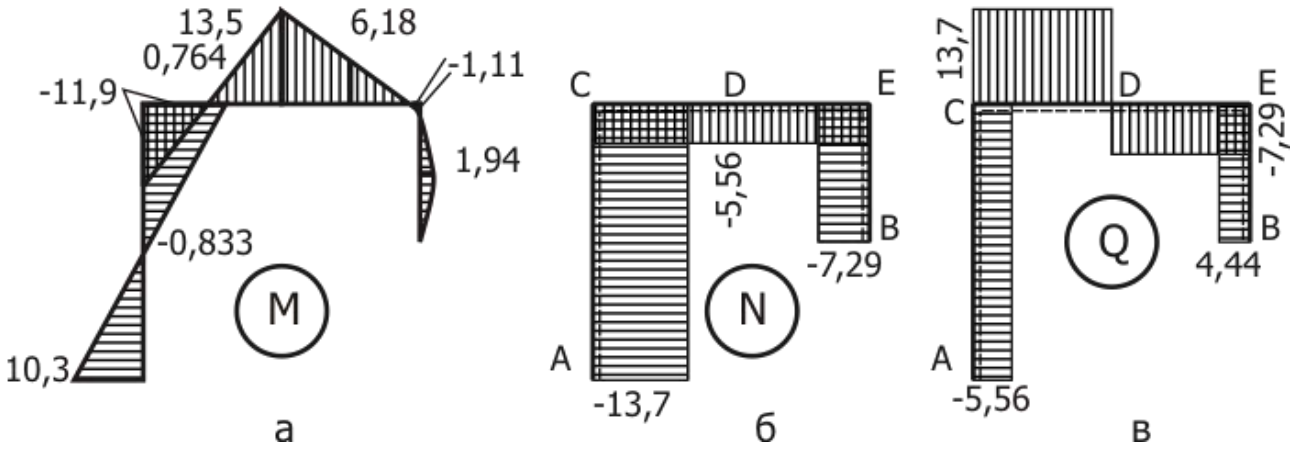


Рис. 9.21 Эпюры момента M, осевой силы N, поперечной силы Q

7.2. *Опорные реакции* X_A, Y_A. Из уравнений равновесия получаем:

$\sum X = 0; \quad X_A = q\,h/2 - X_1 = 5 \cdot 4/2 - 4{,}44 = 5{,}56$ кН;

$\sum Y = 0; \quad Y_A = P - X_2 = 20 - 7{,}29 = 12{,}7$ кН.

7.3. *Эпюра осевых сил* N. Растягивающую силу считаем положительной и откладываем на наружных волокнах стержня (рис. 9.21.б).

7.4. *Эпюра поперечной силы* Q. Поперечной сила считается положительной, если она вместе с внешней нагрузкой поворачивает отрезанный кусок по ходу стрелок часов. Эпюра Q приведена на рис. 9.21.в.

8. *Деформационная проверка.* Проверка состоит в проверке выполнения условий обращения в нуль интегралов:

$D1 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_1(s)ds; \quad D2 = \sum 1/EJ \int M(s)\bar{M}_2(s)ds.$

В результате вычислений получаем: $D1 = -0{,}0000553, \quad D2 = 0{,}000213$.

9. *Подбор сечения двутавровой балки*.
$W = M_{max}/[\sigma] = 13{,}5 10^3/1{,}6\,10^8 = 8{,}43 \cdot 10^{-5}$ м^3 . Выбираем двутавр №16.
$W_{16} = 109 \cdot 10^{-4}$ м^3

ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Расчётно-пояснительная записка дипломного проекта выполняется на листах формата А4 (210х297 мм) в соответствии с ГОСТ 2.301-68. ЕСКД.

Листы должны иметь нумерацию. При оформлении записки на титульном листе указать тему РГР, фамилию, инициалы студента, специальность и группу.

При выполнении задания все преобразования и числовые расчёты должны быть последовательно проделаны с необходимыми пояснениями.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ицкович Г. М., Минин Л. С., Винокуров А. И.*Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.:Высшая школа,1999.

2. *Мокрушин Н. В., Ляпцев С. А.*Конспект лекций по сопротивлению материалов. Екатеринбург, Издание УГГУ, 2005.

3. *Степин П.А.* Сопротивление материалов. М.: Лань, 2010.

Учебное издание

Чиркова Алена Анатольевна, Золкин Анатолий Павлович,
Суслов Дмитрий Николаевич, Афанасьев Анатолий Ильич,

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
и контрольные задания для выполнения РГР
и самостоятельной работы студентов специальности *21.05.04 Горное дело*

Редактор *В.В. Баклаева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 5,2 Уч. изд. л. 1,72 Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической комиссии
_____Упоров С.А.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению контрольных заданий по дисциплине

Б1.В.04 КАРЬЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность(профиль)
Открытые горные работы

форма обучения: очная

год набора: 2022

Одобрены на заседании кафедры
Горных машин и комплексов
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Лагунова Ю. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 02.09.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)

Екатеринбург
2021

Введение

Цель дисциплины «Карьерный транспорт» - формирование практического представления об устройстве, характеристиках, положений о выборе и основах тяговых и эксплуатационных расчетах горнопромышленного транспортного оборудования.

Профессиональные компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины - - 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:

Знать:

- основные теоретические положения фундаментальных наук, а также в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи.

Уметь:

- применять основные теоретические положения фундаментальных наук, а также в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи.

Владеть:

- навыками применения основных теоретических положений фундаментальных наук, а также в междисциплинарных областях, позволяющих решать современные прикладные инженерные задачи.

Контрольной работы КОМ по дисциплине предусматривается.

По направлению подготовки студентов 21.05.04 «Горное дело» и дисциплине «Карьерный транспорт» для выполнения заданий по КР кафедрой ГМК УГГУ подготовлены и изданы методические разработки (МР) и пособия:

- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного автомобильного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 42 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного конвейерного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 50 с. Фонды библиотеки УГГУ и кафедры ГМК УГГУ;
- Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ.

По назначению преподавателя учебная группа выполняет одну расчетную работу из приведенного выше списка.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

Для группы направления «Открытые горные работы», например, в данном учебном году выбрано выполнить КР в соответствии с МР:

Юдин А.В. Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта: методическая разработка / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013, 51 с. Фонды библиотеки УГГУ [7];

Методические цуказания по выполнению расчетной работы приведены также в учебном пособии для вузов:

Юдин А.В. Горнопромышленный транспорт. Расчет и проектирование транспортных систем: Учебное пособие для вузов / Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014, 306 с. Фонды библиотеки УГГУ [8].

Железнодорожный транспорт (ЖТ) получил большое применение на карьерах и разрезах страны и СНГ. Как правило, он используется при мощных и средних грузопотоках горных предприятий. Глубина разработки с применением железнодорожного транспорта достигает 250 м.

На карьерах железнодорожный транспорт используется как самостоятельно в течение всего срока разработки месторождения, так и в сочетании с автомобильным транспортом, когда он применяется в основном при развитии верхних горизонтов. Для ЖТ характерны большой фронт работ, сравнительно прямолинейные забои, малые уклоны путевых трасс на горизонтах.

Достоинствами ЖТ являются высокая надежность, возможность перевозить практически любые насыпные грузы, малая зависимость от климатических условий, относительно низкие удельные затраты на транспортирование, большой срок службы оборудования. Железнодорожный транспорт оказывает незначительное негативное воздействие на окружающую среду.

Недостатками ЖТ, ограничивающими область его применения, являются большая протяженность фронта работ (не менее 300-500 м), значительные радиусы поворота (не менее 80-100 м), незначительные подъемы (40‰), существенные затраты на перемещение коммуникаций и контактной сети, большие капитальные затраты и другие.

Широкое распространение ЖТ получил в составе комбинированного транспорта. Комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт применяется на многих крупных карьерах значительной глубины: карьерах Казахстана, КМА, Кривбасса (Украина), уральских карьерах. В настоящее время комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт является самым распространенным на карьерах, глубина которых составляет более 150-200 м.

Методическая разработка (МР) «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» предназначена для углубления и закрепления знаний студентов по прослушанному теоретическому курсу дисциплины; приобретения навыков самостоятельной работы по проектированию и освоению основ расчета параметров и обоснования средств железнодорожного транспорта.

Материалы МР включают разделы, объем которых достаточен для выполнения практических занятий и проектных разработок. В состав МР включены характеристики подвижного состава, приведены схемы применения железнодорожного транспорта в карьерах и параметры транспортных коммуникаций. Приведены тяговые расчеты, включающие определение прицепной массы состава, скорости и времени движения, тормозных свойств и проверку тяговых двигателей на нагрев. В эксплуатационных расчетах определено время рейса и инвентарный парк подвижного состава.

В методической разработке приведен числовой пример определения параметров системы при железнодорожном транспорте в карьере.

Для выполнения практического занятия в записке даны краткие методические указания и приведены параметры индивидуальных заданий студентам.

Постановка задачи: выбрать оборудование подвижного состава ЖТ, определить параметры коммуникаций, выполнить тяговые и эксплуатационные расчеты ЖТ при транспортировании известняка из карьера до бункера дробильно-сортировочной фабрики.

Исходные данные на проектирование:

- годовая производительность карьера $Q_г$, млн.т;

- глубина карьера, м. Добычные горизонты располагаются на высотных отметках H_3 и H_4 условного карьера;

- загрузка составов экскаваторами с вместимостью ковша $W_к$, м^3. Время цикла экскавации 28-30 с;

- транспортируемая ГМ – известняк, вскрыша, насыпная плотность $\gamma_н$, т/м^3;

- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12;

- пункт разгрузки – бункера ДСФ, отвал;

Исходные данные к индивидуальным заданиям по вариантам приведены в табл. 1 и 2 данного пособия.

Таблица 1. Исходные данные к расчетной работе

Исходные данные к расчетному заданию №2

вариант	Схема условного карьера	Годовая произвть $Q_г$, млн.т	Трансп-я горная масса*)	Способ загрузки в карьере**)	Вмест-ть ковша экск-ра $W_к$, м^3	Производть питателя ПС, $Q_п$, т/мин	Пункт разгрузки	Примерное кол-во и номер трассы на схеме
1	1(рис.9)	5,0	Р	Э	4,0	-	ДСФ	I, II, III
2	2(рис.10)	5,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VII
3	3(рис.11)	8,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	IX, X, XII
4	1(рис.9)	8,5	СП	Э	6,3	-	ОТ	IV, II, I
5	2(рис.10)	10,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	VIII, VI, V
6	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	45	ОТ	XI, XII, IX
7	1(рис.9)	12,0	СП	Э	12,5	-	ОТ	III, IV, I
8	2(рис.10)	12,5	Р	Э	10,0	-	ДСФ	VII, VIII, V
9	3(рис.11)	15,0	Р	ПС	-	40	ОТ	XII, IX, X
10	3(рис.11)	16,0	Р	ПС	-	35	ОТ	XI, XII. XIII
11	1(рис.9)	18,0	СП	Э	16	-	ОТ	IV, II, III
12	3(рис.11)	18,5	СП	ПС	-	35	ОТ	X, XI, XIII
13	2(рис.10)	20,0	СП	Э	20	30	ОТ	VI, VII, VIII
14	3(рис.11)	21,0	СП	ПС	-	30	ОТ	X, XII, XIII
15	1(рис.9)	6,0	Р	Э	4,6	-	ДСФ	III, IV, I
16	2(рис.10)	6,5	СП	Э	5,0	-	ОТ	V, VI, VIII
17	1(рис.9)	7,0	Р	Э	8,0	-	ДСФ	I, IV, III
18	2(рис.10)	9,0	Р	Э	6,3	-	ДСФ	VIII, VII, VI
19	3(рис.11)	9,5	СП	Э, ПС	12,5	-	ОТ	IX, X, XII
20	3(рис.11)	11,0	СП	ПС	-	40	ОТ	XII, XIII, XI

*)Р – руда, СП – скальная порода; **) Э - экскаваторная погрузка, ПС – погрузка на перегрузочной системе

4,6

Таблица 2. Исходные данные к расчетной работе

Номер схемы	Номер трассы	Участок l_1		Участок l_2				Участок l_3		Участок l_4		Участок l_5	
		H_1,м	β_1,‰	l_2'		l_2''		H_3,м	β_3,‰	H_4,м	β_4,‰	H_5,м	β_5,‰
				H_2,м	β_2,‰	H_2,м	β_2,‰						
1 (рис.9)	I	5	10	15	35	-	-	5	5	10	10	-	-
	II	5	6	30	35	-	-	10	10	20	10	-	-
	III	5	12	30	35	-	-	8	8	25	8	-	-
	IV	5	15	45	35	-	-	10	10	30	10	-	-
2	V	5	2	-	-	15	35	6	5	12	10	-	-
	VI	5	3	-	-	30	35	11	10	22	10	-	-

(рис.10)	VII	15	10	-	-	30	35	9	8	27	8	-	-
	VIII	15	15	15	30	30	35	12	10	32	10	-	-
3 (рис.11)	IX	5	2	-	-	-	-	35	40	4	5	15	10
	X	5	2.5	-	-	-	-	30	40	9	10	20	10
	XI	6	1	90	35	-	-	30	40	9	8	25	10
	XII	6	1	90	35	-	-	30	40	11	10	20	10
	XIII	2	2	120	35	-	-	30	40	10	9	25	10

Методические рекомендации к выполнению расчетной работы

Последовательность выполнения расчетной работы проводится в соответствии с требоываниями МР.

Внимание! Далее в тексте последовательность этапов работы, ссылка на нумерацию разделов, таблиц, рисунков, формул сохранены и соответствуют исходной МР [7].

Для упрощения расчетов во всех вариантах заданий некоторые показатели приняты одинаковыми:

- глубина карьера – 150 м;
- высота уступа 15 м;
- режим работы ЖТ: количество рабочих дней в году 300, число смен в сутки $n_{см}$ = 2, продолжительность смены $T_{см}$ = 12 часов;
- транспортируемая горная масса: скальные породы (СП) с насыпной плотностью $\gamma_н$ = 3,0 т/м^3;

показатели для расчетов:

- коэффициент готовности оборудования, $К_г$ = 0,7-0,8;
- коэффициент заполнения ковша экскаватора, $К_з$ = 0,8;
- коэффициент снижения производительности экскаватора при передвижке и установке думпкаров под погрузку, $К_t$ = 0,91-0,94;
- время на обмен состава при погрузке $t_{об}$ = 5-8 мин;

коэффициент снижения производительности ПС:

- при непрерывной загрузке состава $К_t`$ = 0,85;
- при раздельной загрузке думпкаров $К_t`$ = 0,7;
- коэффициент удлинения трассы $К_у$ = 1,2;
- коэффициент нераномерности движения поездов $К_н$ = 1,15.

Последовательность расчетов практического занятия соответствует содержанию методической разработки «Расчет и проектирование карьерного железнодорожного транспорта» с полномасштабным числовым примером.

Первоначально студент знакомится с содержанием методической разработки, осмысливая исходные данные по заданному варианту, а также с содержанием числового примера. Далее студент последовательно выполняет расчетную работу по этапам.

Выбор типа подвижного состава

Выбор локомотивов выполняют в соответствии с рекомендациями раздела 2.1 МР, принимая во внимание заданные годовые объемы перевозки ГМ, глубину карьера, руководящие уклоны трасс, расстояния транспортирования.

Выбор рационального типа думпкара выполняют в соответствии с разделом 2.2 МР, сделав сравнительные расчеты по формулам (1), (2), (3).

Определение производительности погрузочного оборудования и количества железнодорожных трасс

Согласно заданному типу погрузочного оборудования (Э, ПС), по формулам (6) или (8) рассчитывается годовая производительность Э или ПС, а по формулам (5) или (7) определяется требуемое количество железнодорожных трасс ($N_э$, $N_{пс}$). При получении

дробного результата (1,6; 2,3 и т.д.) значение округляется до ближайшего большего целого. Например, при значении $N_э$ = 1,6 для расчета принимается значение $N_э$ = 2. На прилагаемой схеме (см.рис.9) в соответствии с рассчитанным количеством забоев или ПС ($N_э$, $N_{пс}$) и заданными номерами трасс (см.таблицу 1), студент выделяет (другим цветом) трассы по варианту задания. В задании для всех вариантов определено 3 трассы. Если при расчете получилось 2 трассы, то студент принимает первые 2 трассы по заданию.

Рекомендации по выбору трассы

Трассы карьер – ДСФ (рудное направление) включают 3-4 характерных участка, трассы карьер – отвал (породное направление) – 4-5 участков в зависимости от заданного способа загрузки состава и схемы путевого развития (см.рис.9).

При экскаваторном способе загрузки:

- участок l_1 – временный путь в забоях, на уступах с углом наклона до 15‰;
- участок l_2 – постоянный путь во внутренних и внешних траншеях с руководящим уклоном не более 40‰. В отдельном случае (при тупиковой форме трассы) участок l_2 может быть составлен из двух частей: l_2' - участок во внутренней траншее с углом наклона до 30‰ и участок l_2'' во внешней траншее с углом наклона до 40‰. Участки пути на тупиках имеют уклон 5‰;
- участок l_3 – постоянный путь на поверхности (до ДСФ, отвала). Уклон устанавливается в зависимости от рельефа поверхности (по согласованию с преподавателем);
- участок l_4 – временный путь на отвале и заезде на отвал с уклоном до 10‰.

При загрузке состава на ПС:

- участок l_1 – постоянный путь с продольным уклоном до 5‰;
- участок l_2 – постоянный путь внутренней траншеи с тупиками, уклон до 30‰;
- участок l_3 – постоянный путь выездной траншеи без учета длины тупиков с руководящим уклоном до 40‰, на тупиках с уклоном до 5‰;
- участок l_4 – постоянный путь на поверхности;
- участок l_5 – временный путь на отвале с уклоном до 10‰.

На схеме (см. рис. 9) отмечены трассы I, II, III, IV. Все трассы могут быть использованы как в рудном, так и в породном направлениях.

Студент на своем рисунке отмечает номера трасс, принятых к расчету, намечает границы (высотные отметки h_i), определяет углы подъема трасс (β_i) характерных участков в соответствии с исходными данными по таблице 2.

Далее, по ф. (9) МР рассчитываются расстояния транспортирования (l_i) на каждом характерном участке. Результаты расчетов представляются в виде табл. 8 МР.

Определение прицепной массы состава и количества вагонов в составе

Расчет выполняется в соответствии с рекомендациями раздела 4.1 МР по формулам (10), (11), (12). В качестве проверки результаты можно сопоставить с реальными показателями карьеров. При применении тяговых агрегатов состав, включающий 9-10 думпкаров ВС-105, при значении руководящего уклона $i_р$ = 30-40‰ вывозит за рейс 900-1000 т ГМ.

Расчет скорости и времени движения состава

Скорость движения состава определяется с использованием ЭМХ двигателя (см. раздел 4.2 МР) по известному значению силы тяги одного двигателя (ф. (13)) на каждом участке трассы.

Время движения состава на каждом участке определяется по ф. (14).

Результаты тяговых расчетов оформляются в виде табл. 10 МР.

Эксплуатационные расчеты

Время рейса состава определяется по ф. (26)-(29) МР, количество подвижного состава – по ф. (30)-(34) МР.

По завершении расчетов делается краткое заключение по результатам практического занятия.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Горнопромышленный транспорт» предусмотрено выполнение 7 практических занятий. КОМ дисциплины промежуточную оценку умений и владений студента рекомендует оценивать как практико-ориентированное задание (ПОЗ). Оценка практико-ориентированного задания рассматривается как результат выполнения практического занятия по заданной теме дисциплины.

Перед началом практических занятий руководитель проводит инструктаж по технике безопасности с обязательной распиской студента в журнале лаборатории.

Практическое занятие выполняется в лаборатории транспортных машин кафедры ГМК УГГУ. Время проведения занятия 2-4 часа. Состав группы студентов преподаватель разделяет на несколько подгрупп (состав 3-5 чел.). Каждая подгруппа выполняет свое ПОЗ по конкретной теме рабочей программы. Каждому студенту подгруппы выдается методическая разработка из фондов кафедры.

В таблице 3 приведен перечень методических разработок кафедры по дисциплине «Горнопромышленный транспорт» и соответствующие им темы (ПОЗ) по рабочей программе дисциплины

Таблица 3

№	Методическая разработка (МР)			№№ тем рабочей программы	Наличие МР
	Автор	Наименование МР, шифр	Кол-во страниц		
1	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Верхнее строение железнодорожного пути и путевые измерения, №7	15 с. 10 рис.	2	Фонды каф. ГМК
2	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Механизированный путевой инструмент для путевых работ, №8	19 с. 12 рис.	2	Фонды каф. ГМК
3	Попов А.Г Самброс Э.Г. Волков Г.М.	Вагоны, №13	17 с. 13 рис.	3	Фонды каф. ГМК
4	Юдин А.В.	Карьерные локомотивы, №14	48 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
5	Торов В.С.	Карьерные локомотивы, №14 (сокращенный)	21 с. 2 рис.	3	Фонды каф. ГМК
6	Торов В.С.	Шахтные электровозы, №9	18 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
7	Юдин А.В. Мальцев В.А.	Автомобильный транспорт карьеров, № 22	19 с. 3 рис.	5	Фонды каф. ГМК
8	Попов А.Г	Изучение конструкций ленточных конвейеров, №4	18 с. 10 рис.	7	Фонды каф. ГМК
9	Торов В.С.	Скребковые конвейеры для подземных работ, №3	10 с. 3 рис.	7	Фонды каф. ГМК
10	Осинников Б.Н. Попов А.Г	Скреперные установки, №6	13 с. 6 рис.	3	Фонды каф. ГМК
11	Антонов В.А.	Гидромеханическая передача автосамосвала БелАЗ-7540А, №24	19 с 7 рис.	5	Фонды каф. ГМК
12	Осинников Б.Н.	Генеральный план поверхности шахты, №10	21 с 4 рис.		Фонды каф. ГМК

Практически все, перечисленные в табл. 3 МР содержат конструктивное исполнение общих видов транспортных машин, описание конструкции, а также конструкции отдельных элементов машин. Как правило, графическое исполнение приведено в виде чертежей общего вида, фотографий, в виде чертежей отдельных элементов ТМ, освоение ко-

торых и изображение в отчете требует значительного времени. Некоторые описания конструкций элементов ТМ в методических разработках перегружены подробностями.

Методические рекомендации при выполнении ПОЗ:

- общее ознакомление с содержанием МР, освоение цели выполнения задания;

- под руководством преподавателя рассмотрение конструкций натуральных образцов, действующих моделей и макетов машин и их элементов в лаборатории кафедры;

- в сопровождении учебного мастера кафедры производится включение и запуск в действие действующих образцов и моделей ТМ;

- при оформлении отчета по заданию простое переписывание содержания текста МР по изучаемому разделу – *не рекомендуется.* Целесообразно освоить содержание, выделить основные положения и изложить их суть своими словами;

- простое копирование чертежей из МР в отчет – *не рекомендуется.* Целесообоазно изобразить ТМ или ее элементы в принципиальной (структурной) форме с использованием условных стандартных кинематических знаков;

- на схемах, в отчете по работе, элементы машин должны быть обозначены позициями 1,2,3… с разяснением элементов в подрисуночной надписи;

- каждый студент задание выполняет индивидуально и представляет свой отчет преподавателю для оценки.

Порядок проведения ПОЗ рассмотрим на примере методической разработки №2 (табл.3) «Механизированный путевой инструмент для путевых работ». Время выполнения задания 2 часа.

Цель задания:

изучить назначение, принципиальное устройство гидравлического и электрического путевого инструмента, особенности технологии его применения.

2.1. В методической разработке (МР) приведены схемы конструкций и описание следующих путевых инструментов: гидродомкрата, рихтовочного прибора, разгоночного прибора, костылевыдергивателя, гаечного ключа, рельсорезного станка, рельсосверлильного станка, рельсошлифовального станка, шпалоподбойки и др.

2.2. Студенту рекомендуется ознакомиться с конструкцией и описанием каждого инструмента, уяснить его назначение и особенности применения. Из-за сложности чертежей инструментов в МР схемы и подробное описание в отчете не приводить. Рекомендуется в отчете по каждому инструменту дать краткое описание.

Например: путевой домкрат ДГП-6 (рис.1) предназначен для поднятия (вывешивания) рельсов или звеньев рельсошпальной решетки при всех видах ремонта железнодорожного пути.

Включает: ручной масляный насос, плунжер, подвижный цилиндр и неподвижный поршень. Имеет грузоподъемность 80 кН и высоту подъема рельса 200 мм

Костылевыдергиватель КВД-1 (рис. 5) предназначен для выдергивания костылей из деревянных шпал при текущем содержании и ремонте железнодорожного пути. Онт состоит из встроенного электродвигателя, приводящего в действие одноплунжерный масляный насос и двухступенчатый гидроподъемный механизм с цилиндром и двумя поршнями.

2.3. По заданию преподавателя отчет по работе завершить составлением технологического процесса по ремонту или восстановлению участка пути с использованием изученных конструкций путевых инструментов.

2.4. При составлении технологического процесса студент строго соблюдает требуемую последовательность операций.

2.5. Задание может быть сформулировано следующим образом:

- обнаружен лопнувший рельс на одном из участков путей. Выполнить ремонт пути с использованием инструментов при условии, что нового рельса в наличии не имеется;

- заменить изношенный рельс новым;

- заменить целиком поврежденную рельсошпальную решетку и др.

2.6. Отчет по заданию заканчивается составлением технологического процесса, представляемого по форме

№ операции	Наименование технологической операции	Тип применяемого инструмента	Примечание
1			
2			
3			

2.7. Каждый член подгруппы представляет отдельный отчет для оценки. При соответствии материала требованиям задания работа оценивается как «зачтено», при несоответствии – отчет требует доработки.

Список литературы

1. Транспортное и вспомогательное оборудование на карьерах / под общ. ред. В.С. Виноградова. М.: Недра, 1976. 385 с.

2. Элеуктроподвижной состав промышленного транспорта: справочник / под общ. ред. Л.В. Баллона. М.: Транспорт, 1987. 295 с.

3. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 383 с.

4. *Ржевский В.В.* Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 509 с.

5. *Шешко Е.Е.* Горнотранспортные машины и оборудование для открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2006. 266 с.

6. Транспорт на горных предприятиях / под общ. ред. Б.А. Кузнецова. М.: Недра, 1976. 548 с.

7. *Кулешов А.А.* Мощные экскаваторно-автомобильные комплексы карьеров. М.: Недра, 1980. 317 с.

8. *Смирнов В.*П., *Лель Ю.И.* Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрОРАН, 2002ю 325 с.

9. *Спиваковский А.О., Потапов М.Г., Приседский Г.В.* Карьерный конвейерный транспорт. М.: Недра, 1979. 260 с.

10. *Васильев М.В., Волотковский В.С., Кармаев Г.Д.* Конвейерный большой протяженности на открытых работах. М.: Недра, 1977. 246 с.

11. Справочник по горнотранспортным машинам непрерывного действия. М.: Недра, 1982. 191 с.

12. Конвейеры: Справочник Л.: Машиностроение, 1984. 368 с.

13. *Дьяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г.* Ленточные конвейеры в горной промышленности. М.: Недра, 1982.

14. *Бирюков И.В., Савоськин А.Н., Бурчак Г.П. и др.* Механическая часть подвижного состава: учебник для вузов ж-д трансп. / Под ред. И.В. Бирюкова. М.: Транспорт, 1992. 440 с.

15. *Медель В.Б.* Подвижной состав электрических железных дорог. Конструкция и динамика: учебник для вузов ж-д транспорта, изд. 4-е, М.: Транспорт, 1974. 232 с.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Карьерный транспорт

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горнотехнологического
факультета
«13» сентября 2019 г.
Председатель комиссии

_____ст. преп. Колчина Н. В.

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Карьерный транспорт

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.221
П84

Р е ц е н з е н т: *Н. В. Мартынов*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом «11» сентября 2019 г. (протокол № 342) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ. Карьерный транспорт:
П84 учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 42 с.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Процессы открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта и дипломной работ.

УДК 622.221

© Уральский государственный горный университет, 2019
© Лель Ю. И., Стенин Ю. В., Глебов И. А., 2019

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Карьерный транспорт» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии карьерного транспорта, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров и выбору карьерного транспорта;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональных параметров карьерного транспорта в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводят после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняют на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяет преподаватель.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляют в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценку за практическую работу выставляют на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняют в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывают общую тематику практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПАРКА АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы: освоить методику расчета продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов при перевозке горной массы по заданной трассе.

Задачи работы:

1. Расчет длительности погрузки автосамосвала.
2. Расчет скоростей и продолжительности движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях.
3. Расчет продолжительности транспортного цикла с учетом маневровых операций, операций разгрузки и технологических задержек.
4. Расчет сменной производительности автосамосвалов.
5. Расчет потребного парка автосамосвалов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 308-323; 2, с. 15-51; 3, с. 157-182] изучить основные технологические параметры карьерных автосамосвалов, условия их эксплуатации и методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- продолжительность рабочей смены автосамосвала $T_{см} = 8$ ч;
- коэффициент использования сменного времени автосамосвала $k_и = 0{,}70 \div 0{,}75$;
- число смен работы карьера в сутки $n_к = 3$;
- число рабочих дней карьера в году $N_{дн} = 350$;

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задают:

- годовой грузооборот карьера $A_к$, млн т/год;
- модель автосамосвала;
- модель экскаватора;
- тип горных пород: рыхлые (I и II категории по ЕНВ) – нечетные варианты; скальные (III, IV и V категории по ЕНВ) – четные варианты;
- плотность пород в целике γ, т/м^3 (рыхлые $\gamma = 1{,}4 \div 1{,}8$ т/м^3; скальные $\gamma = 2{,}0 \div 3{,}5$ т/м^3, конкретное значение γ выбирается самостоятельно);
- параметры пяти участков трассы транспортирования, включающие:
  - тип дорожного покрытия;
  - расстояние транспортирования l, км;
  - уклон участка i, доли ед.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

Номер задания	$A_к$, млн т	Модель		Участки														
		автосамосвала БелАЗ-	экскаватора ЭКГ-	1			2			3			4			5		
				тип покр.	i_1	l_1, км	тип покр.	i_2	l_2, км	тип покр.	i_3	l_3, км	тип покр.	i_4	l_4, км	тип покр.	i_5	l_5, км
1	6	7540D	5А	Забойные дороги (Б/П)	0	0,8	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,5	Отвальные укатанные дороги (Б/П)	0,005	0,3
2	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,6		0,005	0,4
3	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	0,8	А/Б	0,010	0,7		0,005	0,5
4	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,3		0,005	0,3
5	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,5		0,005	0,4
6	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,5		0	0,3
7	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,6		0	0,4
8	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,005	0,7		0	0,5
9	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,3		0	0,3
10	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,5		0	0,4
11	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,5	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,5		0,007	0,3
12	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,2	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,6		0,007	0,4
13	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	0,8	Щ	0,005	0,7		0,007	0,5
14	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	0,8	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,3		0,007	0,3
15	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,5		0,007	0,4
16	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,5		0	0,3
17	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,6		0	0,4
18	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,020	0,7		0	0,5
19	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,3		0	0,3
20	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,5		0	0,4
21	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,3
22	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,6		0,006	0,4
23	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	0,8	А/Б	0,015	0,7		0,006	0,5
24	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,3		0,006	0,3
25	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,4

Щ – щебеночное покрытие; А/Б – асфальтобетонное покрытие; Г – грунтовое покрытие; Б/П – временные автодороги без покрытия

Порядок выполнения работы

1. Рассчитывают длительность погрузки автосамосвала $t_{\text{п}}$, мин:

$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{ц}} - 0{,}5)}{60}, \tag{1.1}$$

где $t_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. табл. 1.2); $n_{\text{ц}}$ – принятое количество ковшей (циклов) для загрузки автосамосвала.

Количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала по грузоподъемности $n_{\text{г}}$ рассчитывают по формуле

$$n_{\text{г}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \gamma}, \tag{1.2}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора; γ – плотность пород в целике, т/м^3; $k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

Таблица 1.2

Продолжительность цикла экскавации

Вместимость ковша экскаватора E, м^3	Продолжительность цикла экскавации ($t_{\text{ц}}^{\text{э}}$, с) для пород	
	рыхлых	скальных
5	24	29
8	27	32
10	29	35
12	32	38
15	35	42

Значения $k_{\text{н}}$ и $k_{\text{р}}$ принимают по табл. 1.3 в зависимости от принятой γ и категории пород.

Таблица 1.3

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород	Плотность пород в целике, γ т/м^3	$k_{\text{р}}$	$k_{\text{н}}$
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

Количество циклов для полной загрузки автосамосвала по вместимости кузова $n_{\text{е}}$ рассчитывают по формуле

$$n_{\text{е}} = \frac{V_{\text{а}}' \cdot 0{,}9}{E k_{\text{н}}}, \tag{1.3}$$

где $V_{\text{а}}'$ – вместимость кузова автосамосвала «с шапкой», м^3 (см. табл. 1.4).

Затем сравнивают значение $n_г$, вычисленное по формуле (1.2), и $n_е$, вычисленное по формуле (1.3), выбирают меньшее и округляют до целого числа $n_ц$.

Масса груза в кузове автосамосвала $q_а^ф$, т

$$q_а^ф = \frac{Ek_н}{k_р} n_ц \gamma. \quad (1.4)$$

Осуществляют проверку

$$q_а^ф \le q_а, \quad (1.5)$$

где $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

Таблица 1.4

Параметры карьерных автосамосвалов

Модель автосамосвала	Параметры						
	$q_а$, т	$G_а$, т	$V_а$	$V'_а$, м^3	$N_Д$, кВт	$\eta_т$	R_{min}, м
БелАЗ-7540D	30	22,6	15,1; 24,7	19,2; 28,2	290	0,78	8,7
БелАЗ-7547	45	33,1	21,5; 28,5; 35,9	26,5; 33,9; 43,3	368	0,78	10,2
БелАЗ-7555В	55	40,5	22,7; 28,0	33,9; 37,3	522	0,78	9,0
БелАЗ-75570	90	74,0	37,7; 44,5	53,3; 60	783	0,78	11,0
БелАЗ-7513	136	108,6	45,5; 50,1; 55,0; 59,6; 103,8	71,2; 75,5; 80,0; 84,0; 134,8	1193	0,85	13,0
БелАЗ-75170	160	134,0	65,6	96,5	1491	0,85	14,0

Коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала $k_г$

$$k_г = q_а^ф / q_а . \quad (1.6)$$

2. Рассчитывают скорости движения на участках трассы, продолжительности движения по каждому участку в грузовом и порожняковом направлениях и длительность транспортного цикла автосамосвала.

2.1. Изображают схему трассы движения автосамосвала, на которой указывают длину и уклон каждого участка, а также тип дорожного покрытия на участке. Пример схемы трассы движения представлен на рис. 1.1.

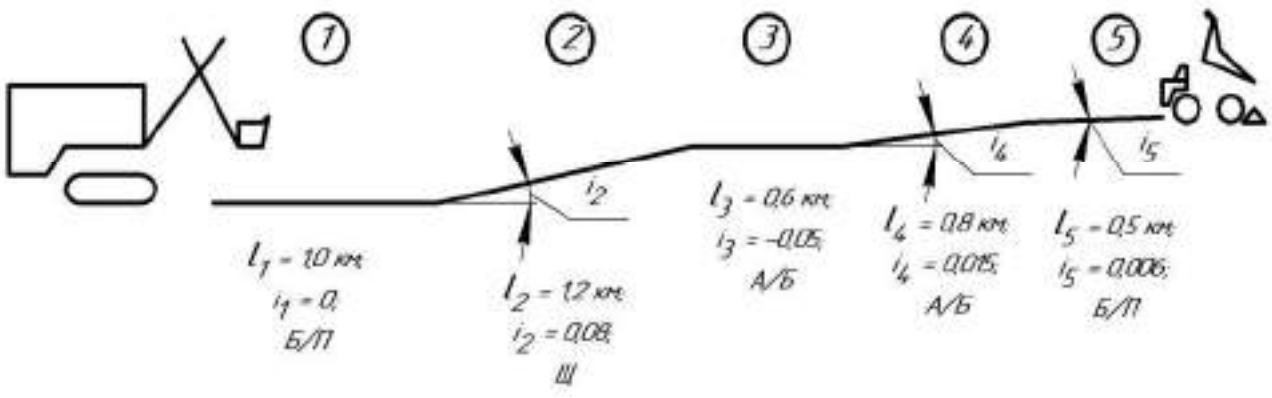


Рис. 1.1. Схема трассы движения (пример)

2.2. Производят расчет скоростей и продолжительности движения по каждому участку трассы. Заполняют табл. 1.5 «Расчет скоростей движения».

Таблица 1.5

Расчет скоростей движения

Показатель	Направление движения в участке											
	грузовое						порожняковое					
	1	2	3	4	5	итого	1	2	3	4	5	итого
Длина участка l, м												
Уклон i, доли ед.												
Коэффициент сопротивления качению ω_o, доли ед.												
Динамический фактор $D = \omega_o \pm i$												
Режим движения на участке (тяги – Т, торможения – Б, выбега – В)												
Коэффициент сцепления φ, доли ед.												
Скорость на участке v, км/ч:												
по расчету												
принятая												
Время движения на участке t:												
ч												
мин												

Примечание. Коэффициент φ указывается только для участков с движением машин в режиме торможения.

2.2.1. Коэффициент основного сопротивления движению (сопротивления качению) груженых автосамосвалов принимают по экспериментальным данным из табл. 1.6 в зависимости от типа дорожного покрытия и грузоподъемности автосамосвалов.

Таблица 1.6

Коэффициенты сопротивления качению (основного сопротивления) груженых автосамосвалов $\left(\omega_o^г\right)$

Тип дорожного покрытия	Грузоподъемность автосамосвала, т			
	30	45-55	90	130-154
Забойные и отвальные дороги (Б/П)	0,035-0,043	0,039-0,046	0,041-0,049	0,043-0,051
Грунтовое (Г)	0,028-0,034	0,031-0,037	0,033-0,041	0,037-0,043
Щебеночное (Щ)	0,017-0,022	0,019-0,024	0,021-0,026	0,022-0,028
Асфальтобетонное (А/Б)	0,013-0,017	0,015-0,019	0,016-0,020	0,017-0,022

Величину коэффициента сопротивления движению порожних автосамосвалов $\omega_o^п$ (порожняковое направление движения) рекомендуется принимать

$$\omega_o^п \approx 1,2\,\omega_o^г. \qquad (1.7)$$

Для каждого участка трассы находят динамический фактор

$$D = \omega_o \pm i, \qquad (1.8)$$

где ω_o – коэффициент сопротивления движения груженых (порожних) автосамосвалов (см. табл. 1.6); i – уклон участка трассы в долях ед.

2.2.2. Определяют режим движения на каждом участке:

если $D > 0$ – режим тяги (Т);
если $D < 0$ – режим торможения (Б);
если $D = 0$ – режим выбега (В).

2.2.3. Рассчитывают скорость движения на каждом участке трассы.

При режиме тяги скорость на участке (v, км/ч) рассчитывают по формуле

$$v = \frac{0{,}367 N_д \eta_т}{(G_а + k_г q_а)(\omega_o \pm i)}, \qquad (1.9)$$

где $N_д$ – мощность двигателя автосамосвала, кВт; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии автосамосвала; $G_а$ – собственная масса автосамосвала, т; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности.

Величины $N_д$, $\eta_т$, $G_а$, $q_а$, $V_а$ и V' принимают из табл. 1.4. Для порожних автосамосвалов $k_г = 0$.

При режиме торможения (Б) скорость на участке рассчитывают по формуле

$$v = 32(\varphi + D)\left(2\sqrt{0{,}25 + \frac{L_и}{46{,}5(\varphi + D)}} - 1\right), \qquad (1.10)$$

где v – скорость, км/ч; φ – коэффициент сцепления колес с дорогой; D – динамический фактор (принимается со своим знаком); $L_и$ – безопасный интервал между автосамосвалами, м.

Коэффициент сцепления принимать по табл. 1.7 в зависимости от типа покрытия.

Таблица 1.7

Значения коэффициента сцепления

Коэффициент сцепления (φ) для покрытия			
забойные и отвальные дороги (Б/П)	грунтовое (Г)	щебеночное (Щ)	асфальтобетонное (А/Б)
0,25-0,65	0,40-0,65	0,45-0,75	0,40-0,70

Безопасный интервал между автомобилями (тормозной путь)

$$L_и = 80 \div 120 \text{ м}.$$

При режиме наката (B) скорость принимают равной скорости на предыдущем участке трассы.

Ограничения скорости:

на внутрикарьерных дорогах – 35 км/ч,
на поверхности – 50 км/ч.

Принимаем:

участки 1-3 – внутри карьера;
участки 4-5 – на поверхности.

2.2.4. Рассчитывают время движения по каждому участку t_i ,ч:

$$t_i = l_i / v_i \text{ , ч.} \qquad (1.11)$$

Время движения в мин

$$t_i = 60\, l_i / v_i\,, \text{ ч.} \qquad (1.12)$$

где l_i – длина участка, км; v_i – скорость, км/ч.

2.3. Рассчитывают среднетехническую скорость движения $v_{\text{ср.т}}$, км/ч:

$$v_{\text{ср.т}} = 2\sum_{i=1}^{5} l_i \Big/ \left(t_{\text{д}}^{\text{г}} + t_{\text{д}}^{\text{п}}\right), \qquad (1.13)$$

где $t_{\text{д}}^{\text{г}}$ и $t_{\text{д}}^{\text{п}}$ – суммарное время движения автосамосвала соответственно в грузовом и порожняковом направлении, ч.

2.4. Рассчитывают длительность транспортного цикла автосамосвала $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$, мин

$$T_{\text{ц}}^{\text{а}} = t_{\text{п}} + t_{\text{д}}^{\text{г}} + t_{\text{д}}^{\text{п}} + t_{\text{п}}^{\text{г}} + t_{\text{п}}^{\text{п}} + t_{\text{т.з}} + t_{\text{р}} + t_{\text{м.п}} + t_{\text{м.р}}, \qquad (1.14)$$

где $t_{\text{п}}^{\text{г}}$ и $t_{\text{п}}^{\text{п}}$ – поправки на периоды неустановившегося движения соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, м.

Принимают:

$$t_{\text{п}}^{\text{г}} = n(0{,}3 \div 0{,}4)\,; \qquad (1.15)$$

$$t_{\text{п}}^{\text{п}} = n(0{,}2 \div 0{,}3)\,, \qquad (1.16)$$

где n – количество участков.

$t_{\text{м.п}}$, $t_{\text{м.р}}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку автосамосвала, мин.

Принимают:

при погрузке

$$t_{\text{м.п}} \approx 0{,}053 R_{\min}, \text{ мин. – для петлевого подъезда;} \qquad (1.17)$$

$$t_{\text{м.п}} \approx 0{,}058 R_{\min}, \text{ мин. – для тупикового подъезда;} \qquad (1.18)$$

при разгрузке

$$t_{\text{м.р}} \approx 0{,}063\, R_{\min}. \qquad (1.19)$$

где $R_{\min}$ – минимальный конструктивный радиус поворота автосамосвала (см. табл. 1.4); $t_{\text{р}}$ – длительность разгрузки, м ($t_{\text{р}} \approx 1$ мин для всех моделей автосамосвалов); $t_{\text{т.з}}$ – длительность технологической задержек за рейс, мин ($t_{\text{т.з}} \approx 3{,}0 \div 3{,}5$ мин).

3. Рассчитывают сменную производительность автосамосвала $Q_{\text{см}}$, т/смену:

$$Q_{\text{см}} = \frac{60 T_{\text{см}}}{T_{\text{ц}}^{\text{а}}} k_{\text{и}} q_{\text{а}}^{\text{ф}}\,, \qquad (1.20)$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла, мин; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени; $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$ – масса груза в кузове автосамосвала, т.

4. Рассчитывают парк карьерных автосамосвалов.

4.1. Определяют расчетный сменный грузооборот карьера $\Gamma_{\text{р}}$, т/смену:

$$\Gamma_{\text{р}} = \frac{10^6 A_{\text{к}}}{N_{\text{дн}} n_{\text{к}}} k_{\text{нер}}, \qquad (1.21)$$

где $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн т/год; $k_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности ($k_{\text{нер}}$ = 1,15÷1,20); $N_{\text{дн}}$ – число рабочих дней карьера в году; $n_{\text{к}}$ – число смен работы карьера в сутки.

4.2. Линейный парк машин $N_{\text{л}}^{\text{а}}$, шт.

$$N_{\text{л}}^{\text{а}} = \Gamma_{\text{р}} / Q_{\text{см}}, \qquad (1.22)$$

где $\Gamma_{\text{р}}$ – расчетный грузооборот карьера, т/смену; $Q_{\text{см}}$ – сменная производительность автосамосвала, т/смену.

4.3. Рабочий парк машин $N_{\text{р}}^{\text{а}}$

$$N_{\text{р}}^{\text{а}} = \frac{n_{\text{к}}}{n_{\text{а}}} N_{\text{л}}^{\text{а}}, \qquad (1.23)$$

где $n_{\text{а}}$ – число смен работы автопарка в сутки ($n_{\text{а}}$ = 3 или $n_{\text{а}}$ = 2).

4.4. Рассчитывают списочный парк машин $N_{\text{с}}^{\text{а}}$, шт.:

$$N_{\text{с}}^{\text{а}} = \frac{N_{\text{р}}^{\text{а}}}{k_{\text{т.г}}}, \qquad (1.24)$$

где $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности, принимают по данным института Гипроруда в зависимости от грузоподъемности и суточного пробега автосамосвала (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Значения коэффициентов $k_{\text{т.г}}$

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{\text{т.г}}$ при суточном пробеге $L_{\text{сут}}$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 55	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
90	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
130 и >	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Суточный пробег одной машины $L_{\text{сут}}$, км

$$L_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{см}} n_{\text{а}}}{q_{\text{а}}^{\text{ф}} \beta} L, \qquad (1.25)$$

где β – коэффициент использования пробега (β = 0,44÷0,48); L – расстояние транспортирования, км.

5. Годовой пробег автопарка $L_{\text{г}}$, тыс. км:

$$L_{\text{г}} = \frac{10^3 A_{\text{к}}}{q_{\text{а}}^{\text{ф}} \beta} L, \qquad (1.26)$$

где $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн т; L – расстояние транспортирования, км.

6. Форма отчетности.

По результатам занятия представляют отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическую часть представляют схемой трассы движения автосамосвалов (см. рис. 1.1). Исходные условия и расчетные показатели работы автотранспорта сводят в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Расчетные показатели работы автотранспорта

Показатель	Значения
1	2
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_к$, млн т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Вместимость кузова автосамосвала, м^3:	
геометрическая $V_а$	
с «шапкой» $V'_а$	
Вместимость ковша экскаватора E, м^3	
Тип горных пород	
Категория пород по ЕНВ	
Плотность пород в целике γ, т/м^3	
Продолжительность рабочей смены $T_{см}$, ч	
Коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Число рабочих дней карьера в году $N_{дн}$	
Число смен работы карьера в сутки $n_к$	
Число смен работы автопарка в сутки $n_а$	
Расчетные показатели	
1. Показатели загрузки автосамосвала	
Продолжительность цикла экскавации $t_Ц^э$, с	
Коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$	
Коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора $k_р$	
Число загружаемых ковшей:	
по грузоподъемности $n_г$	
по вместимости кузова автосамосвала $n_е$	
Принято ковшей для расчета загрузки автосамосвала $n_ц$	
Масса груза в кузове автосамосвала $q_а^ф$, т	
Коэффициент использования грузоподъемности $k_г$	
2. Длительность элементов транспортного цикла	
Погрузка $t_п$, мин	
Движение с грузом $t_д^г$, мин	
Движение порожняком $t_д^п$, мин	
Поправки на периоды неустановившегося движения, мин:	
с грузом $t_п^г$	
порожняком $t_п^п$	
Технологические задержки $t_{т.з}$, мин	
Маневры при установке на погрузку $t_{м.п}$, мин	
Маневры при установке на разгрузку $t_{м.р}$, мин	
Продолжительность разгрузки $t_р$, мин	
Продолжительность транспортного цикла $T_ц^а$, мин	

Окончание табл. 1.9

1	2
Среднетехническая скорость движения $v_{ср.т}$, км/ч	
3. Сменная производительность автосамосвала $Q_{см}$, т/смену	
4. Расчет парка автосамосвалов	
Расчетный сменный грузооборот карьера $Г_р$, т/смену	
Линейный парк машин $N^а_л$, шт.	
Рабочий парк машин $N^а_р$, шт.	
Коэффициент использования пробега β	
Суточный пробег одной машины $L_{сут}$, км	
Коэффициент технической готовности $k_{т.г}$	
Списочный парк автосамосвалов $N^а_с$, шт.	
Годовой пробег автопарка $L_г$, тыс. км	

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения автомобильного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы и как сборочного звена в комбинированных транспортных системах карьеров.

2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.

3. Назовите основные технологические параметры карьерного автомобильного транспорта.

4. Каково рациональное соотношение между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора и от каких факторов оно зависит?

5. Как рассчитывают необходимое количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала?

6. Из каких элементов состоит транспортный цикл автосамосвала?

7. Какими характеристиками оценивается технологическая трасса движения карьерных автосамосвалов?

8. От каких факторов зависит величина продольных уклонов карьерных автодорог? Каковы их значения для автосамосвалов с колёсной формулой 4×2?

9. Какими показателями оценивается качество дорожного покрытия в технологических расчетах карьерного автотранспорта?

10. Как определяют динамический фактор автосамосвала? Какие значения принимает динамический фактор при различных режимах движения?

11. Как рассчитывают скорость автосамосвала при различных режимах движения (тяговом, тормозном, режиме выбега)?

12. Как рассчитывают сменную производительность автосамосвала, рабочий и списочный парк?

13. От каких факторов зависит коэффициент технической готовности автосамосвала?

14. Как определяют коэффициент использования пробега?

Практическая работа № 2

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

Цель работы: освоить методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами и энергетической оценки карьерного автотранспорта.

Задачи работы:

1. Расчет расхода дизтоплива на отдельных элементах транспортного цикла.
2. Расчет расхода дизтоплива за рейс.
3. Расчет годового расхода дизтоплива по парку автосамосвалов.
4. Расчет удельного расхода дизтоплива на 1 т перевезенного груза и 1 ткм грузооборота.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [3, с. 129-135; 4, с. 164-171] изучить основные факторы, определяющие топливную экономичность карьерного автотранспорта, и методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами.

Исходные условия

Исходные условия принимают в соответствии с заданным вариантом из практической работы № 1 «Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов». В качестве исходных данных используют также результаты расчетов, полученных в данной работе.

Дополнительные данные (табл. 2.1):

– удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_н$, г/кВт·ч;

– удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки (полный холостой ход) $g_х$, л/ч;

– удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме порожних автосамосвалов $g_х^п$, л/ ч;

– удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме груженых автосамосвалов $g_х^г$, л/ ч;

– плотность дизельного топлива ρ, кг/л (ρ = 0,83 кг/л).

По данным экспериментальных исследований принимают:

$$g_х^п \approx (1{,}3 \div 1{,}5) g_х; \tag{2.1}$$

$$g_х^г \approx (1{,}6 \div 1{,}8) g_х. \tag{2.2}$$

Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя ($g_н$, г/кВт·ч) является паспортной величиной, характеризующей фактический расход топлива для получения 1 кВт·ч полезной работы, и определяют из выражения

$$g_н = \frac{3600}{Q_{дт} \eta_e}, \tag{2.3}$$

где $Q_{дт}$ – теплота сгорания дизельного топлива, кДж/г ($Q_{дт}$ = 43,5 кДж/г); η_e – эффективный к.п.д. двигателя.

Отсюда

$$\eta_e = \frac{3600}{g_н Q_{дт}} \cdot 100\,\%. \qquad (2.4)$$

Для дизельных двигателей, применяемых на автосамосвалах БелАЗ $g_н = 207 \div 247$ г/кВт·ч, а $\eta_e = 33{,}5 \div 40$ %.

Таблица 2.1

Показатели расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами

Модель автосамосвала	Модель двигателя	Показатели расхода топлива	
		$g_н$, г/кВт·ч	$g_х$, л/ ч
БелАЗ-7540D (30 т)	BF8M1015 (Deutz)	247	4,7
БелАЗ-7547 (45 т)	ЯМЗ-240НМ2	224	7,6
БелАЗ-7555В (55 т)	КТТА-19с	209	9,2
БелАЗ-75570 (90 т)	QST30-c	207	12,7
БелАЗ-7513 (136 т)	QSK45-c	209	20,8
БелАЗ-75170 (160 т)	QSK 45-c	209	26,2

Порядок выполнения работы

1. По результатам расчетов, выполненных в практической работе № 1, заполняют табл. 2.2, в которую заносят длину участка (l, км), режим движения на участке, значение динамического фактора (D) и скорость движения на участке (v, км/ч).

2. Рассчитывают расход топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении по горизонтальным участкам и на подъем в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

$$Q_г(Q_п) = \frac{g_н(G_a + k_г q_a)(\omega_o + i)}{3{,}67 \cdot 10^2 \eta_т \rho} l, \qquad (2.5)$$

где $Q_г$, $Q_п$ – расход топлива на участке соответственно груженого или порожнего автосамосвала, л; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии; G_a – собственная масса автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности; q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; ρ – плотность дизтоплива, кг/л; $g_н$ – удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, г/кВт·ч; l – длина участка, км.

Таблица 2.2

Показатели расхода дизтоплива на движение автосамосвалов

Участок	l, км	Показатели для направлений							
		с грузом				порожняком			
		D	режим движения	v, км/ч	$Q_г$, л	D	режим движения	v, км/ч	$Q_п$, л
1									
2									
3									
4									
5									
Всего									

3. Рассчитывают расход дизельного топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении на спуск в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

$$Q_{\text{г}}(Q_{\text{п}}) = \max \begin{cases} \dfrac{g_{\text{н}}(G_{\text{а}} + k_{\text{г}} q_{\text{а}})(\omega_{\text{о}} - i)}{3,67 \cdot 10^2 \eta_{\text{т}} \rho} l, \\ \dfrac{g_{\text{х}}^{\text{г}}(g_{\text{х}}^{\text{п}})}{v} l; \end{cases} \tag{2.6}$$

где $g_{\text{х}}^{\text{г}}$, $g_{\text{х}}^{\text{п}}$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме соответственно груженых или порожних автосамосвалов, л/ч; v – скорость автосамосвала на участке, км/ч; l – длина участка, км.

4. Рассчитывают расход топлива при движении груженых или порожних автосамосвалов в тормозном режиме (Б) или режиме выбега (В) при $D < 0$

$$Q_{\text{г}}(Q_{\text{п}}) = \frac{g_{\text{х}}^{\text{г}}(g_{\text{х}}^{\text{п}})}{v} l \ . \tag{2.7}$$

5. Рассчитывают расход топлива на движение

$$Q_{\text{д}} = \sum_{i=1}^{5} Q_{\text{д}i}^{\text{г}} + \sum_{i=1}^{5} Q_{\text{д}i}^{\text{п}}, \tag{2.8}$$

где $Q_{\text{д}i}^{\text{г}}$ – расход топлива груженого автосамосвала на i-м участке трассы, л; $Q_{\text{д}i}^{\text{п}}$ – расход топлива порожнего автосамосвала на i-м участке трассы, л.

Полученные значения заносят в табл. 2.2.

6. Рассчитывают расход топлива при погрузке автосамосвала и технологических задержках ($Q_{\text{п}}$, л)

$$Q_{\text{П}} = \frac{g_{\text{х}}(t_{\text{П}} + t_{\text{т.з}})}{60}, \tag{2.9}$$

где $g_{\text{х}}$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки, л/ч; $t_{\text{п}}$, $t_{\text{т.з}}$ – продолжительность соответственно погрузки и технологических задержек, мин.

7. Рассчитывают расход топлива при разгрузке и на маневровых операциях

$$Q_i = \frac{g_{\text{н}} N_{\text{д}} k_{Ni} k_{\text{п}}}{1000\rho} \times \frac{t_i}{60}, \tag{2.10}$$

где Q_i – расход топлива на i-м режиме, л; $N_{\text{д}}$ – мощность двигателя, кВт; k_{Ni} – коэффициент использования мощности двигателя на i-м режиме (табл. 2.3); t_i – продолжительность работы на i-м режиме, мин.; $k_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение $g_{\text{н}}\left(k_{\text{П}} = 1,1 \div 1,2\right)$.

Таблица 2.3

Значения коэффициентов использования мощности двигателя (k_{Ni}) на различных режимах

Характеристика режима	k_{Ni}
Разгрузка	0,06–0,08
Маневры при установке на разгрузку	0,35–0,40
Маневры при установке на погрузку	0,10–0,12

Расход топлива при разгрузке $Q_{\text{р}}$, л

$$Q_{\text{р}} = \frac{g_{\text{н}} N_{\text{д}} k_{Ni} k_{\text{п}} t_{\text{р}}}{6 \cdot 10^4 \rho}. \qquad (2.11)$$

где $t_{\text{р}}$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на разгрузку $Q_{\text{м.р}}$, л

$$Q_{\text{м.р}} = \frac{g_{\text{н}} N_{\text{д}} k_{Ni} k_{\text{п}} t_{\text{м.р}}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \qquad (2.12)$$

где $t_{\text{м.р}}$ – продолжительность маневров при установке на разгрузку, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на погрузку $Q_{\text{м.п}}$, л

$$Q_{\text{мп}} = \frac{g_{\text{н}} N_{\text{д}} k_{Ni} k_{\text{п}} t_{\text{м.п}}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \qquad (2.13)$$

где $t_{\text{м.п}}$ – продолжительность маневров при установке на погрузку, мин.

8. Рассчитывают расход топлива за рейс $Q_{\text{ц}}$, л

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{мп}} + Q_{\text{мр}}. \qquad (2.14)$$

9. Рассчитывают годовой расход топлива $Q_{\text{г}}$, т

$$Q_{\text{г}} = \frac{10^3 Q_{\text{ц}} \rho A_{\text{к}} k_{\text{д}}}{k_{\text{г}} q_{\text{а}}}, \qquad (2.15)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – расход топлива автосамосвалом за рейс, л; $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн т; $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_{\text{г}}$ – коэффициент использования грузоподъемности; ρ – плотность топлива, кг/л; $k_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на нулевые пробеги и внутригаражные нужды ($k_{\text{д}} = 1{,}1 \div 1{,}2$).

10. Рассчитывают удельный расход топлива:

– на 1 т перевезенного груза $q_{\text{у}}$, г/т:

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}}, \qquad (2.16)$$

где $Q_{\text{г}}$ – годовой расход топлива по парку автосамосвалов, т; $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн т.

– на 1 ткм грузооборота $q_{\text{у}}$, г/ткм

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}} L, \qquad (2.17)$$

где L – расстояние транспортирования, км.

11. Форма отчетности.

По результатам занятия представляют отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Исходные условия и расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами сводят в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами

Показатели	Значения
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_к$, млн т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $g_а$, т	
Коэффициент использования грузоподъемности $k_г$	
Модель двигателя	
Мощность двигателя $N_д$, кВт	
Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_н$, г/кВт·ч	
Удельный расход топлива на холостом ходу двигателя (полный холостой ход) $g_х$, л/ч	
Коэффициент использования мощности двигателя при:	
разгрузке $k_N^{р}$	
маневрах при установке на погрузку $k_N^{п}$	
маневрах при установке на разгрузку $k_N^{р}$	
Плотность дизельного топлива ρ, кг/л	
Коэффициенты дополнительного расхода топлива на нулевые пробеги и внутрикарьерные нужды $k_д$	
Расчетные показатели	
Расход топлива на движение $Q_д$, л:	
в том числе в грузовом направлении $Q_д^{г}$	
в порожняковом направлении $Q_д^{п}$	
Расход топлива при погрузке и технологических задержках $Q_п$, л	
Расход топлива при разгрузке $Q_р$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при погрузке $Q_{м.п}$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при разгрузке $Q_{м.р}$, л	
Расход топлива за рейс $Q_ц$, л	
Годовой расход топлива по парку автосамосвалов $Q_г$, т	
Удельный расход топлива:	
на 1 т перевезенного груза $q_у$, г/т	
на 1 ткм грузооборота $q_у$, г/ткм	

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы определяют расход топлива карьерными автосамосвалами при движении в тяговом режиме на подъем и по горизонтальным автодорогам?

2. Как определяют расход топлива карьерными автосамосвалами при движении на спуск в тормозном режиме или режиме выбега?

3. Как рассчитывают расход топлива карьерными автосамосвалами при погрузке и в периоды технологических задержек?

4. Что показывает удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, как он определяется и в каких единицах измеряется?

5. Как определяют эффективный к.п.д. дизельных двигателей карьерных автосамосвалов? Укажите примерные значения эффективного к.п.д. современных дизельных двигателей карьерных автосамосвалов.

6. Как рассчитывают расход топлива карьерными автосамосвалами при разгрузке и на маневровых операциях?

7. Назовите составляющие расхода топлива карьерными автосамосвалами за транспортный цикл.

8. Как определяют удельный расход топлива карьерными автосамосвалами на 1 т перевезенного груза и на единицу грузооборота?

9. В каком диапазоне изменяется удельный расход дизтоплива (г/ткм) современных карьерных автосамосвалов?

10. От каких факторов зависит топливная экономичность карьерных автосамосвалов? Назовите основные пути снижения удельного расхода топлива карьерными автосамосвалами.

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров ленточных конвейеров.

Задачи работы:

1. Выбор типа резинотросовой ленты исходя из характера транспортируемого материала (плотности и абразивности).

2. Определение необходимой ширины конвейерной ленты и скорости её движения.

3. Установление количества конвейерных ставов и перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы.

4. Определение возможной производительности расчетного звена конвейерной системы при последовательном соединении элементов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 333-353; 2, с. 95-132; 5, с. 256-265; 6, с. 240-296] изучить основные технологические параметры ленточных конвейеров, условия и область их эксплуатации, а также методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

– транспортирование горных пород ленточным конвейером с резинотросовой лентой;

– последовательное соединение элементов в расчетном звене конвейерной системы.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задают:

– наименование транспортируемых пород;

– насыпная плотность $\gamma_н$, т/м;

– абразивность пород (неабразивные, малоабразивные, абразивные, высокоабразивные);

– годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год;

– содержание кусков максимального размера ($a_{max} \geq 450$ мм) μ, %;

– назначение расчетного звена конвейерной системы (забойный, сборочный, подъёмный, магистральный);

– длина расчетного звена $L_з$, м;

– угол наклона расчетного звена α, град;

– угол наклона боковых роликов роликоопоры грузовой ветви конвейера β, град;

– режим работы конвейера.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчетов к работе № 3

«Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности»

№ задания	Характеристика пород			Объём перемещаемых пород $A_г$ тыс. м^3/год	μ, %	Параметры расчетного звена				Режим работы конвейера, (сутки × смены × часы)
	наименование	$\gamma_н$, т/м^3	абразивность *			назначение	$L_з$, м	α, град	β, град	
1	Апатит (полускальная порода)	1,9	А	1700	17	Сборочный	400	17	40	180×2×8
2		1,9	А	2700	16	Магистральный	2500	0	40	180×2×8
3		1,9	А	3500	17	Подъёмный	1500	16	40	180×3×8
4	Вскрышные скальные породы	2,6	В	4100	17	Забойный	800	0	35	180×2×8
5		2,6	В	6700	18	Забойный	600	0	35	180×2×8
6		2,6	В	1000	17	Магистральный	3000	0	35	180×2×8
7	Песок сухой (рыхлая порода)	1,5	М	10800	0	Подъёмный	1000	15	30	180×2×8
8		1,5	М	7600	0	Забойный	400	0	30	180×1×8
9		1,5	М	13800	0	Сборочный	400	0	30	250×1×8
10	Уголь каменный	0,8	М	14700	13	Сборочный	600	0	35	250×2×8
11		0,8	М	11200	10	Забойный	600	0	35	250×2×8
12		0,8	М	8700	16	Магистральный	2000	0	35	250×2×8
13	Глина сырая	1,8	Н	2800	14	Подъёмный	1000	15	30	180×3×8
14		1,8	Н	6000	16	Забойный	600	0	30	250×2×8
15		1,8	Н	2600	17	Сборочный	600	0	30	250 ×1×8
16	Соль каменная	1,5	М	3200	9	Забойный	500	0	35	250×2×8
17		1,5	М	4500	9	Сборочный	500	0	35	250×2×8
18		1,5	М	5200	12	Подъёмный	1000	17	35	250×2×8
19	Известняк	1,6	А	2200	16	Забойный	600	0	40	250×3×8
20		1,6	А	3500	16	Сборочный	400	0	40	180×2×8
21		1,6	А	1700	14	Подъёмный	800	18	40	250×1×8
22	Галька влажная	2,0	М	3000	0	Сборочный	300	0	40	250×1×8
23		2,0	М	2800	0	Подъёмный	800	16	40	250×2×8
24		2,0	М	1800	0	Магистральный	2000	0	40	250×2×8
25		2,0	М	4800	0	Забойный	600	0	40	250×2×8

* Н – неабразивные; М – малоабразивные; А – абразивные; В – высокоабразивные

Порядок выполнения работы

1. В зависимости от характеристик транспортируемых пород (плотности и абразивности) по табл. 3.2 выбирают тип конвейерной ленты.

Таблица 3.2

Условия применения резинотросовых лент (РТЛ)

Тип ленты	Расчетная прочность ленты, Н/мм	Характеристика транспортируемых горных пород
РТЛ-1500	1500	Неабразивные
РТЛ-2500	2500	Малоабразивные
РТЛ-3150, РТЛ-4000	3150, 4000	Абразивные
РТЛ-5000, РТЛ-6000	5000, 6000	Высокоабразивные

2. Определяют необходимую ширину конвейерной ленты и скорость её движения.

2.1. Рассчитывают необходимую часовую производительность конвейера по разрыхленной горной массе $Q_{ч}$, м^3/ч:

$$Q_{ч} = \frac{A_{г} k_{н}}{n_{р} n_{см} T_{см}} k_{р}, \qquad (3.1)$$

где $A_{г}$ – годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы, м^3/год; $k_{н}$ – коэффициент неравномерности работы карьера ($k_{н}$=1,15…1,25); $n_{р}$ – число рабочих дней в году; $n_{см}$ – количество смен в сутки; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $k_{р}$ – коэффициент разрыхления породы на ленте конвейера ($k_{р}$ = 1,1…1,2 для рыхлых пород; $k_{р}$ = 1,2…1,3 для полускальных пород; $k_{р}$ = 1,3…1,5 для скальных пород).

2.2. По часовой производительности конвейера рассчитывают необходимую ширину конвейерной ленты $B_{л}$, м:

$$B_{л} = 1{,}1\left(\sqrt{\frac{Q_{ч}}{C_{п} v k_{у}}} + 0{,}05\right), \qquad (3.2)$$

где $C_{п}$ – коэффициент производительности конвейера, зависящий от формы поперечного сечения груза на ленте (коэффициент наполнения лотка конвейера) (табл. 3.3, 3.4); v – скорость движения ленты, м/с (принимается по данным табл. 3.5 в зависимости от физико-механических свойств пород и требуемой производительности конвейера; $k_{у}$ – коэффициент, учитывающий необходимость снижения высоты породы на ленте при угле наклона конвейера $\alpha \geq 12°$ (табл. 3.6).

Таблица 3.3

Значения коэффициента $C_{п}$ на ленте с трехроликовой опорой

Угол породы на ленте φ, град	Значение коэффициента $C_{п}$ при угле наклона боковых роликов β, град			
	20	30	35	45
10	390	475	510	560
15	470	550	580	625
20	550	625	650	690

Таблица 3.4

Значения угла откоса породы на движущейся ленте

Горная порода	Угол откоса породы на ленте φ, град	Наибольший угол наклона конвейера α, град
Апатит	10	24
Галька влажная	15	18
Глина сырая	15–20	18–26
Известняк	15	16–18
Песок сухой	15	16–20
Песок влажный	18–20	20–25
Порода вскрышная скальная	15–20	17
Соль каменная	15–20	18–23
Уголь каменный	18–20	18

Таблица 3.5

Скорость движения конвейерной ленты

Производительность конвейера $Q_ч$, м^3 /ч	Скорость ленты (v, м/с) при транспортировании пород	
	рыхлых	полускальных и скальных
400–750	2,0–3,0	1,5–2,5
1000–2200	3,0–4,0	2,0–3,0
2500–5000	3,0–5,0	2,5-4,0
6000–8500	4,0–7,0	2,5–4,5

Таблица 3.6

Значения коэффициента $k_у$ в зависимости от угла наклона конвейера

Угол наклона конвейера α, град	0	12	14	18
$k_у$	1	0,98	0,96	0,92

2.3. Производят проверку ширины ленты по кусковатости транспортируемой горной массы:

– при содержании в транспортируемой массе кусков максимального размера μ < 15 %

$$B_л \geq (2,3 - 2,5)a_{max}; \quad (3.3)$$

– при содержании кусков μ >15 %

$$B_л \geq (3,3 - 4,0)a_{max}, \quad (3.4)$$

где $B_л$ – ширина конвейерной ленты, м; a_{max} – размер максимального куска, м (a_{max} = 0,40…0,45 м).

Из значений ширины конвейерной ленты $B_л$, полученных в пунктах 2.2 и 2.3, выбирают большее и округляют до стандартного значения (табл. 3.7).

2.4. Производят окончательный выбор типа ленты по табл. 3.7 и приводитят её техническую характеристику.

Таблица 3.7

Техническая характеристика резинотросовых лент

Параметр	Тип ленты РТЛ					
	-1500У	-2500	-3150	-4000	-5000	-6000
Расчетная прочность ленты, Н/мм	1500	2500	3150	4000	5000	6000
Диаметр троса, мм	6	7,5	8,25	10,6	10,6	12,9
Шаг троса в ленте, мм	15±1,5	14±1,5	14±1,5	20±1,5	17±1,5	18±1,5
Расчетная толщина наружных резиновых обкладок, мм	8	10	10	10	10	14; 16 с рабочей стороны; 8 – с нерабочей
Общая толщина ленты, мм	22	26	29	31	31	35; 37
Расчетная масса 1 м^2 ленты, кг	33	43	49	55	58	70; 72
Расстояние от центра крайнего троса до борта ленты, мм	25	25	25	30	30	30
Ширина ленты, мм	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1800±14 2000±14 2500±15

3. В соответствии с принятой шириной конвейерной ленты, скорости её движения, угла наклона конвейера и видом перемещаемой горной массы определяют расчетную производительность конвейера $Q_р$, м^3/ч:

$$Q_р = 3600 F v k_а , \qquad (3.5)$$

где F– площадь поперечного сечения материала на ленте, м^2; v – скорость ленты, м/с; $k_а$ – поправочный коэффициент, учитывающий снижение площади поперечного сечения материала на ленте наклонного конвейера ввиду обратного осыпания груза (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Значение коэффициента $k_а$

Угол наклона конвейера а, град	0 –10	12	16	18	20	24
$k_а$	1,00	0,98	0,95	0,93	0,92	0,90

При трехроликовой опоре площадь поперечного сечения материала на ленте (F, м^2) определяют из следующих выражений (см. рис. 3.1):

$$F = F_1 + F_2; \qquad (3.6)$$

$$F_1 = \frac{(a + 2b_1 \cos\beta)^2}{4} \operatorname{tg}\varphi; \qquad (3.7)$$

$$F_2 = ab_1 \sin\beta + b_1^2 \sin\beta \cos\beta, \quad (3.8)$$

где a – длина среднего ролика, м; b – длина бокового ролика, м; β – угол наклона боковых роликов, град; b_1 – часть длины бокового ролика, занятая грузом, м; φ – угол откоса породы на ленте, град.

$$a = b. \quad (3.9)$$

$$b_1 \approx b - (0{,}05 \div 0{,}10). \quad (3.10)$$

Параметры роликов конвейерных лент приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Параметры роликов конвейерных лент

Ширина ленты $B_л$, мм	800; 1000	1200;1600	1800; 2000
Длина ролика b, мм	300–350	425–500	550–700

4. В соответствии с расчетной производительностью конвейера, назначением расчетного звена и принятой шириной конвейерной ленты выбирают тип конвейера и приводят его техническую характеристику (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Техническая характеристика ленточных конвейеров для открытых горных работ

Конвейер	Ширина ленты $B_л$, мм	Скорость ленты v, м/с	Производительность по разрыхленной горной массе $Q_р$, м^3/ч	Длина става $L_с$, м
КЛ-600	1000	2,60	600	250; 400; 600
КЛ-800	1200	2,58	800	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКО-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 750
КЛКМ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,6	1600	3,56	4000	400; 800
КЛКЗ-1,8	1800	4,35	5000	400; 800
КЛКО-1,8	1800	4,35	5000	700
КЛН-2,0	2000	3,15	4000	450
КЛМ-2,0	2000	3,15	4000	1750
КЛО-2,0	2000	3,15	4000	1900

Примечание. В моделях КЛ-600 и КЛ-800 КЛ – конвейер ленточный универсальный; 600, 800 – часовая производительность в м^3/ч; в моделях КЛКЗ, КЛКО, КДКМ, КЛК – карьерный ленточный конвейер, цифры 1,2; 1,6; 1,8; 2,0 указывают ширину ленты в м; буквы З, О, М означают забойный, отвальный, магистральный; в моделях КЛН, КЛМ, КЛО – конвейер ленточный, буквы Н, М, О означают наклонный, магистральный отвальный

5. Определяют количество конвейерных ставов и количество перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы. Количество ставов $n_с$, шт.:

$$n_с = L_з / L_с, \quad (3.11)$$

где $L_з$ – длина расчетного звена, м; $L_с$ – длина става, м (принимают по табл. 3.10).

В технической характеристике приведены максимальные значения длины става, которую можно уменьшить с учетом длины расчетного звена конвейерной линии.

Полученное значение количества ставов округляют до ближайшего большего целого числа, которое принимают за расчетное число ставов $n_{ср}$. Уточняют длину става $L_{ср}$, м:

$$L_{ср} = L_з / n_{ср}, \quad (3.12)$$

где $L_{ср}$ – расчетная длина става, м; $L_з$ – длина расчетного звена конвейерной линии, м; $n_{ср}$ – расчетное число ставов.

Число перегрузочных узлов системы $n_п$, шт.

$$n_п = n_{ср}. \quad (3.13)$$

6. Определяют возможную годовую производительность расчетного звена конвейерной системы $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_р T_{пл} k_г, \quad (3.14)$$

где $Q_р$ – расчетная производительность конвейера, м^3/ч; $T_{пл}$ – планируемое время работы конвейеров в году, ч; $k_г$ – коэффициент готовности системы конвейеров (расчетного звена) к работе.

$$T_{пл} = T_к \, k_и, \quad (3.15)$$

где $T_к$ – календарное время работы в году, ч (определяется в соответствии с режимом работы конвейерной системы); $k_и$ – коэффициент использования во времени ($k_и$ = 0,80÷0,90).

Коэффициент готовности $k_г$:

$$k_г = k_{г1} k_{г2} \ldots \, k_{г\,(n\text{-}1)} k_{гn}, \quad (3.16)$$

где $k_{г1} \ \ldots \ k_{гn}$ – коэффициенты готовности каждого из соединенных последовательно элементов системы (табл. 3.11); n – количество элементов системы

$$n = n_{ср} + n_п. \quad (3.17)$$

Таблица 3.11

Коэффициенты готовности конвейерной системы

Элементы системы	$k_г$
Ленточные конвейеры при транспортировке рыхлых и скальных пород	0,96–0,97
Перегрузочный пункт	0,96–0,99

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляют отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическую часть представляют одним листом формата А4, включающим схему к расчету площади поперечного сечения материала на ленте (рис. 3.1) и схему расчетного звена конвейерного транспорта (рис. 3.2). Чертежи выполняют в стандартных масштабах, на схемах указывают числовые значения параметров.

Исходные условия и технологические параметры конвейерной системы сводят в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Технологические параметры конвейерной системы

Показатели	Значения
Исходные условия	
Годовой объем пород в целике, перемещенный расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год	
Наименование транспортируемых пород	
Насыпная плотность $\gamma_н$, т/м^3	
Абразивность	
Содержание кусков максимального размера μ, %	
Назначение расчетного звена системы	
Длина расчетного звена $L_з$, м	
Угол наклона расчетного звена α, град	
Угол наклона боковых роликов β, град	
Режим работы конвейера (сутки×смены×часы)	
Расчетные показатели	
Тип конвейера	
Тип конвейерной ленты	
Ширина ленты $B_л$, мм	
Скорость движения конвейерной ленты v, м/с	
Тип опоры	
Площадь поперечного сечения материала на ленте F, м^2	
Расчетная длина става $L_{ср}$, м	
Рас четное число ставов $n_{ср}$	
Коэффициент готовности системы $k_г$	
Расчетная производительность:	
часовая $Q_р$, м^3/ч	
годовая $Q_г$, м^3/год	

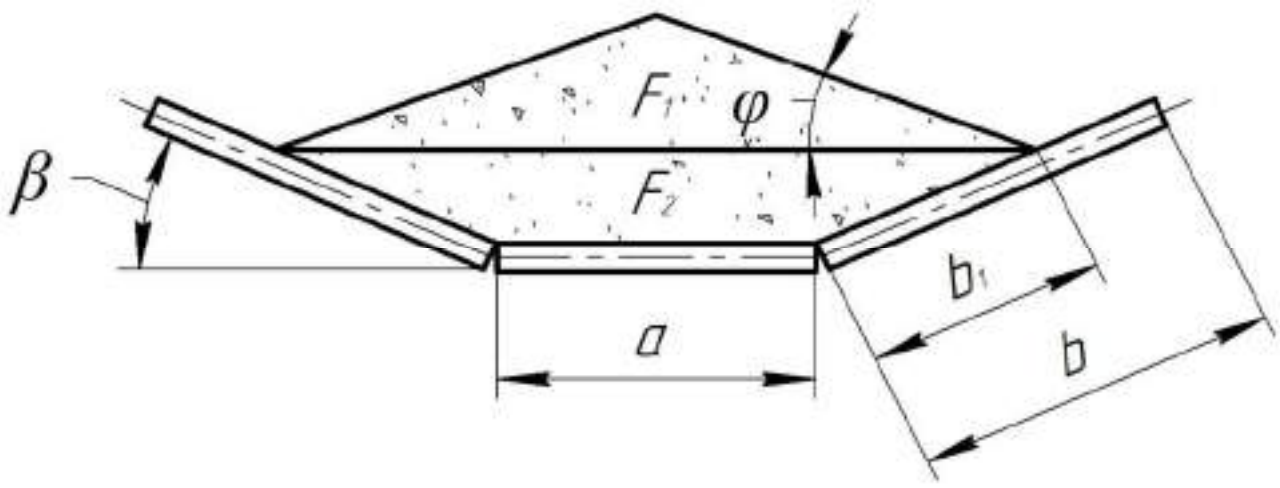


Рис. 3.1. Схема к расчету площади поперечного сечения материала на конвейерной ленте

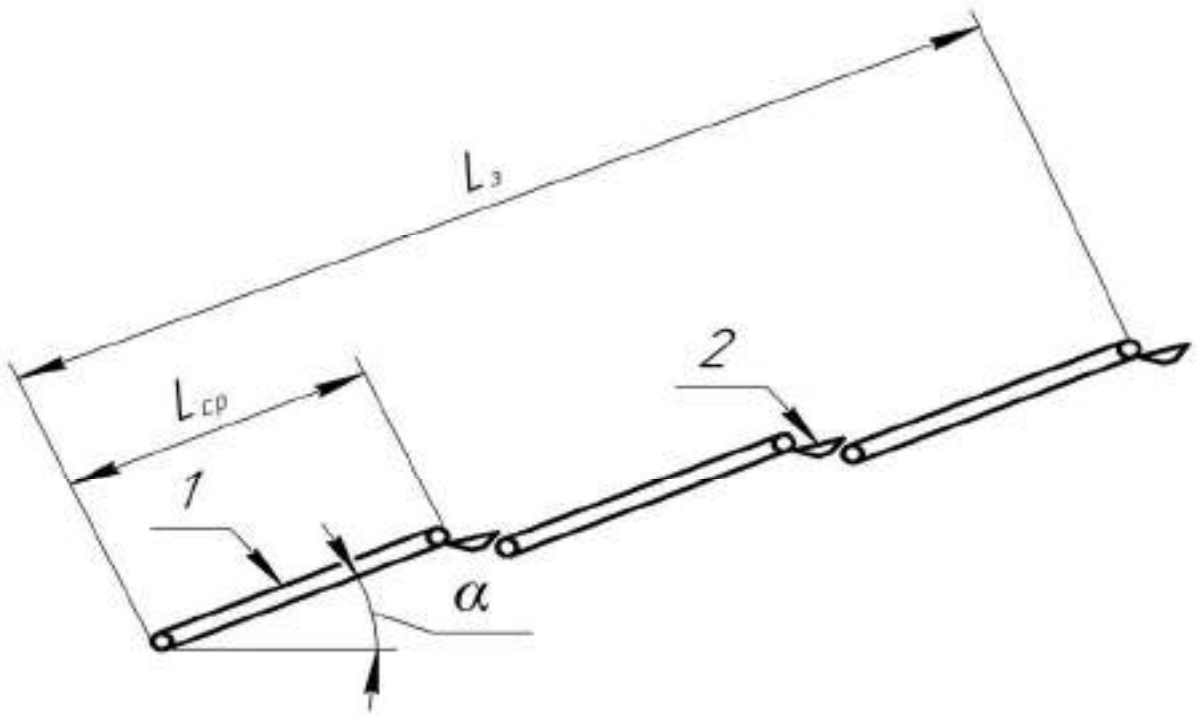


Рис. 3.2. Схема расчетного звена конвейерного транспорта:
1 – конвейерный став; *2* – перегрузочный узел
$L_з$ – длина расчетного звена системы, м; $L_{ср}$ – расчетная длина става, м;
α – угол наклона конвейера, град

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы.
2. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как магистрального звена комбинированного карьерного транспорта.
3. Перечислите достоинства и недостатки конвейерного транспорта в карьерах.
4. Как подразделяют конвейеры в зависимости от своего назначения и места расположения в карьере?
5. Как различают конвейерные ленты по типу каркаса?
6. Перечислите технологические параметры конвейерного транспорта.
7. Как определяют ширину конвейера, от каких факторов она зависит?
8. От каких факторов зависит скорость движения конвейерных лент, в каком диапазоне она изменяется?
9. Какой максимальный угол подъёма допускается для ленточных конвейеров и крутонаклонных конвейеров в различно конструктивном исполнении?
10. При каком угле наклона конвейера необходимо учитывать снижение высоты насыпки породы при расчете ширины конвейерной ленты?
11. Как определяют часовую и годовую производительности конвейера, от каких факторов они зависят?

Практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ПУНКТА ПРИ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы: освоить методику определения места размещения перегрузочного пункта при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте.

Задачи работы:

1. Расчет расстояния транспортирования и высоты подъема горной массы сборочным (автомобильным) и магистральным (железнодорожным) транспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта по глубине карьера.

2. Расчет себестоимости и удельных капитальных затрат по отдельным звеньям транспорта, комбинированному транспорту в целом и открытой разработке месторождения.

3. Выбор места размещения перегрузочного пункта по критерию максимального значения годовой рентабельности.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 372-379; 2, с. 138-144; 7, с. 10-45] изучить основные технологические параметры комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта, а также условия, область его применения и методику определения глубины размещения перегрузочных пунктов.

Исходные условия

Общие условия:

– высота уступа для всех вариантов $H_у$ = 15 м;

– удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т:

- четные варианты – 1000;
- нечетные варианты – 1200;

– нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки $С_д$, руб/т:

- четные варианты – 320;
- нечетные варианты – 400;

– нетранспортная составляющая удельных капитальных затрат на открытую разработку $К_д$, руб/т:

четные варианты – 250;

нечетные варианты – 300;

В соответствии с вариантом (табл. 4.1) задают:

– годовой объем перевозок $A_к$, млн т/год;

– число рабочих уступов $n_р$, шт.;

– число нерабочих уступов $n_{нр}$, шт.;

– расстояние откатки по горизонтальному участку железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_о^ж$, км;

– расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_{\text{о}}^{\text{а}}$, км;

– модель автосамосвала;

– грузоподъемность автосамосвала $q_{\text{а}}$, т.

Таблица 4.1

Исходные данные к практической работе № 4
«Определение места размещения перегрузочного пункта
при автомобильно-железнодорожном транспорте»

№ задания	Объем перево-зок $A_{\text{к}}$, млн т/год	Число уступов		Расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км		Модель и грузоподъемность автосамосвала
		рабочих $n_{\text{р}}$	нерабочих $n_{\text{нр}}$	$l_{\text{о}}^{\text{ж}}$	$l_{\text{о}}^{\text{а}}$	
1	10	4	8	2,5	1,2	БелАЗ-7547 (45 т)
2						
3		6	10		1,4	
4						
5	15	4	10	4,0	0,9	БелАЗ-7540А (30 т)
6						
7		2	12		1,6	
8						
9	20	8	8	1,2	1,0	БелАЗ-7549 (80 т)
10						
11		8	10		1,5	
12						
13	25	4	4	2,0	0,8	БелАЗ-7513 (130 т)
14						
15		6	2		1,3	
16						
17	30	2	4	3,5	1,0	БелАЗ-7547 (45 т)
18						
19		6	8		0,9	
20						
21	35	4	10	5,0	1,4	БелАЗ-7549 (80 т)
22						
23		8	12		1,0	
24						
25	32	4	7	4,5	0,8	БелАЗ-7540А (30 т)

Порядок выполнения работы

1. Назначают три варианта размещения перегрузочных пункта на глубине карьера:

1) на нижнем нерабочем уступе;

2) в центре нерабочей зоны карьера;

3) на поверхности карьера (рис. 4.1).

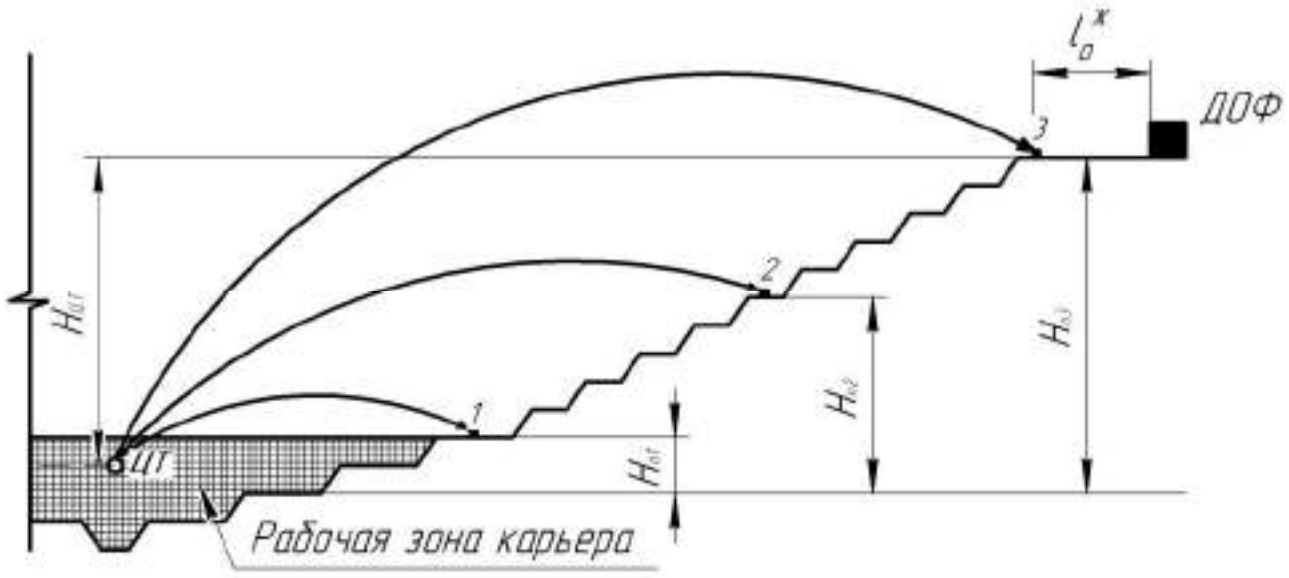


Рис. 4.1. Схема к выбору места расположения перегрузочного пункта: $H_{цт}$ – глубина центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом, м; *1*, *2*, *3* – варианты размещения перегрузочного пункта по глубине карьера; $H_{п1}$, $H_{п2}$, $H_{п3}$ – высота подъема горной массы сборочным автотранспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта, м; $l_{о}^{ж}$ – расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики

2. Определяют глубину размещения перегрузочного пункта по вариантам $H_{п.п}$, м:

$$1)\ H_{п.п\ 1} = H_{у} n_{нр}; \quad (4.1)$$

$$2)\ H_{п.п\ 2} = H_{у} n_{нр}/2; \quad (4.2)$$

$$3)\ H_{п.п\ 3} = 0. \quad (4.3)$$

3. Определяют глубину центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом $H_{ц.т}$, м:

$$H_{цт} = H_{у}\left(\frac{n_{р}}{2} + n_{нр}\right). \quad (4.4)$$

4. Рассчитывают длину откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

4.1. Руководящий уклон съездов принимают для автомобильного транспорта $i_{р}$ = 80 ‰, для железнодорожного – $i_{р}$ = 40 ‰.

4.2. Коэффициент развития трассы принимают для автомобильного транспорта $k_{р.т}$ = 1,15÷1,20, для железнодорожного транспорта $k_{р.т}$ = 1,4÷2,0.

4.3. Определяют высоту подъема горной массы различными видами транспорта $H_{п}$, м:

– для автомобильного транспорта

$$1)\ H_{п1} = H_{ц.т} - H_{п.п\ 1}; \quad (4.5)$$

$$2)\ H_{п2} = H_{ц.т} - H_{п.п\ 2}; \quad (4.6)$$

$$3)\ H_{п3} = H_{ц.т} - H_{п.п\ 3}; \quad (4.7)$$

– для железнодорожного транспорта

$$1)\ H_{п1} = H_{п.п\ 1}; \quad (4.8)$$

2) $H_{п2} = H_{п.п\,2}$; (4.9)

3) $H_{п3} = H_{п.п\,3}$. (4.10)

4.4. Рассчитывают длину подъемного участка трассы для каждого вида транспорта l_i, км:

$$l_i = (H_п / i_р) k_{р.т}, \quad (4.11)$$

где $H_п$ – высота подъема горной массы, м; $i_р$ – уклон съезда, ‰; $k_{р.т}$ – коэффициент развития трассы.

4.5. Рассчитывают общую длину откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

$$l = l_i + l_о, \quad (4.12)$$

где $l_о$ – расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км.

5. Рассчитывают себестоимость транспортирования горной массы и себестоимость открытой разработки по вариантам размещения перегрузочного пункта.

5.1. Себестоимость транспортирования автомобильным транспортом $С_а$, руб/т:

$$С_а \approx \frac{25}{A_к^{0,25}} + (l - 1)(5 + 0,06\, q_а), \quad (4.13)$$

где $A_к$ – объем перевозок, млн т/год; l – расстояние транспортирования, км; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

5.2. Себестоимость транспортирования железнодорожным транспортом $С_ж$, руб/т:

$$С_ж \approx 2 / A_к^{0,2} + 4 l^{0,7}. \quad (4.14)$$

5.3. Себестоимость транспортирования комбинированным транспортом $С_{к.т}$, руб/т:

$$С_{к.т} = С_а + С_ж. \quad (4.15)$$

5.4. Себестоимость открытой разработки $С_р$, руб/т:

$$С_р = С_{к.т} + С_д, \quad (4.16)$$

где $С_д$ – нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки, руб/т.

6. Рассчитывают удельные капитальные затраты на транспортирование горной массы и открытую разработку по вариантам размещения перегрузочного пункта.

6.1. Удельные капитальные затраты на автомобильный транспорт $К_а$, руб/т:

$$К_а = \frac{90}{A_к^{0,2}} + 12\,(l - 1). \quad (4.17)$$

6.2. Удельные капитальные затраты на железнодорожный транспорт $К_ж$, руб/т:

$$К_ж = \frac{240}{A_к^{0,5}} + \frac{30\,(l - 1)}{A_к}. \quad (4.18)$$

6.3. Удельные капитальные затраты на комбинированный транспорт $К_{кт}$, руб/т:

$$К_{к.т} = К_а + К_ж. \quad (4.19)$$

6.4. Удельные капитальные затраты на открытую разработку $К_р$, руб/т:

$$К_р = К_{к.т} + К_д, \quad (4.20)$$

где $К_д$ – нетранспортная составляющая удельных капзатрат на открытую разработку, руб/т.

7. Рассчитывают значение рентабельности капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта *R*:

$$R = (Ц_р - С_р)/К_р, \quad (4.21)$$

где $Ц_р$ – удельная ценность руды, руб/т.

Оптимальным считается вариант, соответствующий максимальному значению *R*.

8. Форма отчетности.

По результатам занятия представляют отчет, содержащий исходную информацию (табл. 4.2), расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносят в табл. 4.3.

Таблица 4.2

Исходные условия по варианту задания

Показатели	Значение
Вариант задания	
Годовой объем перевозок $A_к$, млн т/год	
Высота уступа $H_у$, м	
Число уступов, шт.: рабочих $n_р$ нерабочих $n_{нр}$	
Расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_о^ж$, км	
Расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_о^а$, км	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т	
Нетранспортная составляющая, руб/т: себестоимости разработки $С_д$ удельных капитальных затрат $К_д$	

Графическую часть представляют одним листом формата А4, содержащим схему к выбору места расположения перегрузочного пункта (см. рис. 4.1). Чертеж выполняют в стандартном масштабе, на чертеже указывают числовые значения параметров.

Таблица 4.3

Результаты расчета вариантов размещения перегрузочного пункта

Показатели	Значения по вариантам размещения перегрузочного пункта и видам транспорта					
	1		2		3	
	авто	ж.д.	авто	ж.д.	авто	ж.д.
1. Глубина размещения перегрузочного пункта $H_{п.п}$, м						
2. Глубина центра тяжести автоперевозок $Ц_{цт}$, м						

Окончание табл. 4.3

Показатели	Значения по вариантам размещения перегрузочного пункта и видам транспорта					
	1		2		3	
	авто	ж.д.	авто	ж.д.	авто	ж.д.
3. Расчетные показатели длин откатки:						
3.1. Уклон съездов $i_р$, ‰						
3.2. Коэффициент развития трассы $k_{р.т}$						
3.3. Высота подъема горной массы $H_п$, м						
3.4. Длина участка подъема, км $l_i = (H_п / i_с) k_{р.т}$						
3.5. Длина откатки по горизонтали $l_о$, км						
3.6. Общая длина откатки $l = l_i + l_о$, км						
4. Себестоимость, руб/т:						
4.1. Звеньев транспорта $С_а$, $С_ж$						
4.2. Комбинированного транспорта $С_{к.т} = С_а + С_ж$						
4.3. Разработки $С_р = С_{к.т} + С_д$						
5. Удельные капитальные затраты, руб/т:						
5.1. Звеньев транспорта $К_а$, $К_ж$						
5.2. Комбинированного транспорта $К_{к.т} = К_а + К_ж$						
5.3. Разработки $К_р = К_{к.т} + К_д$						
6. Критерий $(Ц_р - С_р)/К_р$						

Принят вариант размещения перегрузочного пункта № _____.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.

2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного железнодорожного транспорта.

3. Назовите предпочтительную область применения комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта в карьерах.

4. Перечислите достоинства и недостатки комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта.

5. Какие конструкции перегрузочных пунктов применяют при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте? Перечислите их достоинства и недостатки.

6. Из каких затрат складывается себестоимость транспортирования горной массы автомобильным и железнодорожным транспортом?

7. Как определяют шаг переноса перегрузочного пункта по высоте?

8. От каких факторов зависит продолжительность работы перегрузочного пункта на одном месте?

9. Как рассчитывают рентабельность капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ И ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель работы: освоить методику расчета пропускной и провозной способности карьерных железных дорог.

Задачи работы:

1. Расчет пропускной и провозной способности раздельных пунктов.
2. Расчет пропускной и провозной способности перегонов.
3. Расчет пропускной и провозной способности железной дороги, состоящий из трех раздельных пунктов и двух перегонов.
4. Оценка соответствия пропускной и провозной способности дороги расчетному сменному грузообороту и внесение изменений в её конструкцию.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 261-267; 2, с. 82-83] изучить основные технологические параметры и условия применения карьерного железнодорожного транспорта, а также методику расчета пропускной и провозной способности железных дорог.

Исходные условия

Общие условия:

- одиночная электровозная тяга;
- модель думпкара 2ВС-105;
- длина локомотива $l_л = 21{,}3$ м;
- длина вагона $l_в = 15{,}0$ м;
- продолжительность смены $T_{см}$, ч:
  - четные варианты – 8;
  - нечетные варианты – 12;
- коэффициент использования сменного времени $k_и = 0{,}90 \div 0{,}92$;
- коэффициент неравномерного движения поездов $k_{н.д} = 1{,}4 \div 1{,}5$;
- коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х = 0{,}8$.

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) задают:

- масса поезда нетто $Q_п$, т;
- сменный грузооборот $Г_р$, тыс. т/смену;
- число путей на каждом раздельном пункте и перегоне $n_п$, шт.;
- длина перегона $l_{пер}$, км;
- скорость поезда на перегоне v_i, км/ч;
- система СЦБ на перегоне (п/а, а-2, а-3).

Таблица 5.1

Исходные данные к практической работе № 5

«Расчет пропускной и провозной способности железных дорог»

№ задания	Полезная масса поезда $Q_п$, т	$Г_р$, тыс. т/смену	Число путей на раздельных пунктах $n_п$			Параметры перегона 1				Параметры перегона 2			
			РП 1	РП 2	РП 3	число путей $n_п$	$l_{пер}$, км	v, км/ч	СЦБ	число путей $n_п$	$L_{пер}$, км	v_i, км/ч	СЦБ
1	420	6,0	3	3	4	1	2,4	24	Полуавтоматическая блокировка	2	2,6	20	а-3
2			4	2	3	2					1,8		п/а
3			5	2	3	1		18			2,0	30	а-3
4			4	4	3	2					1,6		п/а
5	525	7,5	4	5	3	1	3,2	32		2	2,0	24	а-3
6						2					3,2		п/а
7						1		16			4,0	28	а-3
8						2					2,8		п/а
9	630	6,5	3	3	4	1	1,8	30		2	3,0	24	а-3
10													
11			5	3	4			18				27	
12													
13	630	6,0	3	5	4	2	2,0	24		2	2,4	36	а-2
14													
15			5	3	4			30				24	
16													
17	525	8,0	4	5	3	1	1,2	18		2	5,0	30	а-3
18													
19				4	3			28				24	
20													
21	420	10,0	5	3	4	2	2,8	20		2	3,2	30	а-2
22													
23			4	3	5			24				32	
24													
25		9,0	5	3	4	2	3,0	30		2	3,5	32	а-3

Примечание. п/а – полуавтоматическая блокировка; а-3 – автоблокировка с 3-цветным светофором; а -2 – автоблокировка с 2-цветным светофором.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с исходными данными и вариантом задания заполняют табл. 5.2.

Таблица 5.2

Параметры элементов трассы

Параметры	Перегоны		Раздельные пункты РП		
	1	2	1	2	3
Число путей $n_п$, шт.		2			
Длина $L_{пер}$, км			•	•	•
Скорость движения v, км/ч			•	•	•
Способ СЦБ	п/авт		•	•	•

Расчеты производят на основании расчетной схемы трассы (рис. 5.1).

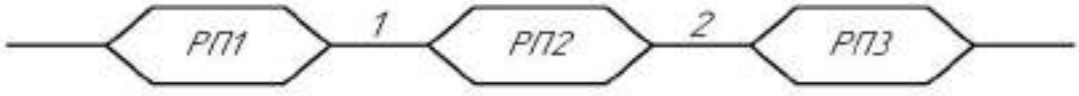


Рис. 5.1. Расчетная схема трассы:
РП1, РП2,РП3 – раздельные пункты; 1, 2 – перегоны

2. Рассчитывают пропускную способность раздельных пунктов (РП). Пропускная способность раздельных пунктов и железнодорожных станций определяют в зависимости от числа путей на раздельном пункте (станции) ($n_{\text{п}}$) в парах поездов (п.п.), пропускаемых за 8-часовую смену (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Пропускная способность раздельных пунктов $P_{\text{р}}$

Число путей $n_{\text{п}}$, шт.	2	3	4	5	6 и более
$P_{\text{р}}$, п.п. за 8-часовую смену	10-12	13-18	19-24	25-36	37-48

$$P_{\text{р}} = f(n_{\text{п}}), \tag{5.1}$$

где $P_{\text{р}}$ – пропускная способность раздельного пункта, п.п./смену; $n_{\text{п}}$ – число путей на раздельном пункте, шт.

Если $T_{\text{см}} \neq 8$ ч, то пропускную способность $\left(P'_{\text{р}}\right)$ определяют по формуле

$$P'_{\text{р}} = \frac{P_{\text{р}} T_{\text{см}}}{8}, \tag{5.2}$$

где $P_{\text{р}}$ – пропускная способность раздельного пункта, определенная по табл. 5.3, п.п./смену; $T_{\text{см}}$ – фактическая продолжительность рабочей смены, ч.

3. Рассчитывают провозную способность раздельных пунктов $П_{\text{р}}$, т/смену:

$$П_{\text{р}} = P_{\text{р}} Q_{\text{п}} \cdot 10^{-3}, \tag{5.3}$$

где $P_{\text{р}}$ – пропускная способность, п.п./смену; $Q_{\text{п}}$ – полезная масса поезда (масса поезда нетто), т.

4. Рассчитывают пропускную и провозную способность перегонов.

4.1. Перегон 1.

Пропускная способность $P_{\text{п}}$, п.п./смену:

$$P_{\text{п}} = \frac{T_{\text{см}} k_{\text{и}} k_{\text{х}}}{k_{\text{н.д}} T_{\text{и}}}, \tag{5.4}$$

где $T_{\text{п.см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени; $k_{\text{х}}$ – коэффициент пропуска хозяйственных поездов; $k_{\text{н.д}}$ – коэффициент неравномерности движения поездов; $T_{\text{и}}$ – время интервала между поездами, ч.

Если на перегоне 1 путь, время интервала $T_{\text{и}}$, ч:

$$T_{\text{и}} = 2L_{\text{пер}} / v_i + \tau, \tag{5.5}$$

где $L_{\text{пер}}$ – длина перегона, км; v – скорость, км/ч; τ – время на поездную связь, ч.

Если на перегоне 2 пути, время интервала $T_и$, ч:

$$T_и = L_{пер} / v + \tau . \quad (5.6)$$

На перегоне полуавтоматическая блокировка (п/а), поэтому время на поездную связь (τ) составляет:

τ = 6' – 8' (0,10 – 0,13 ч) – 1 путь;

τ = 2' – 3' (0,03 – 0,05 ч) – 2 пути.

Провозная способность перегона $П_п$, тыс. т/смену:

$$П_п = P_п Q_п \cdot 10^{-3}, \quad (5.7)$$

где $P_п$ – пропускная способность перегона, п.п./смену; $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2. Перегон 2 (на перегоне 2 пути).

4.2.1. При полуавтоматической блокировке расчет производят так же, как в п. 4.1.

4.2.2. При автоблокировке с 2-цветным светофором расчет пропускной способности производят по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяют:

$$T_и = \frac{L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}, \quad (5.8)$$

где $L_б$ – длина блок-участка, м ($L_б$ = 300÷400 м); $L_п$ – длина поезда, м; v – скорость движения поезда, км/ч.

Длина поезда $L_п$, м:

$$L_п = n_в l_в + l_л, \quad (5.9)$$

где $l_в$ – длина вагона, м; $l_л$ – длина локомотива $n_в$ – количество вагонов в составе, шт.

$$n_в = Q_п/105, \quad (5.10)$$

где $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2.3. При автоблокировке с 3-цветной сигнализацией расчет пропускной способности производят по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяют:

$$T_и = \frac{2L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}. \quad (5.11)$$

Провозная способность перегона 2 рассчитывают по выражению (5.7).

5. Определяют пропускную и провозную способность железной дороги, которая лимитируется элементом с минимальной пропускной (провозной) способностью ($P_д$, п.п./смену и $П_д$, тыс. т/смену).

6. Производят сравнение расчетной провозной способностью дороги ($П_д$, тыс. т/смену) с заданным сменным грузооборотом ($Г_р$, тыс. т/смену).

Если $П_д \geq Г_р$, то делают вывод о достаточности провозной способности, расчеты завершаются, а результаты заносятся в табл. 5.4.

Если $П_д < Г_р$, то делают вывод о недостаточности провозной способности.

В этом случае в конструкцию дороги вводят изменения и добиваются, чтобы $П_д \geq Г_р$. Разрешается менять количество путей ($n_п$) и способ СЦБ.

Изменения заносят в табл. 5.5.

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляют отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносят в табл. 5.4 и 5.5.

Графическую часть представляют расчетной схемой трассы (см. рис. 5.1).

Таблица 5.4

Расчетные показатели пропускной и провозной способности железной дороги

Показатели	Значения
Пропускная способность раздельных пунктов $P_р$, п.п./смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Провозная способность раздельных пунктов $П_р$, тыс. т в смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Показатели режима движения: длительность смены $T_{см}$, ч коэффициент неравномерности движения $k_{н.д}$ коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х$ коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Параметры пропускной способности перегона 1: время на поездную связь τ, ч пропускная способность $P_{п1}$, п.п./смену провозная способность $П_{п1}$, тыс. т/смену	
Параметры пропускной способности перегона 2: время на поездную связь τ, ч длина блок-участка $L_б$, м длина поезда $L_п$, м пропускная способность $P_{п2}$, п.п./смену провозная способность $П_{п2}$, тыс. т/смену	
Расчетная пропускная способность дороги $P_д$, п.п./смену	
Провозная способность дороги $П_д$, тыс. т/смену	
Достаточность провозной способности (да, нет)	
Окончательная провозная способность $П_д$, тыс. т/смену	

Таблица 5.5

Изменения в конструкции железной дороги

Элемент дороги (раздельный пункт или перегон)	Суть изменения	Расчетное значение параметра		Полученные значения после изменения конструкции	
		P, п.п./смену	П, тыс. т/смену	P, п.п./смену	П, тыс. т/смену

Контрольные вопросы и задания

1. Из каких элементов состоит трасса карьерного железнодорожного транспорта?
2. Чем лимитируется пропускная (провозная) способность всей сети железнодорожных путей в карьере?
3. Как в практических расчетах определяют пропускную способность раздельных пунктов и станций?
4. В каких единицах оценивают пропускную и провозную способность железных дорог?
5. Как рассчитывают и от каких факторов зависит пропускная способность перегонов?
6. Как рассчитывают время интервала между поездами на однопутном и двухпутном перегоне?
7. Как рассчитывают время интервала между поездами на перегоне при автоблокировке с 2-цветным и 3-цветиным светофором?
8. Какие системы СЦБ применяют на железнодорожном транспорте в карьерах?
9. Какие дополнительные факторы учитывают при расчете фактической пропускной способности железных дорог?
10. Перечислите способы увеличения пропускной и провозной способности раздельных пунктов и перегонов.

Список использованной литературы

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – 7-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело).

2. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Перемещение и складирование горных пород: учеб. пособие. – М.: Горная книга, 2013. – 221 с., илл. (Процессы открытых горных работ).

3. Смирнов В. П., Лель Ю. И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 355 с.

4. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.

5. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. - М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., илл.

6. Галкин В. И., Шешко Е. Е. Транспортные машины: учебник для вузов. – М.: Горная книга, 2010. – 588 с.: илл.

7. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд. РАН, 1989. – 240 с.

Содержание

Введение ……. 3

Практическая работа № 1. Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов ……..... 4

Практическая работа № 2. Энергетическая оценка карьерного автотранспорта ……..……...…..... 14

Практическая работа № 3. Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности …….…..... 20

Практическая работа № 4. Определение места размещения перегрузочного пункта при автомобильно-железнодорожном транспорте…. 29

Практическая работа № 5. Расчет пропускной и провозной способности карьерных железных дорог ……..... 35

Список использованной литературы …… 41

Учебное издание

Юрий Иванович Лель
Юрий Владимирович Стенин
Игорь Андреевич Глебов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Карьерный транспорт

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Корректура *Крестьяниновой И. А.*

Подписано в печать 27.09.2019 г.
Бумага офсетная. Формат 60 × $84^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,63. Уч.-изд. л. 2,89. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Профиль (направленность)

Открытые горные работы

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. 58
Задача 8. ТРАНСФОРМАТОРЫ 59
Задача 9. АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ 60
Задача 10. ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ 64

ВВДЕНИЕ

Дисциплина «Эектротехника» 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.

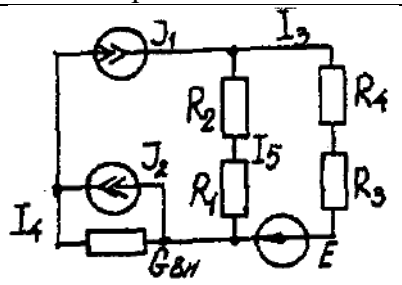
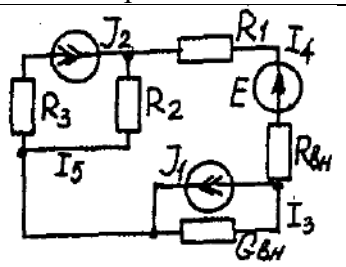
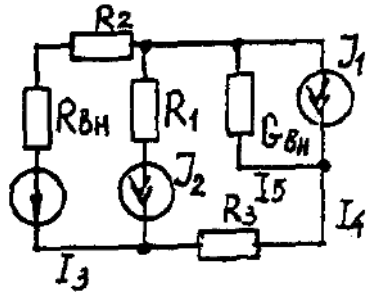
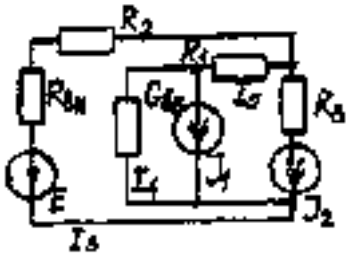
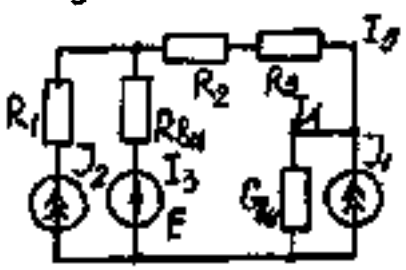
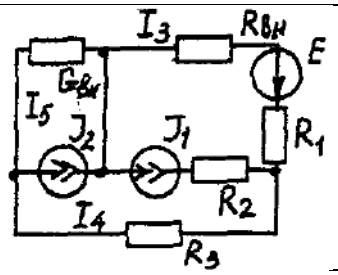
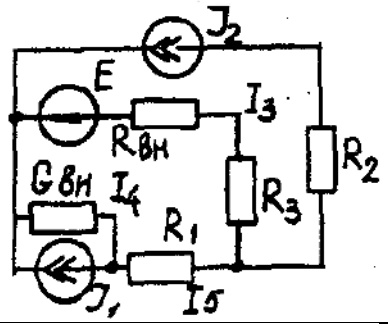
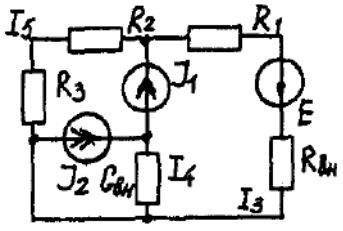
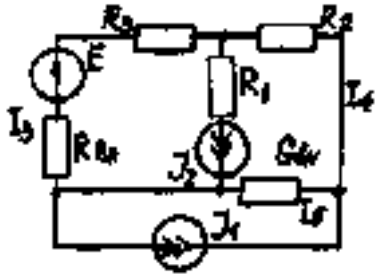
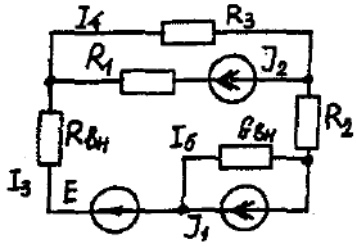
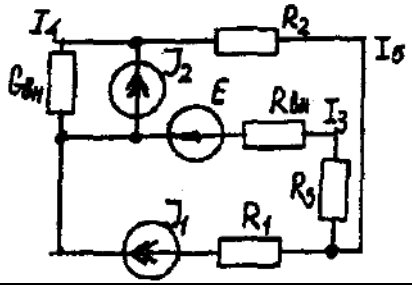
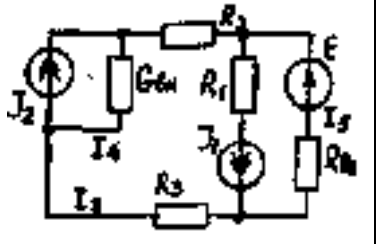
8. Решения задач сопровождают краткими пояснениями.

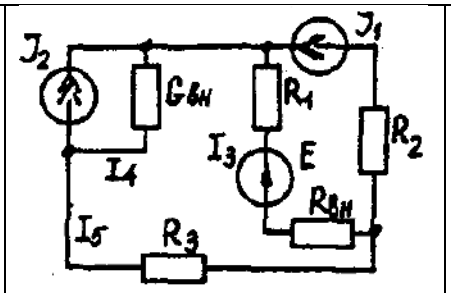
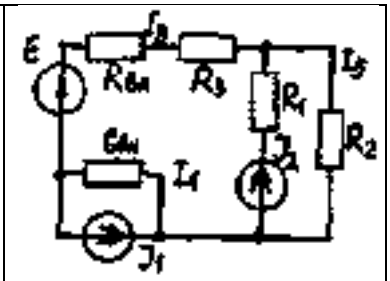
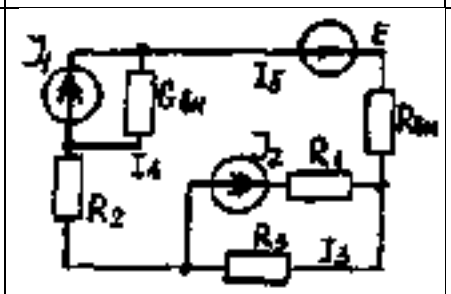
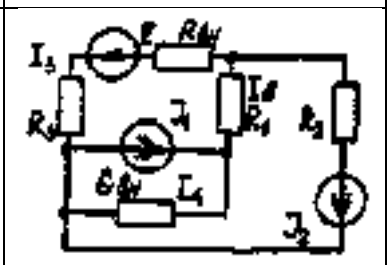
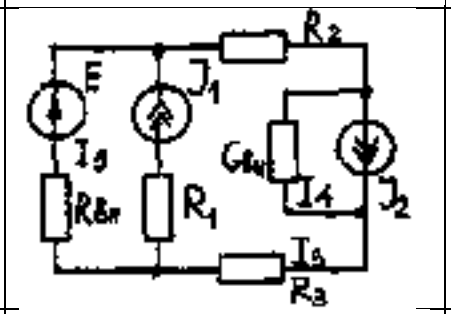
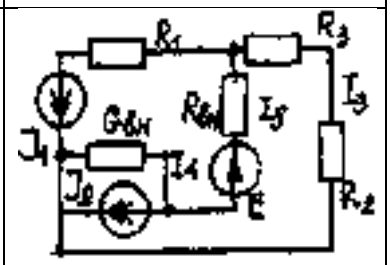
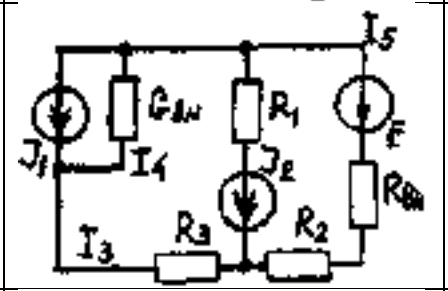
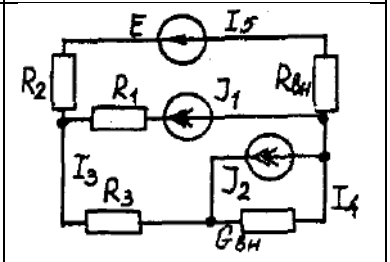
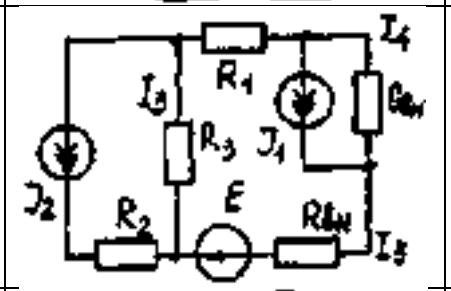
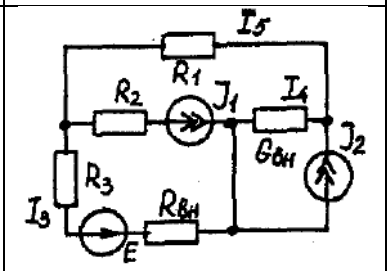
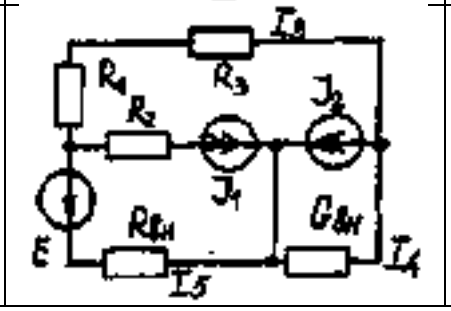
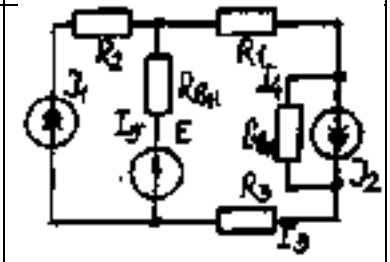
9. Контрольные задания представляются для проверки до начала соответствующей лабораторно-экзаменационной сессии.

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).

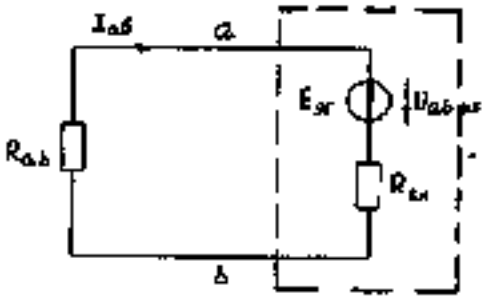


Рис. 1.1. К методу эквивалентного генератора

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.

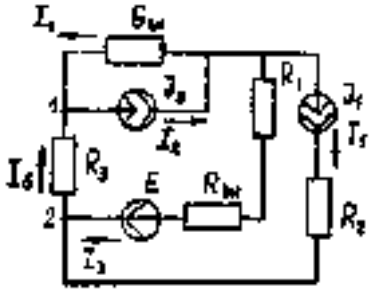


Рис. 1.2. Схема заданной электрической цепи

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.

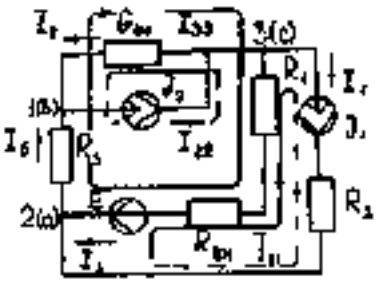


Рис. 1.3. Схема электрической цепи для метода контурных токов

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 (φ_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 φ_1= -3 В ; φ_2 = 29,5 В.

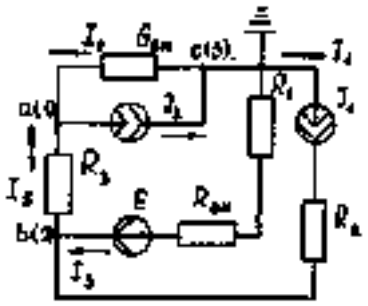


Рис. 1.4. Схема электрической цепи для метода узловых потенциалов

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;

$I_4 = (\varphi_3 - \varphi_1)\text{-}G_{ВН} = (0 + 3)*0{,}5 = 1{,}5$ А;

$I_5 = (\varphi_1 - \varphi_2) \bullet 1/R_3 = (-3 - 29{,}5)*1/5 = -6{,}5$ 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. *(Е)* 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.

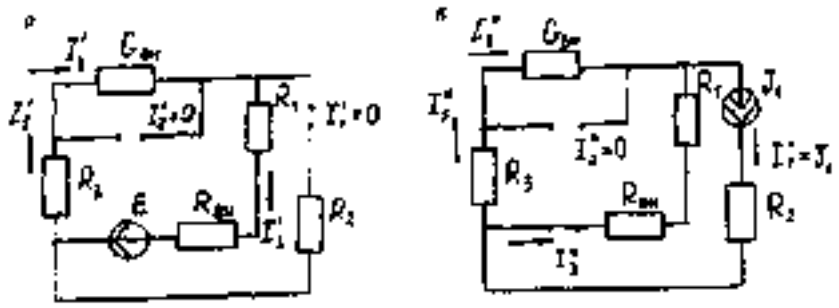


Рис. 1.5. Схема электрической цепи для метода наложения при исключении источника тока (а) и вызванные источником тока *(б)*

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

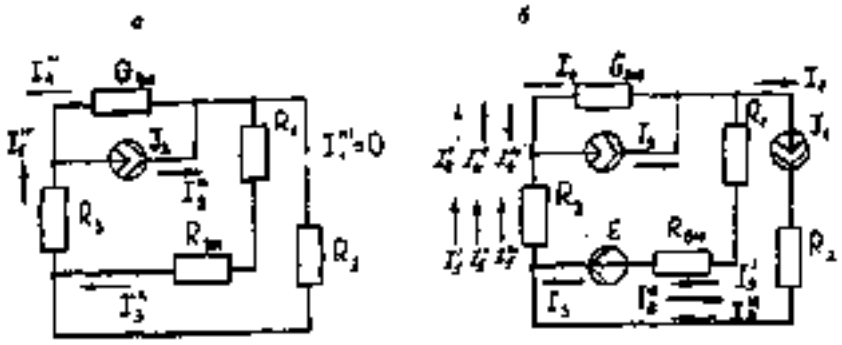


Рис. 1.6. Схема электрической цепи для определения составляющих токов в ветвях, вызванных источником тока (а) и при исключении (б)

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.*

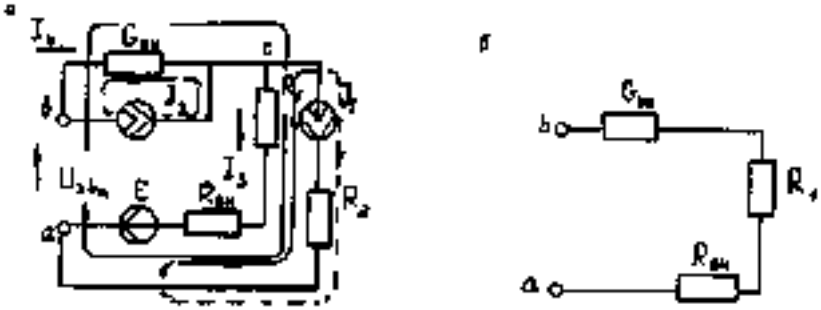


Рис. 1.7. Схема электрической цепи для метода эквивалентного генератора: *а* - исходная; *б* – преобразованная

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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t), f = 50 Гц, \psi_1 = 0$

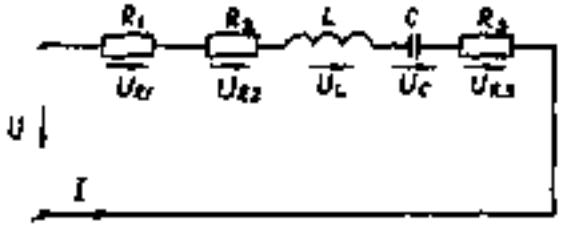


Рис. 2.1. Неразветвленная электрическая цепь

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 ψ_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.

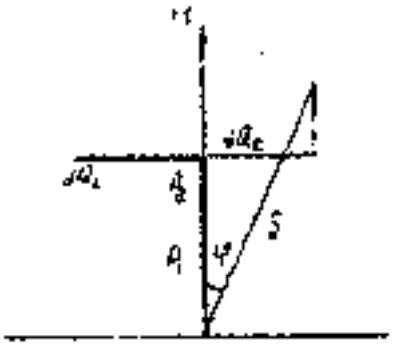


Рис. 2.1,с

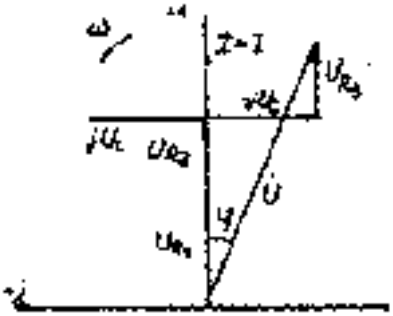


Рис. 2.1,в

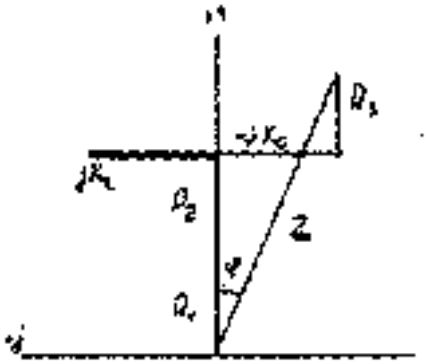


Рис. 2.1,а

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 $i = \int(\omega t), u = \int(\omega t),\ f = 50Гц, \psi_1 = 0$

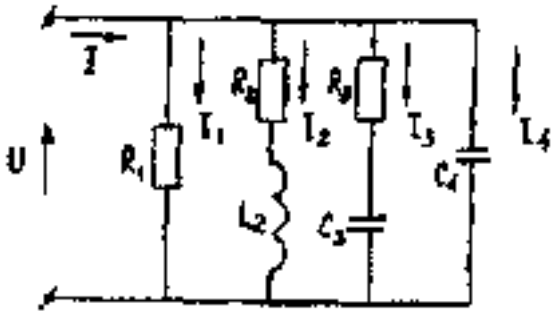


Рис. 2.2. Разветвленная электрическая цепь

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.

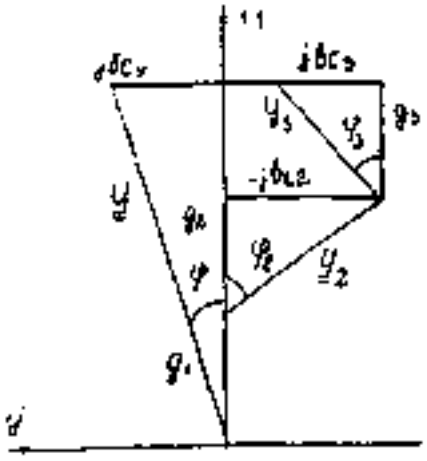


Рис. 2.2.а

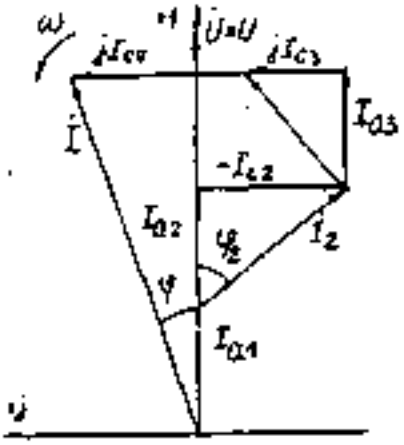


Рис. 2.2.в

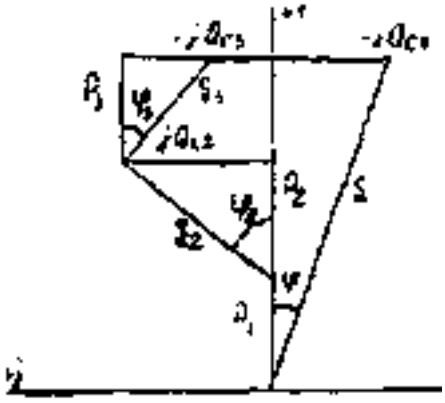


Рис. 2.2.с

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.

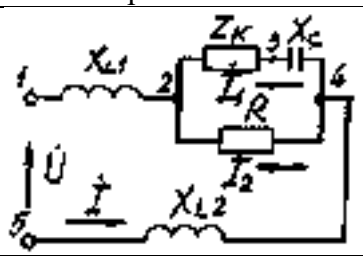
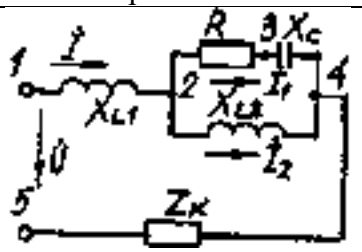
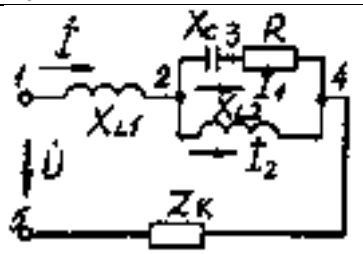
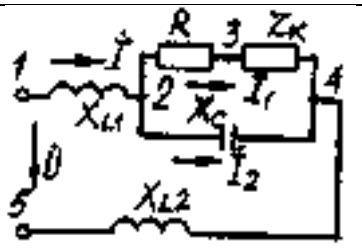
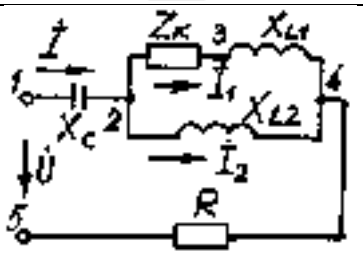
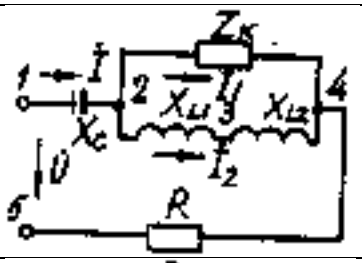
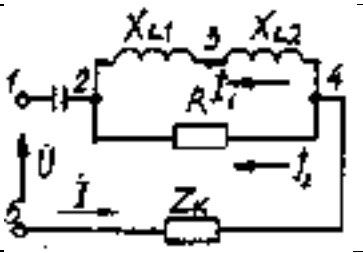
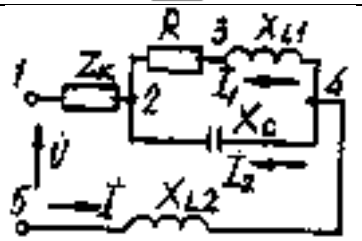
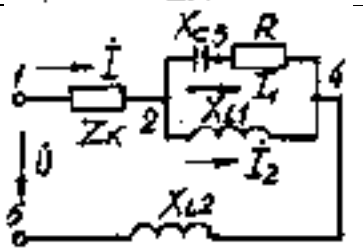
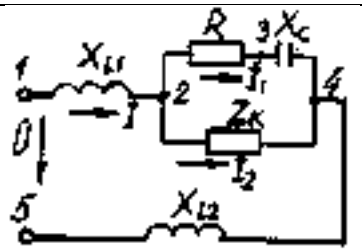
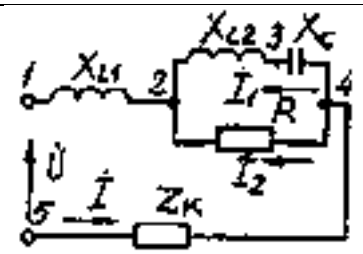
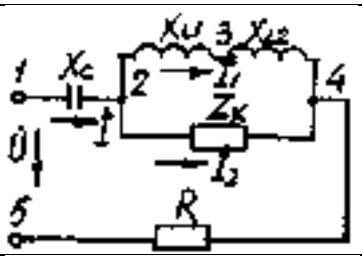
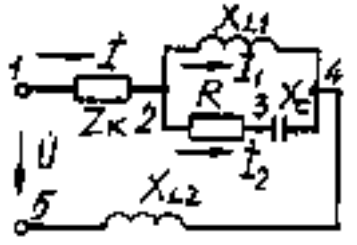
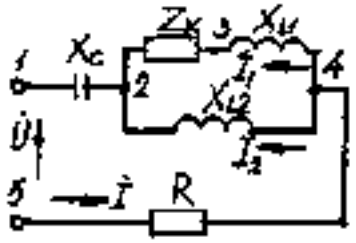
Методические указания.

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	

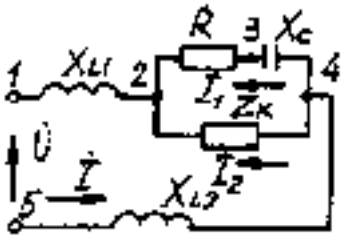
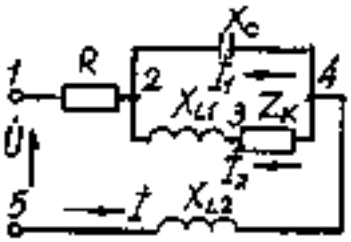
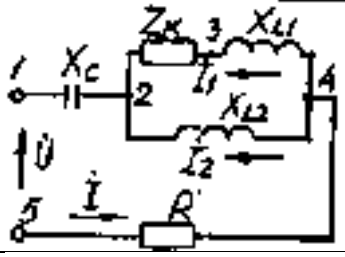
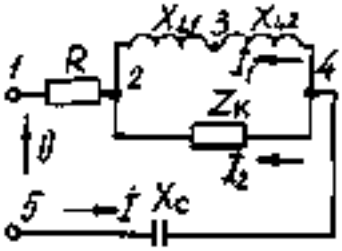
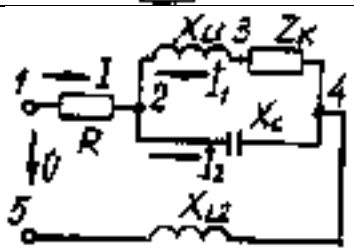
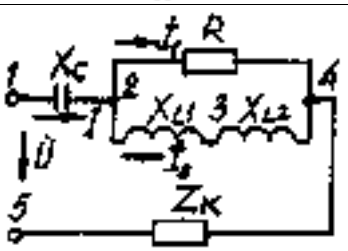
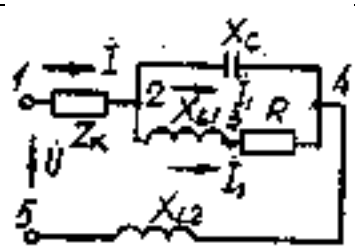
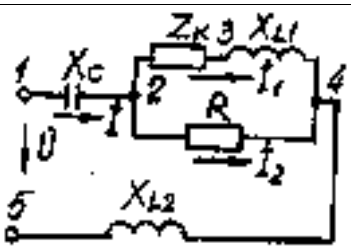
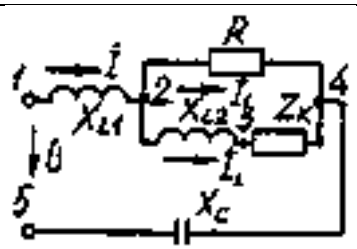
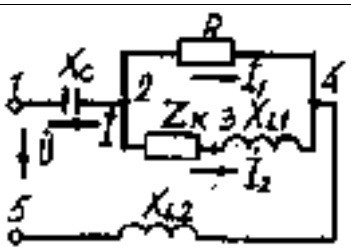
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

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.

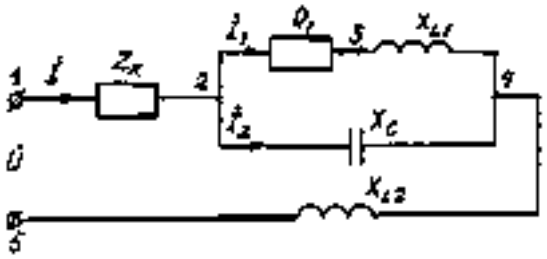


Рис. 2.3. Схема электрической цепи

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).

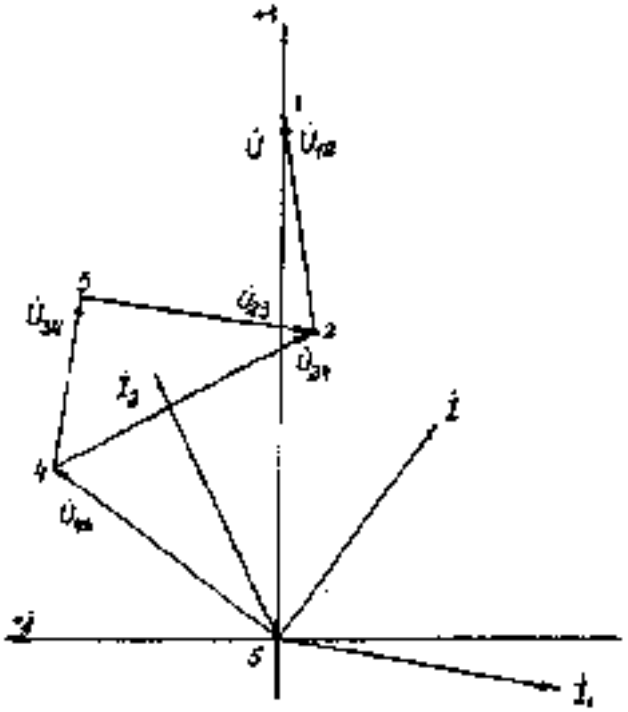


Рис. 2.4. Векторная диаграмма токов и напряжений

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			Сопротивление 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.

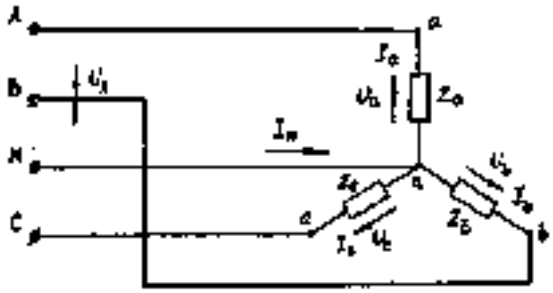


Рис. 3.1. Соединение фаз приемника звездой

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.

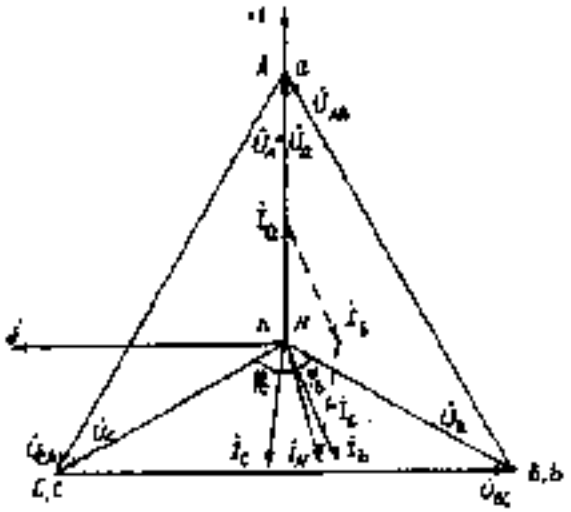


Рис. 3.2. Векторная диаграмма напряжений и токов

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°/0,1154e^{j5°=99e^{-j170° = (-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.

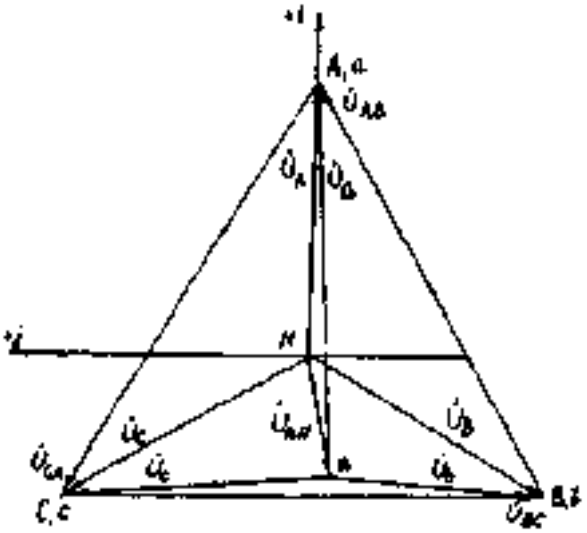


Рис. 3.3. Векторная диаграмма напряжений генератора и нагрузки

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.

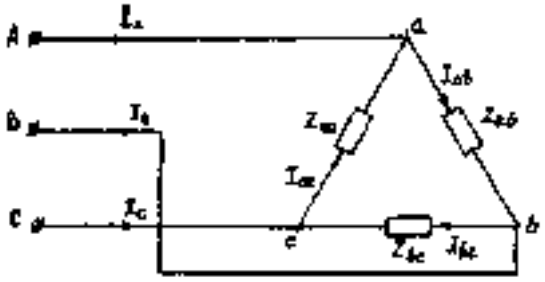


Рис. 3.4. Соединение фаз приемника треугольником

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

$$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\dot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})$$

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:

$P^{(3)} = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca} = Re(\mathring{U}_{ab}\ddot{I}_{ab})+Re(\mathring{U}_{bc}\ddot{I}_{bc})+Re(\mathring{U}_{ca}\ddot{I}_{ca})=Re(380\cdot17,3)+Re(380e^{-j120°}\cdot19e^{j157°})+Re(380e^{j120°}\cdot19e^{-j157°})=6600+5776+5776=18152.$

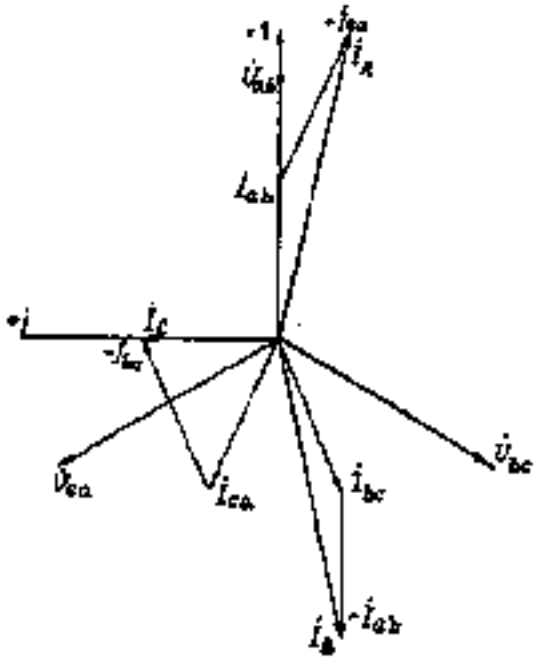


Рис. 3.5. Векторная диаграмма напряжений и токов

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	О,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 $Z_{Л2}$.

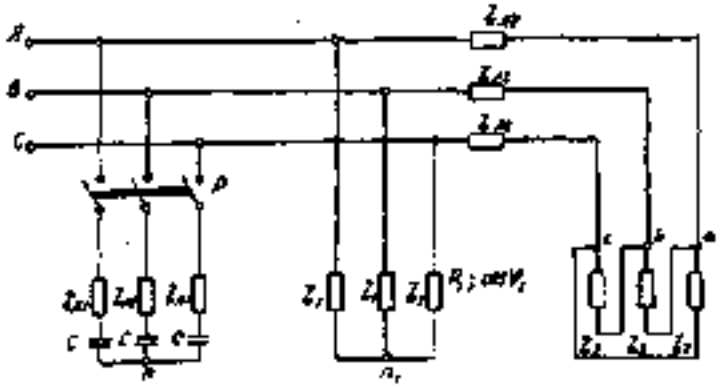


Рис. 4.1. Электрическая схема трехфазных потребителей

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 φ_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

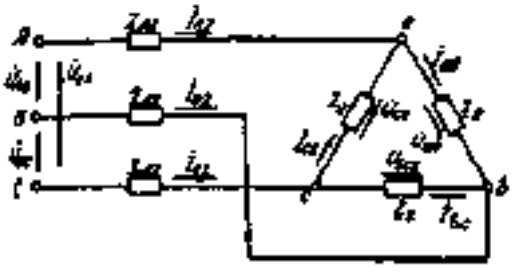


Рис. 4.2. Треугольник сопротивлений второго приемника

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).

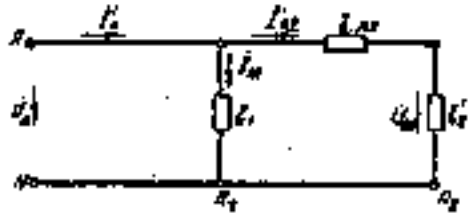


Рис. 4.3. Расчетная схема токов в фазе А

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).

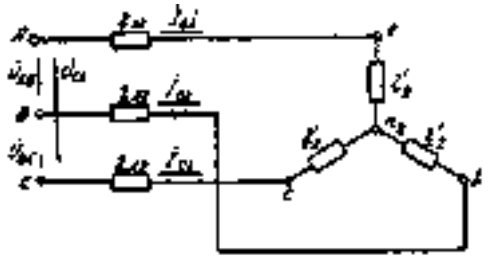


Рис. 4.4. Эквивалентная звезда второго приемника

Фазные напряжения эквивалентной звезды, В:

$\dot{U}_{a2}=\dot{U}_A-\dot{I}_{A2}\cdot\underline{Z}_{л2}=127\text{-}21{,}52e^{-j41°48'}\cdot 2{,}13e^{j48°49'}=81{,}59-j5{,}58=81{,}78e^{-j3°55'};$

$\dot{U}_{b2}=81{,}78e^{-j123°55'};$

$\dot{U}_{c2}=81{,}78e^{j116°05'}.$

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:

$$\dot{I}_{ab}=\frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{z}_2}=\frac{141{,}85e^{j116°05'}}{9+j7}=\frac{141{,}85e^{j116°05'}}{11{,}4e^{j37°52'}}=12{,}42e^{-j11°47'};$$

$$\dot{I}_{bc}=12{,}42e^{-j131°47'};$$

$$\dot{I}_{ca}=12{,}42e^{-j108°13'}.$$

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 значение 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:

$\underline{Z}=\underline{Z}_{л1}-jX_C = 1{,}7 - j4{,}41 = 4{,}73e^{-j68°55'}$.

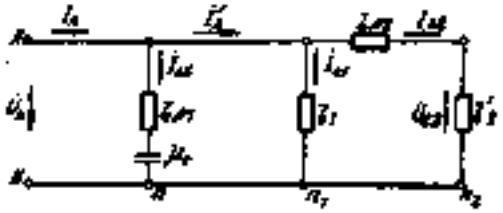


Рис. 4.5. Расчетная схема токов в фазе А с учетом батареи конденсаторов

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).

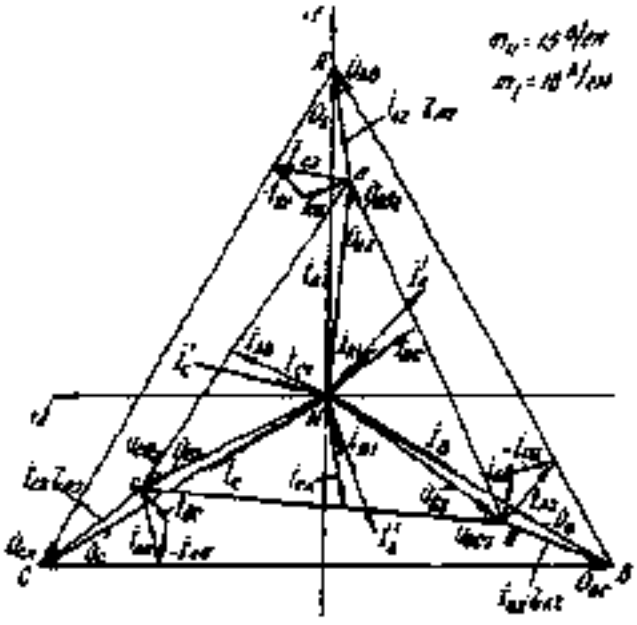


Рис. 4.6. Векторная диаграмма

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 $u_L = L\, di/dt$, $i = C du_c/dt$.

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

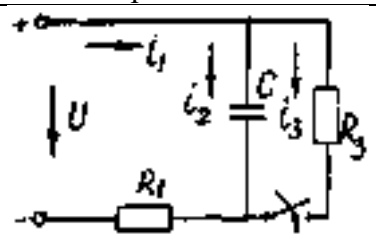
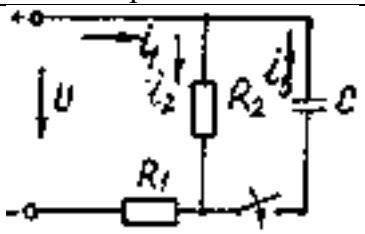
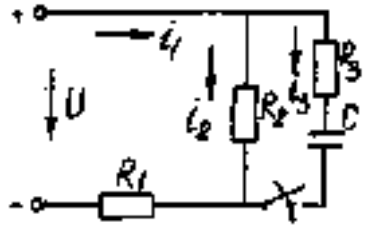
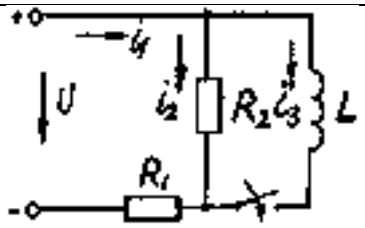
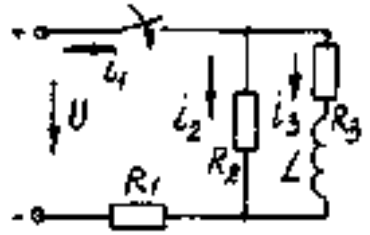
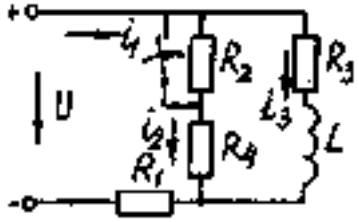
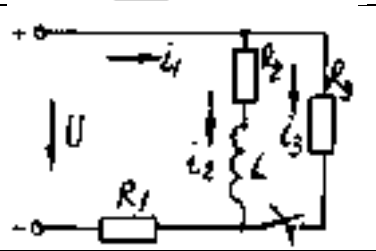
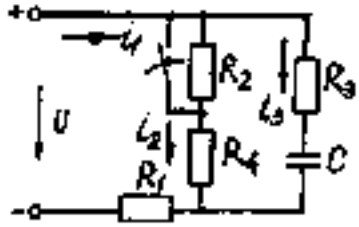
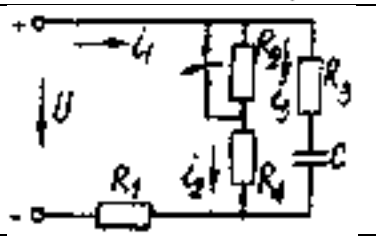
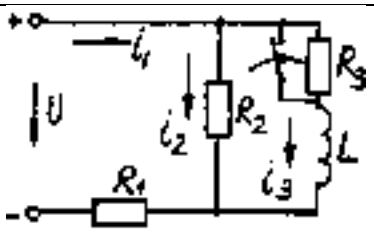
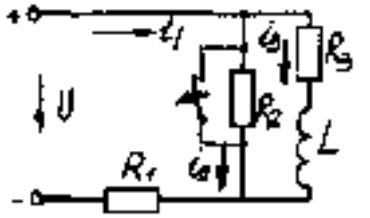
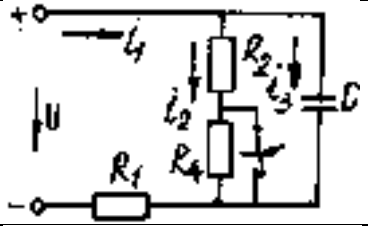
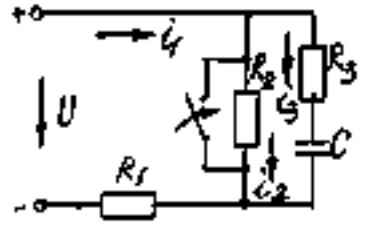
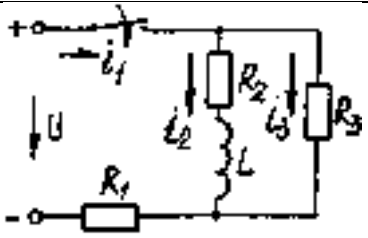
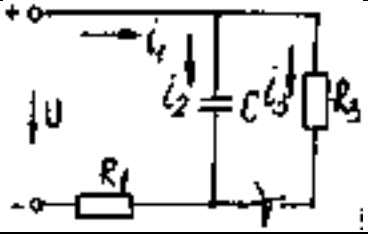
$$Ae^{pt}$$

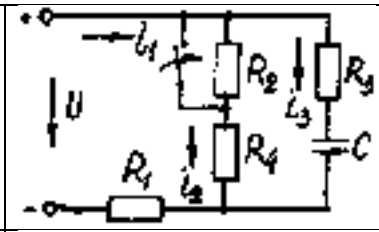
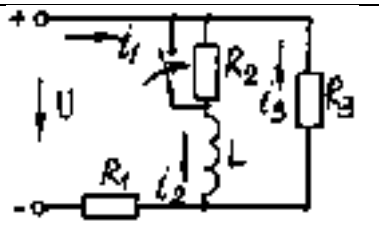
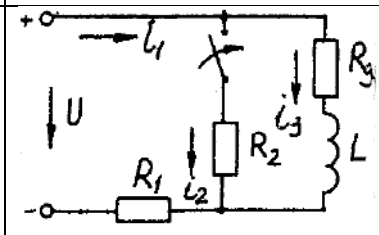
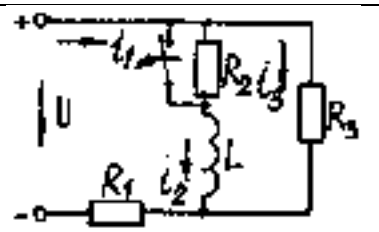
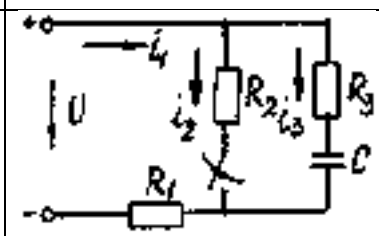
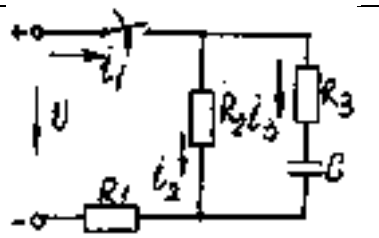
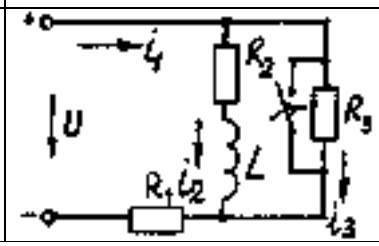
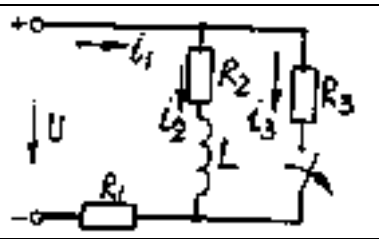
где A - постоянная интегрирования; p - корень характеристического уравнения.

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.

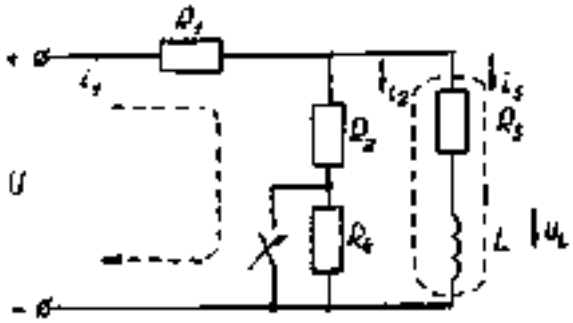


Рис. 5.1. Схема электрической цепи

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; τ - постоянная времени электрической цепи, τ = 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

$$i_3\,(t)= 1,33 + 0,27\, e^{-150t};$$
$$u_L(t)=Ldi_3/dt= 0,25\text{-}0,27(\text{-}150)\, e^{-150t} =\text{-}10\, e^{-150t};$$
$$u_2(t) = [u_3(t)R_3+ u_L(t)]/R_2 = 1,33 - 0,13\, e^{-150t};$$
$$i_1(t) = i_2(t) + i_3(t) = 2,66 + 0,14\, e^{-150t}.$$

Решение операторным методом.

На рис. 5.2 представлена операторная схема замещения цепи (см. рис. 5.1).

Составляется система уравнений в изображениях (в операторной форме)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + I_3(p); \\ I_1(p)R_1 + I_2(p)R_2 = U/p; \\ I_2(p)R_2 - L[pI_3(p) - i_3(0)] - I_3(p)R_3 = 0. \end{cases} \quad (5.10)$$

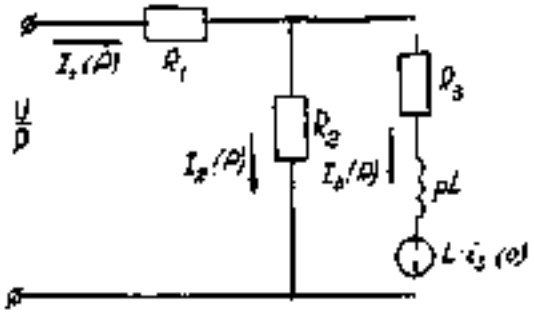


Рис. 5.2. Операторная схема замещения электрической цепи

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.

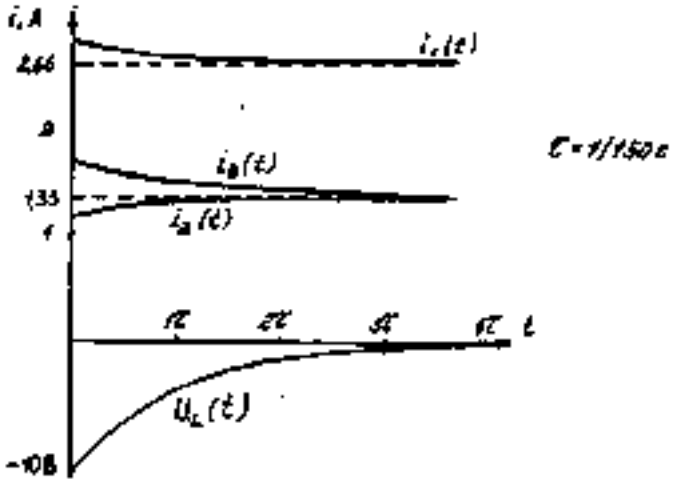


Рис. 5.3. Временные диаграммы токов и напряжения иа индуктивности

Пример расчета цепи содержащей емкость (рис. 5.4).

Исходные данные: U = 100 В; $R_1 = R_2 = R_3$ = 50 Ом; С = 100 мкФ.

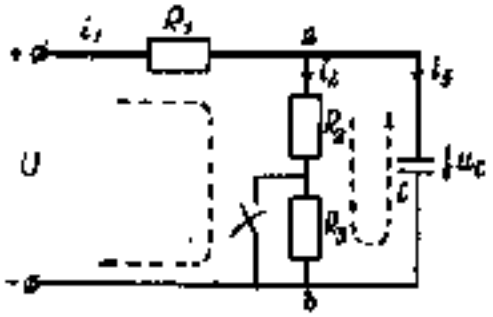


Рис. 5.4. Схема электрической цепи

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; τ - 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.

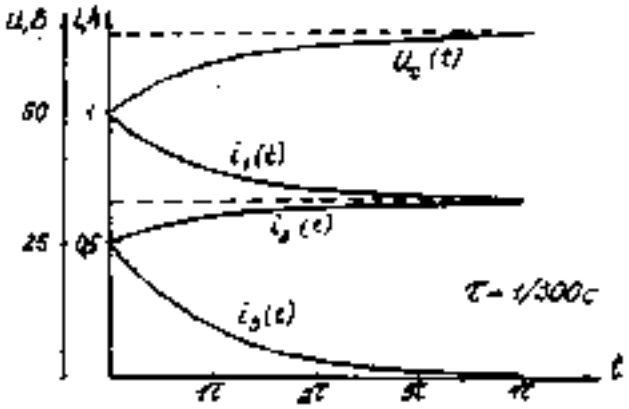


Рис. 5.5. Временные диаграммы токов и напряжения на емкости

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)

$$\begin{cases} I_1(p) = I_2(p) + 100 \cdot 10^{-6}[pU_C(p) - u_C(0)]; \\ I_1(p)50 + [I_2(p)(50+50)] = \frac{100}{p}; \\ [I_2(p)(50+50)] - U_C(p) = 0. \end{cases} \quad (5.17)$$

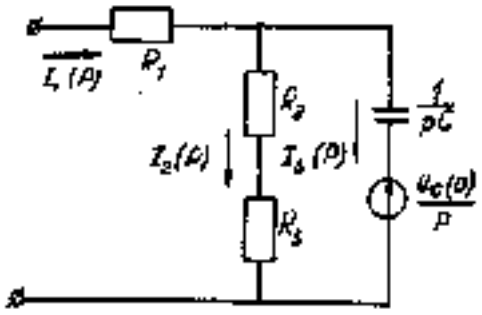


Рис. 5.6. Операторная схема замещения электрической цепи

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.

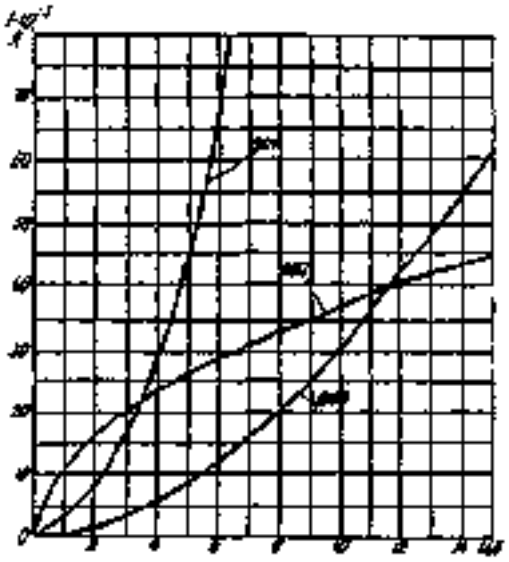


Рис. 6.1. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

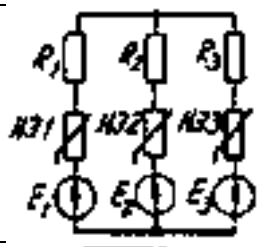
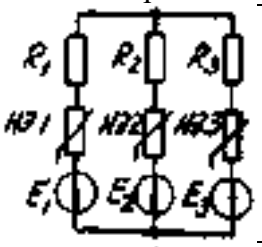
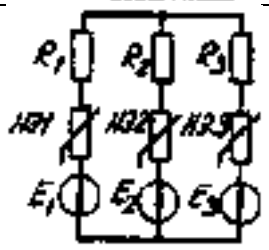
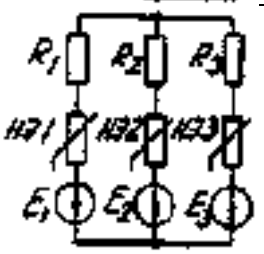
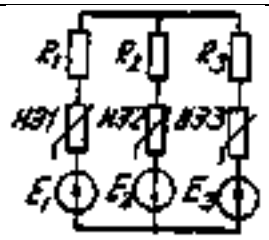
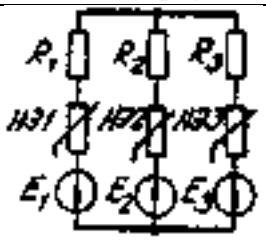
Методические указания.

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	

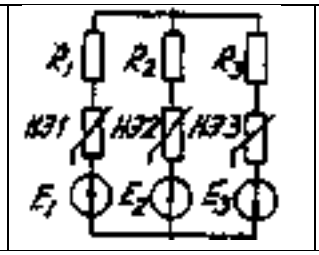
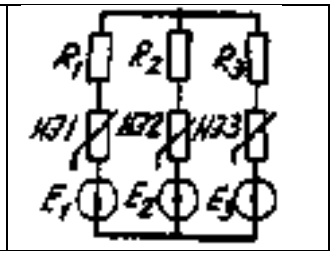
4		8	

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.

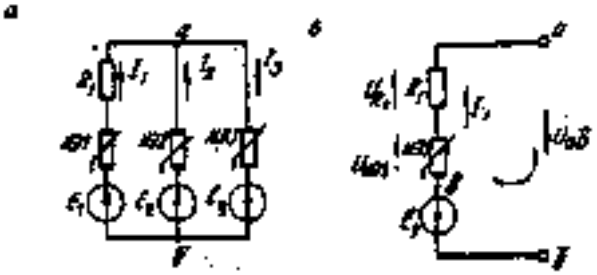


Рис. 6.2. Заданная *(а)* и расчетная (б) электрические схемы

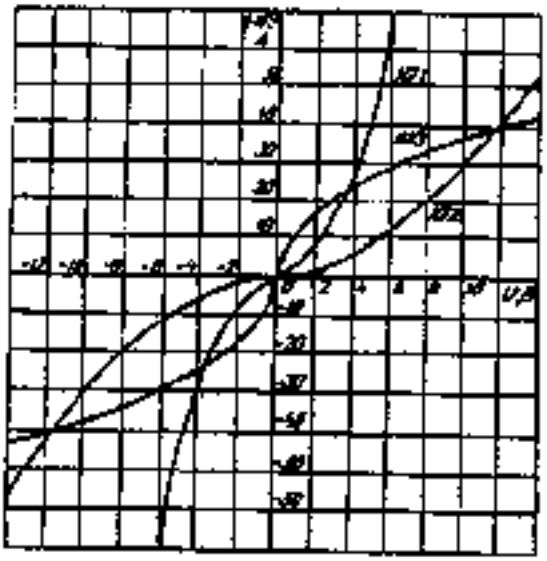


Рис. 6.3. Вольт-амперные характеристики нелинейных элементов

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 $I_1=f(U_{аб})$.

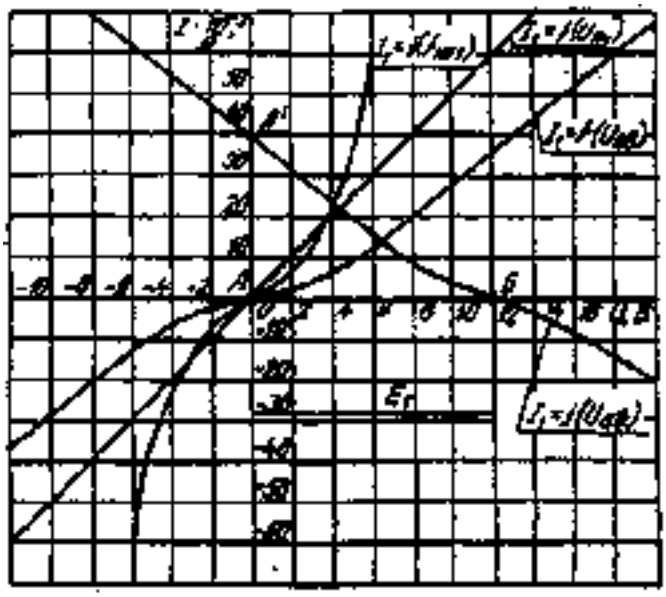


Рис. 6.4. Вольт-амперные характеристики первого нелинейного элемента

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

$$I_1 = 15 \cdot 10^{-3};$$
$$I_2 = 5 \cdot 10^{-3};$$
$$I_3 = -20 \cdot 10^{-3}.w$$

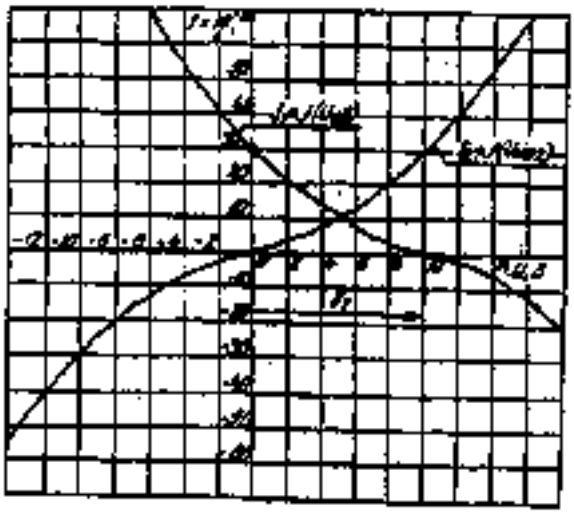


Рис. 6.5. Вольт-амперные характеристики второго нелинейного элемента

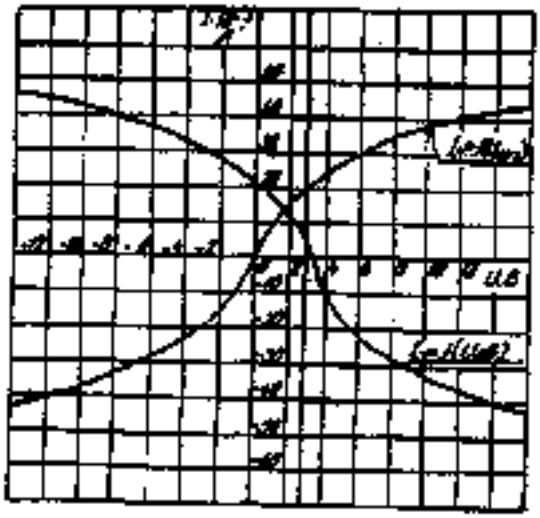


Рис 6.6. Вольт-амперные характеристики третьего нелинейного элемента

Сделаем проверку

$$I_1 + I_2 + I_3 = 15 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} - 20 \cdot 10^{-3} = 0 \text{ A}.$$

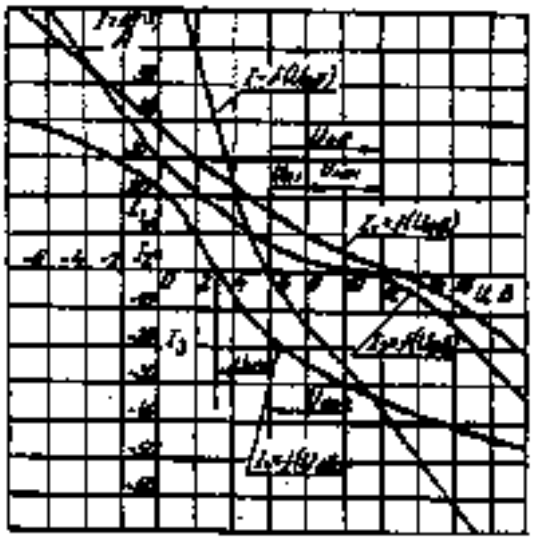


Рис. 6.7. Результирующие вольт-амперные характеристики

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).

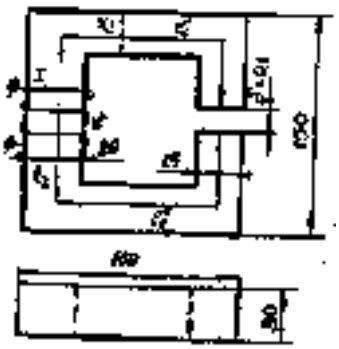


Рис. 7.1. Неразветвленная магнитная цепь

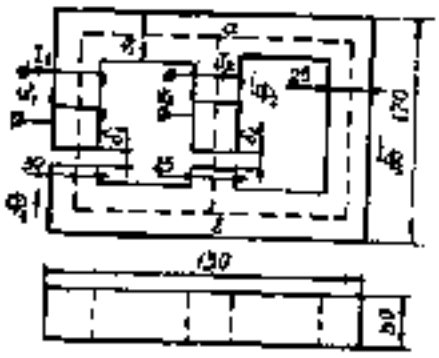


Рис. 7.2. Разветвленная магнитная цепь

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 μ_0 — постоянная, характеризующая свойства вакуума,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

μ — 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_δ=1 Тл.

Решение. Магнитную цепь разбиваем на три участка:

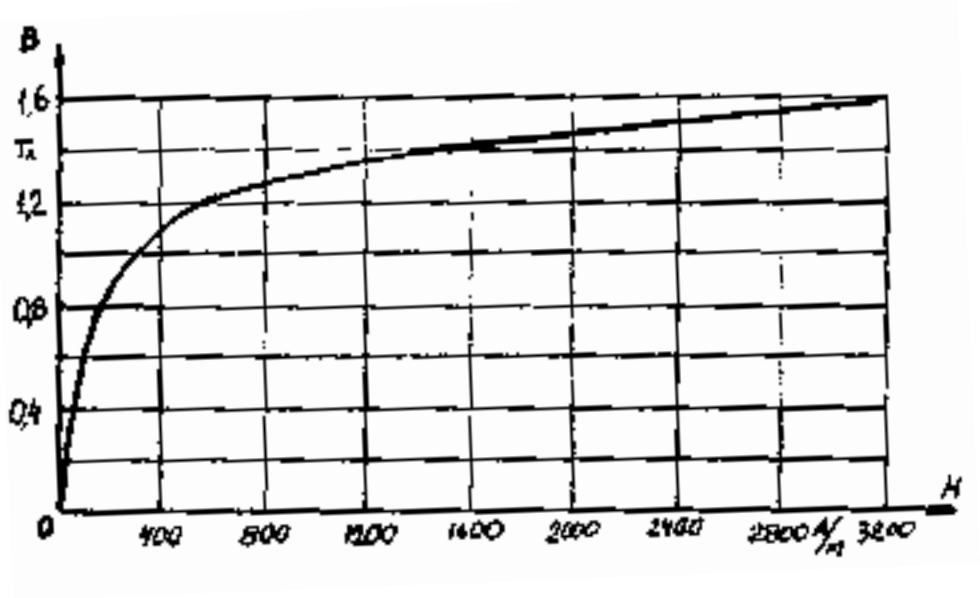


Рис. 7.4. Кривая намагничивания

$$l_1 = l`_1 + l``_1 = 30 \quad см$$
$$S_1 = 4{,}5 \quad см^2$$
$$l_2 = 13{,}5 \quad см$$
$$S_2 = 6 \quad см^2$$

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;

$$H_1 = 300 \text{ А/м}; \; H_2 = 115 \text{ А/м}$$

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_δ; 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_δ, 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_δ, 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	$22{,}5 \cdot 10^{-5}$	$49{,}5 \cdot 10^{-5}$	$54 \cdot 10^{-5}$	$58{,}5 \cdot 10^{-5}$

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,

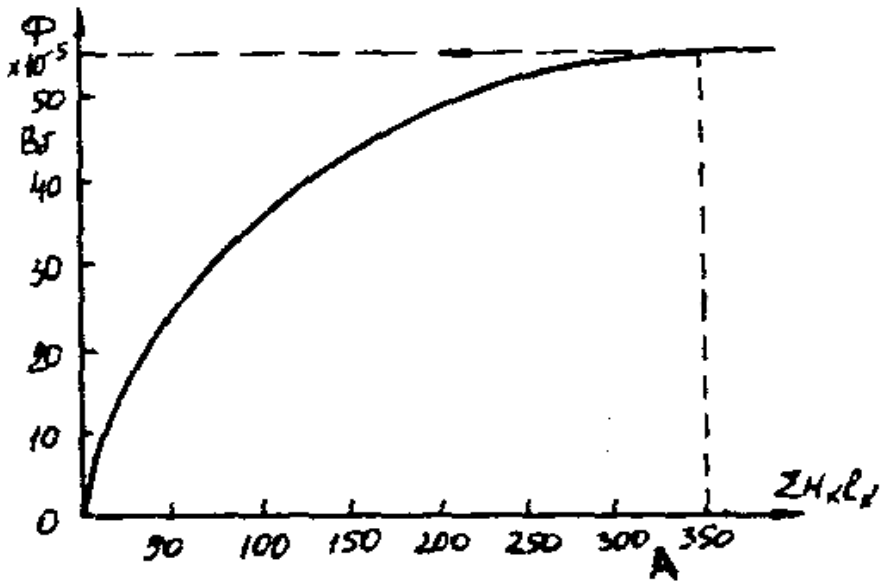


Рис. 7.5. Вебер-амперная характеристика цепи

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_\delta} = \frac{55 \cdot 10^{-5}}{4{,}5 \cdot 10^{-4}} = 1{,}21 \qquad Тл$$

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 «а» и «b».

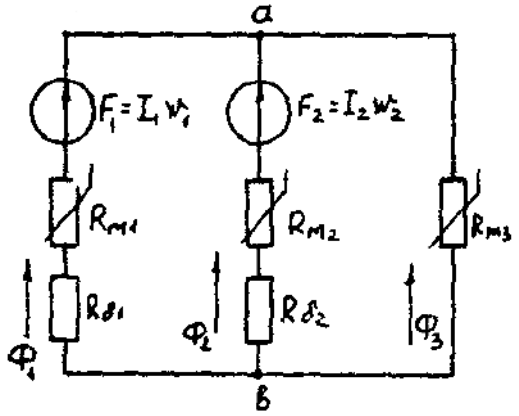


Рис. 7.6. Схема замещения магнитной цепи

Определим длины участков магнитной цепи

$l_1 = 0{,}24м;$ $\quad l_2 = 0{,}138м;$

$l_3` = 0{,}1м;$ $\quad l_3`` = 0{,}14м.$

Длинам $l_3`$ и $l_3``$ участки третьей ветви, имеющей площади сечения 9 и 7,5 см^2.

Выберем положительные направления магнитных потоков Φ_1, Φ_2 и Φ_3 к узлу «а».

Построим зависимость потока от падения магнитного напряжения первой ветви U_{M1}. Для этого произвольно задаемся рядом числовых значений Φ_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 Φ_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)

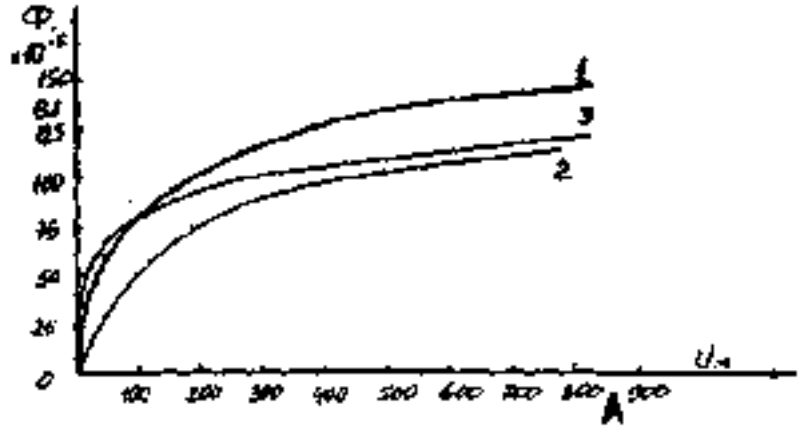


Рис. 7.7. Вебер-амперные характеристики ветвей

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 Φ_1, Φ_2 и Φ_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 $I_1 w_1$ и, так как перед U_{M1} стоит знак “-“, зеркально отобразим относительно вертикальной оси.

Запишем уравнение по второму закону Кирхгофа для второй ветви

$$I_2 w_2 = U_{M2} + U_{Mab}$$

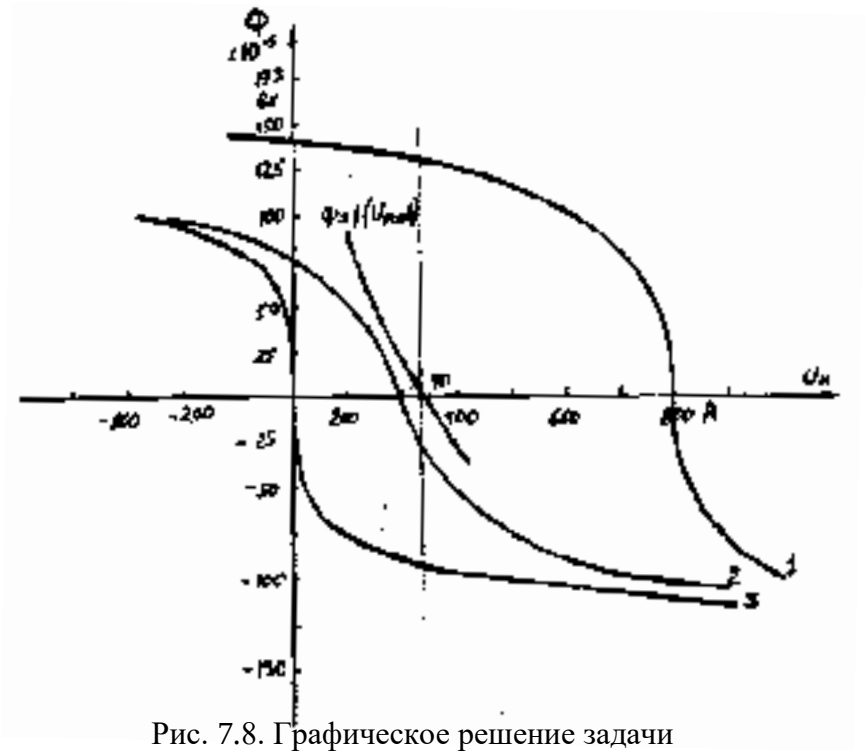


Рис. 7.8. Графическое решение задачи

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 $\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 = 0$.

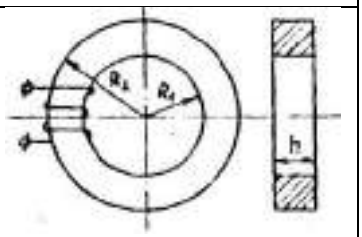
Восстановим в этой точке перпендикуляр к оси абсцисс. Ординаты пересечения перпендикуляра с кривыми дадут значения магнитных потоков в ветвях;

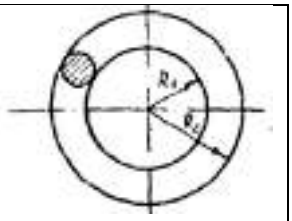
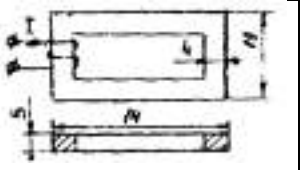
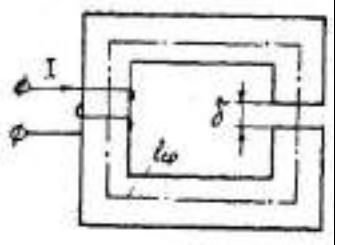
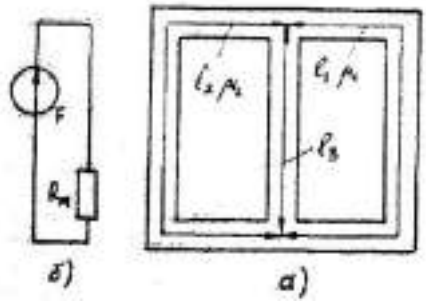
$\Phi_1 = 126{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_2 = -25 \cdot 10^{-5}$ Вб; $\Phi_3 = -101{,}2 \cdot 10^{-5}$ Вб.

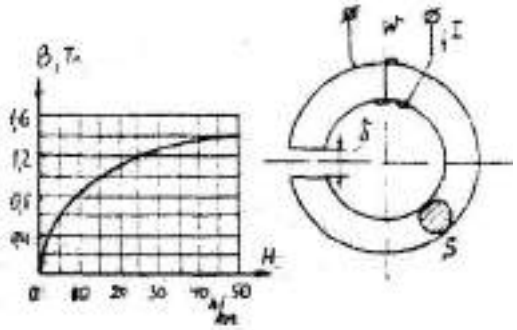
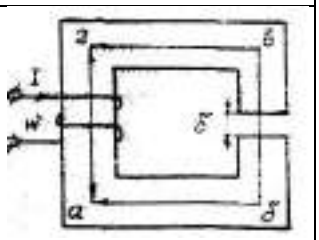
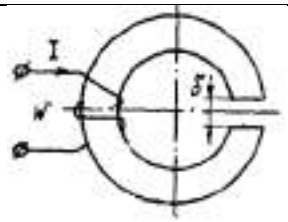
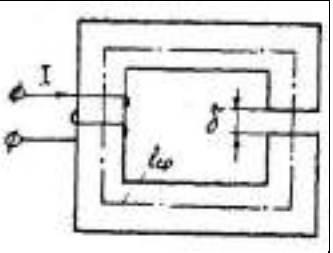
В результате расчета потоки Φ_2 и Φ_3, оказались отрицательными. Это означает, что в действительности они направлены противоположно выбранным ранее для них направлениям, показанным на рис. 7.2 и рис. 7.6.

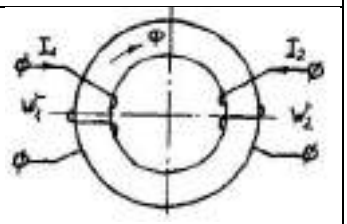
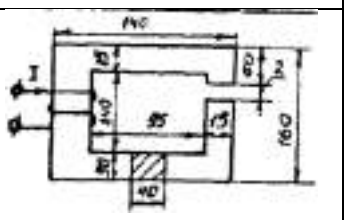
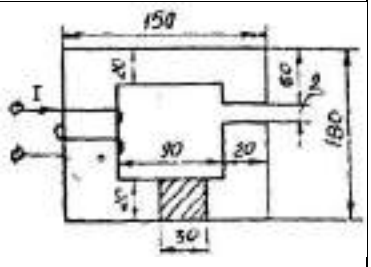
Задания к задаче 7.1.

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.	

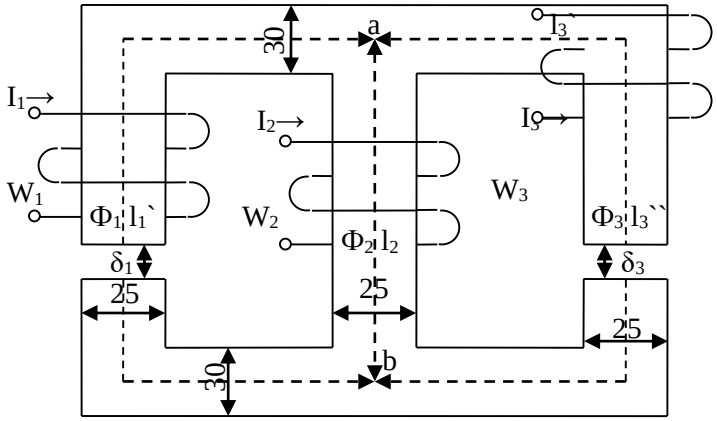
2	На ферромагнитный сердечник равномерно намотана обмотка, w = 2000 витков. По обмотке протекает ток I = 0,1 А. Магнитная проницаемость μ = 1000. Определить значение магнитного потока в сердечнике.	
3	Определить ток в катушке, если значение магнитного потока в сердечнике с магнитной проницаемостью μ = 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; μ_1=200; μ_2=100; μ_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. 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. 
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 участка *аг*, если величина воздушного зазора δ=0,1 мм. 
12	Найти , $R_м$ воздушного зазора постоянного магнита и магнитный поток, если δ=0,5 см, площадь поперечного сечения воздушного зазора 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. 
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 В=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 Ф=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 В=3 Тл.	
22	Определить число витков обмотки, если в воздушном зазоре цепи требуется получить $B_δ$= 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 $S_δ$=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 Φ = ∫(U_{ab})
l_3`` = 0,14 м $S_3$`` = 7,5 см^2 $Φ_1$, $Φ_2$, $Φ_3$ - ?
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	$δ_1$, мм	$δ_2$, мм	$δ_3$, 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_H и оптимальное значения коэффициента нагрузки трансформатора $\beta_{опт}$.

9. Рассчитать изменение вторичного напряжения при:

а) включении во вторичную цепь нагрузки Z_H;

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_H;

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 2p ;

- 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□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	2p	$P_{2Н}$, кВт	$\eta_Н$, %	$\cos\varphi_Н$	$n_{2Н}$, об/мин	$К_М$	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	4АК180М4УЗ	4	18,5	89,5	0,88	1457	4,0	0,135	294	0,125	0,232
3	4АК200М4УЗ	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	4АНК1804У3	4	22,0	87,0	0,86	1423	3,2	0,163	299	0,190	0,315
19	4АНК180М4У3	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	0,190	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 *Rin.;*
- сопротивление обмотки параллельного возбуждения *гв;*
- 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 $r_В$
11	1,5	110	1590	70,0	0,42	0,36	181	9 R_a	$r_В$
12	2,5	220	2200	76,0	0,79	0,68	39,4	4 R_a	0,5 $r_В$
13	3,4	110	3350	79,5	0,46	0,05	96,3	6 R_a	$r_В$
14	5,3	220	3000	80,0	0,24	0,2	25,3	8 R_a	0,5 $r_В$
15	1,4	110	3000	78,5	0,2	0,13	403	10 R_a	$r_В$

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 $c\Phi_n$ 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; Ω_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

Профиль (направленность)

Открытые горные работы

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.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.06 *ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ*

специальность
21.05.04 Горное дело
[указывается код и наименование направления, специальности]

специализация
Открытые горные работы

Автор: Горшков Э.В. к.т.н., с.н.с.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Симисинов Д.И.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 18.09.2023	Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2024

Оценочные материалы по дисциплине «Эксплуатация карьерного оборудования» согласованы с выпускающей кафедрой «Разработки месторождений открытым способом»

Заведующий кафедрой _____ Лель Ю.И.
подпись *И.О. Фамилия*

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Оценочные материалы предназначены для выявления результатов освоения дисциплины и сформированности компетенций.

1.2 Оценочные материалы являются неотъемлемой частью методического обеспечения процедуры проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, входят в состав комплекта документов ОПОП.

1.3 Формирование компетенций (с декомпозицией на когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть») происходит в течение всего семестра в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

1.4 Оценка результатов обучения и сформированности компетенций осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

1.5 Оценка результатов обучения по дисциплине производится по шкале: «зачтено», «не зачтено»

«зачтено» - обучающийся продемонстрировал знания, умения и навыки, являющиеся результатами освоения компетенций по дисциплине (базовый: минимальные характеристики сформированности компетенций; углубленный: превышение минимальных характеристик сформированности компетенций обучающихся; продвинутый показатель: максимально выраженные характеристики сформированности компетенций обучающихся);

«не зачтено» - обучающийся продемонстрировал знания, умения и навыки, являющиеся результатами освоения компетенций по дисциплине (недостаточный показатель: характеристики сформированности компетенций ниже базового).

Показателями сформированности компетенций являются:

Полнота знаний - обучающийся знает теоретический материал, относящийся к компетенции, в т.ч. правила, последовательность, алгоритм выполнения действий, умений, может его воспроизвести (с разной степенью точности), ответить на уточняющие вопросы.

Наличие умений – обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к компетенции.

Наличие владения (владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения их, демонстрировать, осуществлять в различных ситуациях) – обучающийся осуществляет (демонстрирует) деятельность (способы деятельности).

1.7 Проверяемые данной дисциплиной компетенции и индикаторы их достижений определены в таблице.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-1: способен демонстрировать, знания фундаментальных наук, а также знания в междисциплинарных областях, позволяющие решать современные прикладные инженерные задачи….	ПК-1.1 выявляет естественную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекает для их решения соответствующий физико-математический аппарат;	Знать: технологию разработки месторождений открытым способом и вопросы механизации открытых горных работ; Уметь: разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию и повышению технического уровня

		горного производства; Владеть: навыками самостоятельного овладения новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные методы обучения.
	ПК-1.2 использует положения, законы и методы естественных наук при решении профессиональных задач;	Знать: закономерности изнашивания деталей машин, причины возникновения вязкого, хрупкого излома и усталостного разрушения: Уметь: использовать диагностические средства для оценки технического состояния технологического оборудования в процессе эксплуатации: Владеть: методикой разработки графика ППР, определения трудоемкости ремонтных работ и штатов ремонтного персонала.
	ПК-1.3 использует знания в междисциплинарных областях при решении прикладных инженерных задач и эксплуатации технических средств разработки месторождений.	Знать: применяемые на горнодобывающих предприятиях системы и методы ремонта технологического оборудования; Уметь: определять необходимое количество эксплуатационных и расходных материалов; Владеть: правилами технической эксплуатации карьерного оборудования и знать методы его поддержания в исправном техническом состоянии.

1.8 Шкала и критерии оценивания результатов обучения и компетенций

Код и наименование индикатора достижения компетенций	Шкала и критерии оценивания компетенции (демонстрация знаний, умений и навыков, являющихся результатом освоения компетенции)			
	Недостаточный (неудовл.)	Базовый (удовл.)	Углубленный (хор.)	Продвинутый (отл.)
	не зачтено	зачтено		
ПК-1.1 выявляет естественную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекает	*Не воспроизводит* основные конструктивные элементы систем разработки и средства механизации открытой	*Воспроизводит* основные конструктивные элементы систем разработки и средства механизации открытой разработки	*Описывает* основные конструктивные элементы систем разработки и средства механизации открытой разработки месторождений …	*Анализирует* основные конструктивные элементы систем разработки и средства механизации открытой разработки место-

для их решения соответствующий физико-математический аппарат;……	разработки месторождений	месторождений (**знание основного материала с рядом негрубых ошибок, исправленных с помощью извне)**	(**знание основного материала с рядом заметных погрешностей, исправляемых после указания на них извне)**	рождений **(знание основного материала без ошибок и погрешностей или с несущественными ошибками, самостоятельно исправляемыми)**
	Не имеет представления о разработке и реализации мероприятий по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства *с единичными замечаниями*	*Имеет представление* о разработке и реализации мероприятий по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства *с единичными замечаниями* **(умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками, с опорой на подсказки)**	*Описывает* мероприятий по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства **(умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями)**	*Самостоятельно* разрабатывает и реализует мероприятий по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства **(умение решать стандартные и нестандартные задачи)**
	Не имеет навыков самостоятельного овладения новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные методы обучения.	*С опорой на подсказки овладевает новыми знаниями***(наличие минимально необходимого из множества навыков; выполняет действие в знакомой ситуации (по алгоритму, с опорой на подсказки)**	*С незначительными замечаниями овладевает новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные методы обучения.* **(наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях; выполняет действие на практике, возможны незначительные ошибки, исправляемые самостоятельно)**	*Самостоятельного* овладения новыми знаниями, используя современные образовательные технологии, активные методы обучения. **(наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях; свободное выполнение, комментирование действия на практике, в различных ситуациях)**
ПК-1.2 использует положения, законы и методы естественных наук при решении профессиональных задач;	*Не воспроизводит* закономерности изнашивания деталей машин, причины возникновения вязкого, хрупкого излома и усталост-	*Воспроизводит* закономерности изнашивания деталей машин, причины возникновения вязкого, хрупкого излома и усталостного разрушения:	*Описывает* закономерности изнашивания деталей машин, причины возникновения вязкого, хрупкого излома и усталостного разрушения: (**знание ос-**	*Анализирует* закономерности изнашивания деталей машин, причины возникновения вязкого, хрупкого излома и усталостного разрушения,

	ного разрушения:	(**знание основного материала с рядом негрубых ошибок, исправленных с помощью извне)**	**новного материала с рядом заметных погрешностей, исправляемых после указания на них извне)**	предлагает мероприятия по их предотвращению. **(знание основного материала без ошибок и погрешностей или с несущественными ошибками, самостоятельно исправляемыми)**
	Не имеет представления о использовании диагностических средств для оценки технического состояния технологического оборудования в процессе эксплуатации:	*Имеет представление* о использовании диагностических средств для оценки технического состояния технологического оборудования в процессе эксплуатации: *с единичными замечаниями* **(умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками, с опорой на подсказки)**	*Описывает* мероприятий по использованию диагностических средства для оценки технического состояния технологического оборудования в процессе эксплуатации: **(умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями)**	*Самостоятельно* разрабатывает и реализует мероприятия по использованию диагностических средств для оценки технического состояния технологического оборудования в процессе эксплуатации: **(умение решать стандартные и нестандартные задачи)**
	Не имеет навыков самостоятельного овладения методикой разработки графика ППР, определения трудоемкости ремонтных работ и штатов ремонтного персонала.	*С опорой на подсказки овладевает* методикой разработки графика ППР, определения трудоемкости ремонтных работ и штатов ремонтного персонала. **(наличие минимально необходимого из множества навыков; выполняет действие в знакомой ситуации (по алгоритму, с опорой на подсказки)**	*С незначительными замечаниями овладевает* методикой разработки графика ППР, определения трудоемкости ремонтных работ и штатов ремонтного персонала. **(наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях; выполняет действие на практике, возможны незначительные ошибки, исправляемые самостоятельно)**	*Самостоятельно* овладевает методикой разработки графика ППР, определения трудоемкости ремонтных работ и штатов ремонтного персонала. **(наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях; свободное выполнение, комментирование действия на практике, в различных ситуациях)**
ПК-1.3 использует знания в междис-	*Не воспроизводит* применяе-	*Воспроизводит* применяемые на	*Описывает* применяемые на горно-	*Анализирует* применяемые на

циплинарных областях при решении прикладных инженерных задач и эксплуатации технических средств разработки месторождений.	мые на горнодобывающих предприятиях системы и методы ремонта технологического оборудования;	горнодобывающих предприятиях системы и методы ремонта технологического оборудования; (**знание основного материала с рядом негрубых ошибок, исправленных с помощью извне)**	добывающих предприятиях системы и методы ремонта технологического оборудования; … (**знание основного материала с рядом заметных погрешностей, исправляемых после указания на них извне)**	горнодобывающих предприятиях системы и методы ремонта технологического оборудования, предлагает направления их дальнейшего совершенствования; **(знание основного материала без ошибок и погрешностей или с несущественными ошибками, самостоятельно исправляемыми)**
	Не имеет представления о определении необходимого количества эксплуатационных и расходных материалов; *с единичными замечаниями*	*Имеет представление* о определении необходимого количества эксплуатационных и расходных материалов; *с единичными замечаниями* **(умение решать стандартные задачи с негрубыми ошибками, с опорой на подсказки)**	*Описывает* как определять необходимое количество эксплуатационных и расходных материалов; **(умение решать стандартные задачи с незначительными погрешностями)**	*Самостоятельно* определяет необходимое количество эксплуатационных и расходных материалов, предлагает пути сокращения их потребления; **(умение решать стандартные и нестандартные задачи)**
	Не имеет навыков самостоятельного овладения знаниями правил технической эксплуатации карьерного оборудования и методов его поддержания в исправном техническом состоянии.	*С опорой на подсказки овладевает знаниями* правил технической эксплуатации карьерного оборудования и методами его поддержания в исправном техническом состоянии. **(наличие минимально необходимого из множества навыков; выполняет действие в знакомой ситуации (по алгоритму, с опорой на подсказки)**	*С незначительными замечаниями овладевает знаниями* правил технической эксплуатации карьерного оборудования и методами его поддержания в исправном техническом состоянии. **(наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях; выполняет действие на практике, возможны незначительные ошибки, исправляемые самостоя-**	*Самостоятельно* овладевает знаниями правил технической эксплуатации карьерного оборудования и методами его поддержания в исправном техническом состоянии. **(наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях; свободное выполнение, комментирование действия**

			тельно)	**на практике, в различных ситуациях)**

2 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

2.1 *Оценочные средства текущего контроля успеваемости*: тест, контрольная работа, опрос

2.2 *Система оценивания по оценочным средствам текущего контроля*

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-10 баллов (10 заданий)
Опрос	0-10 баллов
Контрольная работа	0-10 баллов
Итого	30 баллов

2.3 *Оценка за тестирование* определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

5-6 правильных ответов (50-69%) - оценка «зачтено»

0-4 правильных ответов (0-49%) - оценка «не зачтено»

2.4 *Оценка за опрос* определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
правильность ответа	4
всесторонность и глубина ответа (полнота)	3
наличие выводов	1
соблюдение норм литературной речи	1
владение профессиональной лексикой	1
Итого	10

5 баллов (85-100%) - оценка «зачтено»

4 балла (70-84%) - оценка «зачтено» -

3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»

0-2 балла (0-49%) - оценка/ «не зачтено»

2.5 *Оценивание выполнения контрольной работы* осуществляется следующим образом:

Контрольная работа № 1: задача - «Расчет графика ППР» - 5 баллов;

Контрольная работа № 2: задача – «Определение штатов ремонтного персонала» - 5 баллов.

Критерии оценки контрольной работы № 1	Количество баллов
Правильность выбора показателей для расчета	0-2
Правильность выбора расчетных формул	0-1
Верность выполнения расчетов	0-1
Правильность записи единиц измерения	0-1
Итого	0-5

Критерии оценки контрольной работы № 2	Количество баллов
Правильность выбора показателей для расчета	
Правильность выбора расчетных формул	
Верность выполнения расчетов	
Правильность записи единиц измерения	
Итого	

5 баллов (85-100%) - оценка «зачтено»
4 балла (70-84%)- «зачтено»
3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»
0-2 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»

2.6 *Результаты текущего контроля* фиксируются преподавателем.

Для осуществления текущего контроля знаний, умений, владений обучающихся используется комплект оценочных средств (приложение 1).

2.7 *Типовые контрольные задания и материалы*

Тест: **Вариант 3.1**

В результате проведения дефектации все детали сортируются на три группы:

а) годные без восстановления, негодные без восстановления, неподлежащие восстановлению

б) негодные без восстановления, подлежащие полному восстановлению, неподлежащие восстановлению

в) годные без восстановления, подлежащие восстановлению, неподлежащие восстановлению

г) годные без восстановления, подлежащие частичному восстановлению, неподлежащие восстановлению

2. Дефектация – это процесс

а) выявления технического состояния деталей и сопряжений

б) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения фактических показателей с данными технической документации

в) выявления технического состояния деталей путем сравнения фактических показателей с данными технической документации

г) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения с данными технической документации

3. На ремонтном чертеже

а) не допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали

б) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали

в) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали только в единичном производстве

г) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали в исключительных случаях

4. Подготовка ремонта включает в себя

а) конструкторскую и технологическую подготовку

б) конструкторскую и техническую подготовку

в) конструкторскую и материальную подготовку

г) технологическую и техническую подготовку

5. На ремонтных чертежах указывают

а) все размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается не меняется

б) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия

в) только те размеры, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается понижается

г) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе сборки изделия

6. Ремонтные размеры деталей делятся на

а) категорийные и пригоночные

б) категорийные и свободные

в) стандартные и регламентируемые

г) категорийные и стандартные

7. Разрушению лучше противостоит сталь с качеством поверхности

а) Rz 40

б) 1,25

в) 2,5

г) Rz 20

8. Виды ремонта

а) плановый

б) аварийный

в) гарантийный

г) все перечисленные

9. Коэффициент долговечности – это

а) отношение времени работы новой детали к времени работы восстановленной детали

б) отношение времени работы восстановленной детали к времени работы новой детали
в) время работы новой детали
г) время работы восстановленной детали

10. По последовательности сборки выделяют:
а) последовательную
б) параллельную
в) последовательно-параллельную
г) все перечисленные

Контрольная работа:

Исходные данные для контрольной работы по вариантам студентам группы ОГР дисциплина «Эксплуатация карьерного оборудования»

№ варианта	Наименование оборудования	Тип	Парк оборудования, ед.	Ввод в эксплуатацию	Кол-во смен в сутках	Пр-ть смены	Коэф. исп.-ния по маш.времени
1	Трактор 300л.с	ДЭТ-250	7,	После Т1(1) 10.08.2020	3	8	0,7
2	Бульдозер на тракторе	ДЭТ-250 Д-384	10	После Т2(1) 15.10.2020	2	12	0,8
3	Бульдозер на тракторе	Д-275 Т-180	5	После Т1(1) 05.11.2020	3	8	0,6
4	Бульдозер на тракторе	Д-250 С-100	8	После Т2(1) 20.09.2020	2	12	0,7
5	Автогрейдер на пневмоколесном ходу	средний	10	После Т1(2) 08.10.2020	3	8	0,8
6	Автогрейдер на пневмоколесном ходу	тяжелый	7	После Т2(1) 05.09.2020	2	12	0,6
7	Кран на пневмоколесном ходу	10т	5	После Т1(1) 15.10.2020	3	8	0,8
8	Кран на пневмоколесном ходу	25т	10	После Т2(1) 10.08.2020	2	12	0,6
9	Кран на гусеничном ходу	60т	7	После Т1(1) 25.09.2020	3	8	0,7
10	Экскаватор	ЭКГ-4,6	10	После Т2(1) 20.10.2020	2	12	0,8

11	Экскаватор	ЭКГ-12,5	6	После Т1(1) 05.11.2020	3	8	0,7
12	Экскаватор	ЭВГ-15	4	После Т2(1) 25.10.2020	2	12	0,6
13	Экскаватор	ЭШ-10/70	7	После Т1(1) 08.11.2020	3	8	0,7
14	Экскаватор	ЭШ-15/90	5	После Т2(1) 16.09.2020	3	8	0,8
15	Станок вращательного бурения на тракторе	СВБ-2	8	После Т1(1) 04.10.2020	2	12	0,7

В контрольной работе №1 произвести расчет и построить годовой график ППР для заданной машины.
В контрольной работе №2 произвести расчет и определить штаты ремонтного персонала на парк оборудования.

Примерные вопросы для проведения опроса

1.Приемка оборудования от заводов изготовителей.
2.Монтаж оборудования в соответствии с инструкцией по монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделия.
3.Ввод оборудования в эксплуатацию.
4.Организация эксплуатации оборудования.
5.Хранение оборудования.
6.Выбытие и списание оборудования.
7.Подразделение дефектов по последствиям, месту расположения, причинам возникновения (конструктивные, производственные, эксплуатационные).
8.Допустимые режимы работы механизмов горного оборудования.
9.Выявление причин выхода из строя оборудования находящегося в эксплуатации.
10.Контроль технического состояния деталей машин-дефектация
11.Неразрушающие методы контроля дефектов деталей –дефектоскопия (магнитная, ультрозвуковая , проникающего излучения).
12.Методы ремонта (индивидуальный, сменно-узловой, поточный).
13.Стратегии ремонта (регламентированная, смешанная, по техническому состоянию и по потребности).
14.Системы ремонта (после осмотровая, периодическая, стандартная, поэтапная и ППР).
15.Основные элементы системы ППР.
16.Структура ремонтного цикла и формы ее представления.
17.Пути совершенствования системы ППР.
18.Роль технической диагностики при эксплуатации промышленного оборудования.
19.Основные эксплуатационные документы для промышленного оборудования.
20.Инструкция по эксплуатации машин.
21. Инструкция по ТО и текущим ремонтам.
22.Инструкция по монтажу, пуску, регулировке и обкатке изделий.
23.Основная ремонтная документация.
24.Ведомость дефектов и ремонтный журнал.
25.Годовой (месячный)график ТО и ремонтов.

26.Линейные графики проведения ремонтов.
27.Сетевые графики проведения ремонтов.
28.Акты на сдачу (выдачу) оборудования в капитальный ремонт.
29.Паспорт оборудования.
30.Руководство по капитальному ремонту.
31.Нормы расхода запчастей и материалов на капремонт.
32.Технологические карты на изготовление и восстановление деталей.
33.Ремонтные чертежи.
34.Подготовка капитального ремонта горного оборудования.
35.Конструкторская подготовка капремонта.
36.Технологическая подготовка капремонта.
37.Организационная подготовка капремонта.
38. Формы проявления неработоспособности горных машин.
39. Методы контроля дефектов деталей.
40. Средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей.
41. Сущность дефектации и сортировки деталей.
42. Классификация дефектов деталей.
43. Подразделение дефектов по причинам возникновения.
44. Показатели, характеризующие результаты сортировки деталей по группам годности.
45. Структура производственного процесса ремонта.
46.Методы обнаружения скрытых дефектов.
47. Износ типовых пар в течение времени.
48. Допустимый и предельный износ.
49. Поломки деталей горных машин.
50. Меры по предупреждению разрушения деталей горных машин

2.7 *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.

3 ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

3.1 *Оценочные средства*: зачет по дисциплине включает в себя тест или ответ по билетам.

Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта ответа на вопрос из числа предложенных.

Билет на зачет включает в себя три теоретических вопроса по пройденному материалу из разных разделов курса.

На зачете преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках билета и направлены на уточнение мысли обучающегося.

3.2 Система оценивания по оценочным средствам промежуточной аттестации

Оценочное средство	Балловая стоимость
Тест	0-10 баллов (10 заданий)
Теоретический вопрос	0-10 баллов
Итого	20 баллов

3.3 *Оценка за тестирование* определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

3.4 *Оценка за ответ на теоретический вопрос* определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки ответа на вопрос	Количество баллов
Полнота и последовательность ответа	0-2
Степень использования и понимания научных, нормативных источников	0-2
Умение анализировать материал	0-1
Соблюдение норм литературной речи	0-3
Владение профессиональной лексикой	0-2
Итого	0-10

3.5 *Количество баллов за промежуточную аттестацию* складывается из суммы баллов за каждое задание:

Если по дисциплине предусмотрен зачет:

15-30 баллов (50-100%) - оценка «зачтено»

0-14 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено».

3.9 *Итоговая оценка по дисциплине*

с промежуточной аттестацией в виде зачета:

35 - 70 баллов (50% - 100 %) – оценка «зачтено»

0-34 балла и менее (0-49%) – оценка «не зачтено».

Для осуществления промежуточной аттестации обучающихся используется комплект оценочных средств по дисциплине (приложение 2).

3.10 Типовые контрольные задания и материалы

Примерные тесты для подготовки к зачету:

… **Вариант 1.1**

1. Виды ремонта

а) плановый

б) аварийный

в) гарантийный

г) все перечисленные

2. Коэффициент долговечности – это

а) отношение времени работы новой детали к времени работы восстановленной детали

б) отношение времени работы восстановленной детали к времени работы новой детали

в) время работы новой детали

г) время работы восстановленной детали

3. Для восстановления детали следует использовать способ, коэффициент долговечности k которого

а) $k < 1$

б) $k = 1$

в) $k > 0,8$

г) $k > 0,5$

4. Разрушению лучше противостоит сталь с качеством поверхности

а) Rz 40

б) 1,25

в) 2,5

г) Rz 20

5. По размерам поры в покрытии подразделяются на

а) микропоры, макропоры, промежуточные

б) микропоры, поры, макропоры

в) малые, большие, промежуточные

г) микропоры, макропоры, средние

6. По форме поры в покрытии подразделяются на

а) длинные и короткие

б) канальчатые и точечные

в) вытянутые и круглые

г) канальчатые и шаровые

7. Для выбора способа восстановления детали используют критерии

а) технический, долговечности, технолого-экономический

б) технический, долговечности, технико-экономический половинчатый

в) технологический, долговечности, экономический

г) технологический, долговечности, технико-экономический

8. Технико-экономический критерий позволяет подобрать способ восстановления детали из условия, что стоимость восстановления

а) меньше стоимости изготовления данной детали

б) больше стоимости изготовления данной детали
в) равна стоимости изготовления данной детали
г) много меньше стоимости изготовления данной детали

9. Целью технологического процесса восстановления является
а) восстановление детали
б) ремонт детали
в) возвращение детали утраченной работоспособности
г) ремонт машины

10. Трудоемкость ремонта
а) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в человеко-часах
б) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в рублях
в) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в машино-часах
г) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в часах

Вариант 1.2

1. Назначение ремонтного хозяйства предприятия:
а) своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
б) своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования
в) своевременное удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами.
г) в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами

2. Основная задача ремонтного хозяйства
а) обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт
б) обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонтное обслуживание
в) обеспечить эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт
г) обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования

3. Показателем ремонтопригодности является
а) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта
б) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности или отказа путем проведения технического обслуживания
в) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности путем проведения ремонта
г) затраты на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта

4. Технологическо-эксплуатационная наследственность
а) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин при их эксплуатации
б) влияние технологии обработки деталей машин на их эксплуатацию

в) влияние технологии обработки деталей машин на их долговечность
г) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин

5. Техническая подготовка ремонта включает в себя
а) конструкторскую и технологическую подготовку
б) конструкторскую и техническую подготовку
в) конструкторскую и материальную подготовку
г) технологическую и техническую подготовку
6. На ремонтных чертежах указывают
а) все размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается не меняется
б) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия
в) только те размеры, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается понижается
г) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе сборки изделия
7. Ремонтные размеры деталей делятся на
а) категорийные и пригоночные
б) категорийные и свободные
в) стандартные и регламентируемые
г) категорийные и стандартные
8. На ремонтном чертеже
а) не допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали
б) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали
в) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали только в единичном производстве
г) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали в исключительных случаях
9. Дефектация – это процесс
а) выявления технического состояния деталей и сопряжений
б) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
в) выявления технического состояния деталей путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
г) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения с данными технической документации
10. В результате проведения дефектации все детали сортируются на три группы:
а) годные без восстановления, негодные без восстановления, неподлежащие восстановлению
б) негодные без восстановления, подлежащие полному восстановлению, неподлежащие восстановлению
в) годные без восстановления, подлежащие восстановлению, неподлежащие восстановлению

г) годные без восстановления, подлежащие частичному восстановлению, неподлежащие восстановлению

Вариант 2.

1. Планирование работ по всем видам ремонтов оборудования подразделяют на:
   а) долгосрочное, годовое и текущее (месячное)
   б) длительное, годовое и текущее (месячное)ударную вязкость
   в) долгосрочное, годовое и не срочное (текущее)
   г) долгосрочное, малосрочное и текущее
2. Целью технологического процесса восстановления является
   а) восстановление детали
   б) ремонт детали
   в) возвращение детали утраченной работоспособности
   г) ремонт машины
3. Трудоемкость ремонта
   а) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в человеко-часах
   б) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в рублях
   в) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в машино-часах
   г) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в часах
4. Целью технологического процесса восстановления является
   а) восстановление детали
   б) ремонт детали
   в) возвращение детали утраченной работоспособности
   г) ремонт машины
5. Технико-экономический критерий позволяет подобрать способ восстановления детали из условия, что стоимость восстановления
   а) меньше стоимости изготовления данной детали
   б) больше стоимости изготовления данной детали
   в) равна стоимости изготовления данной детали
   г) много меньше стоимости изготовления данной детали
6. Показателем ремонтопригодности является
   а) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта
   б) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности или отказа путем проведения технического обслуживания
   в) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности путем проведения ремонта
   г) затраты на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта
7. Технологическо-эксплуатационная наследственность
   а) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин при их эксплуатации
   б) влияние технологии обработки деталей машин на их эксплуатацию
   в) влияние технологии обработки деталей машин на их долговечность
   г) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин
8. По организации производства подразделяют:
   а) поточное
   б) групповое

в) единичное
г) все перечисленные

9. По последовательности сборки выделяют:
а) последовательную
б) параллельную
в) последовательно-параллельную
г) все перечисленные

10. По уровню механизация и автоматизации процесса сборку разделяют на:
а) механизированную
б) автоматизированную
в) автоматическую
г) все перечисленные

Вариант 3.1

В результате проведения дефектации все детали сортируются на три группы:
а) годные без восстановления, негодные без восстановления, неподлежащие восстановлению
б) негодные без восстановления, подлежащие полному восстановлению, неподлежащие восстановлению
в) годные без восстановления, подлежащие восстановлению, неподлежащие восстановлению
г) годные без восстановления, подлежащие частичному восстановлению, неподлежащие восстановлению

2. Дефектация – это процесс
а) выявления технического состояния деталей и сопряжений
б) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
в) выявления технического состояния деталей путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
г) выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения с данными технической документации

3. На ремонтном чертеже
а) не допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали
б) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали
в) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали только в единичном производстве
г) допускается одновременно указывать несколько вариантов ремонта одних и тех же элементов детали в исключительных случаях

4. Подготовка ремонта включает в себя
а) конструкторскую и технологическую подготовку
б) конструкторскую и техническую подготовку
в) конструкторскую и материальную подготовку
г) технологическую и техническую подготовку

5. На ремонтных чертежах указывают

а) все размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается не меняется

б) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия

в) только те размеры, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия повышается понижается

г) только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе сборки изделия

6. Ремонтные размеры деталей делятся на

а) категорийные и пригоночные

б) категорийные и свободные

в) стандартные и регламентируемые

г) категорийные и стандартные

7. Разрушению лучше противостоит сталь с качеством поверхности

а) Rz 40

б) 1,25

в) 2,5

г) Rz 20

8. Виды ремонта

а) плановый

б) аварийный

в) гарантийный

г) все перечисленные

9. Коэффициент долговечности – это

а) отношение времени работы новой детали к времени работы восстановленной детали

б) отношение времени работы восстановленной детали к времени работы новой детали

в) время работы новой детали

г) время работы восстановленной детали

10. По последовательности сборки выделяют:

а) последовательную

б) параллельную

в) последовательно-параллельную

г) все перечисленные

Вариант 3.2

1. Трудоемкость ремонта

а) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в человеко-часах

б) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в рублях

в) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в машино-часах

г) затраты труда на ремонт машины (оборудования), выраженные в часах

2. Целью технологического процесса восстановления является

а) восстановление детали

б) ремонт детали

в) возвращение детали утраченной работоспособности

г) ремонт машины

3. Технико-экономический критерий позволяет подобрать способ восстановления детали из условия, что стоимость восстановления
   а) меньше стоимости изготовления данной детали
   б) больше стоимости изготовления данной детали
   в) равна стоимости изготовления данной детали
   г) много меньше стоимости изготовления данной детали
4. Показателем ремонтопригодности является
   а) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта
   б) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности или отказа путем проведения технического обслуживания
   в) время, затрачиваемое на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности путем проведения ремонта
   г) затраты на процессы и операции предупреждения, поиска и устранения неисправности, путем проведения технического обслуживания и ремонта
5. Технологическо-эксплуатационная наследственность
   а) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин при их эксплуатации
   б) влияние технологии обработки деталей машин на их эксплуатацию
   в) влияние технологии обработки деталей машин на их долговечность
   г) влияние технологии обработки заготовок на качество деталей машин
6. По организации производства выделяют:
   а) поточное
   б) групповое
   в) единичное
   г) все перечисленные
7. По последовательности сборки выделяют:
   а) последовательную
   б) параллельную
   в) последовательно-параллельную
   г) все перечисленные
8. По уровню механизация и автоматизации процесса сборку разделяют на:
   а) механизированную
   б) автоматизированную
   в) автоматическую
   г) все перечисленные
9. Планирование работ по всем видам ремонтов оборудования подразделяют на:
   а) долгосрочное, годовое и текущее (месячное)
   б) длительное, годовое и текущее (месячное)
   в) долгосрочное, годовое и не срочное (текущее)
   г) долгосрочное, малосрочное и текущее
10. Целью технологического процесса восстановления является
   а) восстановление детали
   б) ремонт детали
   в) возвращение детали утраченной работоспособности
   г) ремонт машины

Примерные вопросы для подготовки к зачету:

. 1.Техническое состояние машины.

2.Формы проявления неработоспособности горного оборудования.

3.Основные причины, приводящие к потере работоспособности машины в процессе ее эксплуатации.

4.Классификация видов изнашивания деталей машин.

5.Основные закономерности изнашивания.

6.Допустимый и предельный износы. Критерии определения предельных износов деталей.

7.Методы измерения износа и пути снижения интенсивности изнашивания деталей.

8.Влияние смазки на процесс изнашивания деталей.

9.Классификация смазочных материалов.

10.Основные показатели качества смазочных материалов.

11.Причины разрушений и анализ поверхностей разрушения деталей машин.

12.Меры по предупреждению разрушения деталей промышленного оборудования.

13.Признаки выбраковки деталей.

14.Основные понятия и определения в системе технического обслуживания и ремонта.

15.Система планово-предупредительных ремонтов (ППР).

16.Элементы системы ППР и их характеристика.

17.Методы и формы организации ТО и ремонта горного оборудования.

18.Подготовка и планирование ремонтных работ.

19.Ремонтная конструкторско-технологическая документация.

20. Структура производственного процесса ремонта.

21.Технология ремонта горного оборудования.

22.Дефектация и дефектоскопия деталей.

23.Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.

24.Выбор способа восстановления деталей.

25.Устранимые и неустранимые дефекты деталей машин.

26.Особенности сборки машин после ремонта.

27.Проверка качества сборки и обкатка узлов горного оборудования на испытательных стендах.

28.Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.

29.Сдача отремонтированных машин заказчику.

30.Испытания машин после ремонта в условиях эксплуатации.

3.11 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания зачета.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку «зачтено», « не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным на зачете , необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К зачету по «Эксплуатации карьерного оборудования» необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к зачету следует пользоваться конспектами лекций, учебниками.

Зачет по дисциплине «Эксплуатации карьерного оборудования» проводится в устной или письменной форме путем выполнения зачетного задания .

На подготовку к устному ответу обучающегося дается 40-60 минут в зависимости от объема билета. На подготовку ответа в письменной форме – не менее 120 минут.

При опоздании к началу письменного зачета обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок на зачете является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки к зачету в письменной форме обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться зачетное задание, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины.

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Проверка письменных работ осуществляется преподавателем, проводившим зачет -, в течение 3-х рабочих дней после его проведения. Результаты письменного зачета объявляются путем выдачи копии зачетной ведомости старосте группы или размещаются в электронной информационно-образовательной среде университета, результаты устного зачета - объявляются в процессе проведения зачета после ответа обучающегося.

Зачет- может проводиться с использованием технических средств обучения.

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой _____Д.И.Симисинов
(название кафедры)

КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
№3 Открытые горные работы

Автор: Горшков Э.В., к.т.н., с.н.с.

Одобрен на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования
(название кафедры)
Протокол № 2 от 09.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Тесты для ознакомления:

21.05.04 Горное дело. Специализация № 3 «Открытые горные работы». Эксплуатация карьерного оборудования.

Горшков Эдуард Викторович.283 08 65

- Задание 1 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Толщина слоя смазочного материала при граничной смазке:

- Вариант ответа

0,01 мкм

- Вариант ответа

не менее 0,1 мкм

- Вариант ответа

0,005 мкм

- Вариант ответа

Более 0,5мкм

- Задание 2 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Во сколько раз уменьшается износ сопряженных поверхностей при граничной смазке?

- Вариант ответа

5 раз

- Вариант ответа

10 раз

- Вариант ответа

100 раз

- Вариант ответа

2 раза

- Задание 3 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

При уменьшении толщины смазочной пленки граничное трение переходит в

- Вариант ответа

Полусухое

- Вариант ответа

Граничное

- Вариант ответа

Гидродинамическое

- Вариант ответа
Сухое
- Задание 4 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Трение движения подразделяется на трение:
- Вариант ответа
Комбинированное
- Вариант ответа
Верчения
- Вариант ответа
Качения с проскальзыванием
- Вариант ответа
Качения
- Задание 5 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Трение движения подразделяется на трение:
- Вариант ответа
Комбинированное
- Вариант ответа
Кручения
- Вариант ответа
Скольжения
- Вариант ответа
Качения с проскальзыванием
- Задание 6 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Механическое изнашивание бывает:
- Вариант ответа
Усталостное
- Вариант ответа
Эрозионное
- Вариант ответа
Абразивное
- Вариант ответа
Кавитационное

- Задание 7 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
При увеличении толщины смазочной пленки граничное трение переходит в
- Вариант ответа
Полусухое трение
- Вариант ответа
Абразивное
- Вариант ответа
Гидроабразивное
- Вариант ответа
Жидкостное
- Задание 8 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Жидкостное трение возникает, если трущиеся поверхности разделены слоем смазки толщиной:
- Вариант ответа
Не менее 0,1 мкм
- Вариант ответа
0,01 мкм
- Вариант ответа
0,2 мкм
- Вариант ответа
Более 0,5мкм
- Задание 9 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы трения возникают между поверхностями:
- Вариант ответа
Твердого тела и газа
- Вариант ответа
Твердого тела и жидкостей
- Вариант ответа
Твердых тел
- Вариант ответа
Жидкостей
- Задание 10 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Абразивным износом называется разрушение поверхностей трения под воздействием:
- Вариант ответа
Более твердой поверхности на менее твердую
- Вариант ответа
Физико-химических процессов в зоне трения
- Вариант ответа
Термических процессов, происходящих при трении
- Вариант ответа
Усталостного разрушения сопрягаемых поверхностей
- Задание 11 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Абразивным износом называется разрушение поверхностей трения под воздействием:
- Вариант ответа
Химических процессов, происходящих в зоне трения
- Вариант ответа
Твердых частиц в зоне трения
- Вариант ответа
Усталостного разрушения сопрягаемых поверхностей
- Вариант ответа
Термического воздействия в зоне трения
- Задание 12 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
По своей природе силы трения:
- Вариант ответа
Динамические
- Вариант ответа
Статические
- Вариант ответа
Нормальные
- Вариант ответа
Тангенциальные
- Задание 13 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы сопротивления среды зависят главным образом от
- Вариант ответа

Скорости движения тел
- Вариант ответа
От физико-механических свойств тел
- Вариант ответа
От давления
- Вариант ответа
От температуры
- Задание 14 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы взаимодействия твердых тел зависят главным образом
- Вариант ответа
От времени контакта тел
- Вариант ответа
От температуры
- Вариант ответа
От давления
- Вариант ответа
От физико-механических свойств тел
- Задание 15 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Под термином «изнашивание» следует понимать:
- Вариант ответа
Изнашивание, вызванное комбинированным действием различных факторов
- Вариант ответа
Разрушение материалов в процессе старения
- Вариант ответа
Усталостное разрушение
- Вариант ответа
Изнашивание при ударе
- Задание 16 (Блок 1– Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Под термином «изнашивание» следует понимать:
- Вариант ответа
Разрушение материалов в процессе старения
- Вариант ответа
Усталостное разрушение
- Вариант ответа

Изнашивание при ударе
- Вариант ответа
Изнашивание при трении
- Задание 17 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения пропорциональна:
- Вариант ответа
Скорости скольжения
- Вариант ответа
Времени контакта
- Вариант ответа
Давлению между телами
- Вариант ответа
Температуре тел
- Задание 18 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения пропорциональна:
- Вариант ответа
Времени контакта
- Вариант ответа
Давлению между телами
- Вариант ответа
Температуре тел
- Вариант ответа
Площади фактического контакта
- Задание 19 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения качения меньше силы трения скольжения почти в
- Вариант ответа
5 раз
- Вариант ответа
10 раз
- Вариант ответа
100 раз
- Вариант ответа
2 раза

- Задание 20 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Что означает термин «работоспособное состояние объекта»?

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным технической документацией

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он частично соответствует требованиям, установленным НТД

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией

- Задание 21 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Что означает термин «исправное состояние объекта»?

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным НТД

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он частично соответствует требованиям, установленным НТД

- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией

- Задание 22 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Что означает термин «дефект»?

- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа
Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа
Каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным нормативной документацией
- Задание 23 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Как называются средства технического диагностирования не входящие в конструкцию машины и подключаемые к объекту только для целей диагностирования, в зависимости от их устройства и технологического назначения:
- Вариант ответа
Устанавливаемые
- Вариант ответа
Внешние
- Вариант ответа
Встроенные (бортовые)
- Вариант ответа
Штатные
- Задание 24 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
По видам измеряемых диагностических параметров методы диагностирования подразделяются на сколько групп?
- Вариант ответа
На 3
- Вариант ответа
На 2
- Вариант ответа
На 4
- Вариант ответа
На 5

- Задание 25 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Основные требования к методам и средствам диагностирования
- Вариант ответа
Надежность
- Вариант ответа
Достоверность измерений
- Вариант ответа
Экономичность
- Вариант ответа
Технологичность
- Задание 26 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Достоверность измерений характеризуется:
- Вариант ответа
Чувствительностью
- Вариант ответа
Воспроизводимостью
- Вариант ответа
Точностью
- Вариант ответа
Сложностью
- Задание 27 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Назовите основные диагностические параметры технических объектов:
- Вариант ответа
Геометрические
- Вариант ответа
Рабочих процессов
- Вариант ответа
Сопутствующих процессов
- Вариант ответа
Рабочие, сопутствующие параметры и геометрическая разница
- Задание 28 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Назовите события перехода технических систем из одного состояния в другое
- Вариант ответа
Исправное, не исправное
- Вариант ответа
Исправное, не работающее, работоспособное, предельное
- Вариант ответа
Предельное, исправное, работоспособное
- Вариант ответа
Исправное, не работоспособное машины
- Задание 29 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Как называются средства технического диагностирования не входящие в конструкцию машины и подключаемые к объекту только для целей диагностирования, в зависимости от их устройства и технологического назначения:
- Вариант ответа
Устанавливаемые
- Вариант ответа
Внешние
- Вариант ответа
Встроенные (бортовые)
- Вариант ответа
Штатные
- **Задание 30 (Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Кто несет ответственность за инженерное обеспечение объектов (цехов, участков) горного предприятия
- Вариант ответа
Разработчик
- Вариант ответа
Изготовитель
- Вариант ответа
Ремонтник
- Вариант ответа
Эксплуатационник
- Задание 31 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

К методам измерения размеров и расположения объектов относят?
- Вариант ответа
Контактный
- Вариант ответа
Графический
- Вариант ответа
Визуальный
- Вариант ответа
Инструментальный
- Задание 32 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Разработка методики выполнения измерений включает следующие этапы:
- Вариант ответа
Обоснование погрешности измерений
- Вариант ответа
Обоснование необходимого количества замеров для обеспечения требуемой точности
- Вариант ответа
Определение диапазона измерений
- Вариант ответа
Формирование исходных данных
- Задание 33 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Погрешность измерений обуславливается:
- Вариант ответа
Влиянием внешних факторов
- Вариант ответа
Точностью измерительного прибора
- Вариант ответа
Формой и содержанием дефектной ведомости
- Вариант ответа
Совершенством средств измерений
- Задание 34 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Техническое состояние оборудования определяется совокупностью:
- Вариант ответа
Технических параметров

- Вариант ответа
Отклонений от номинальных значений структурных параметров
- Вариант ответа
Свойств выполнять заданные функции
- Вариант ответа
Значений диагностических параметров в зависимости от наработки
- Задание 35 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Непрерывный контроль технического состояния оборудования осуществляется:
- Вариант ответа
Переносными измерительными приборами
- Вариант ответа
Встроенными датчиками
- Вариант ответа
Стационарными измерительными приборами
- Вариант ответа
Бортовыми системами диагностики
- Задание 36 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Нормативные параметры работы оборудования обусловлены:
- Вариант ответа
Техническим заданием на производство машин
- Вариант ответа
Условиями эксплуатации машин
- Вариант ответа
ТУ на изготовление машины
- Вариант ответа
Конструкцией машины
- Задание 37 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Основным назначением диагностических нормативов является:
- Вариант ответа
Надежность объекта
- Вариант ответа
Годность объекта
- Вариант ответа

Ремонтопригодность
- Вариант ответа
Остаточный ресурс
- Задание 38 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Диапазон измерений представляет собой:
- Вариант ответа
Заданный предел измерений
- Вариант ответа
Шкалу измерительного прибора
- Вариант ответа
Область значений измеряемой величины
- Вариант ответа
Наиболее вероятное значение параметра
- Задание 39 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
К основным методам измерения массы относят:
- Вариант ответа
Электромагнитные
- Вариант ответа
Электрические
- Вариант ответа
Механические
- Вариант ответа
Гидравлические
- Задание 40 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
К основным методам измерения электрических величин относят:
- Вариант ответа
Совпадения
- Вариант ответа
Замещения
- Вариант ответа
Непосредственной оценки
- Вариант ответа
Сравнения

- Задание 41 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

При повторных измерениях погрешности разделяются на:

- Вариант ответа

Систематические

- Вариант ответа

Объективные

- Вариант ответа

Субъективные

- Вариант ответа

Случайные

- Задание 42 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Повышение надежности машин обеспечивается улучшением таких показателей как?

- Вариант ответа

Ремонтопригодность

- Вариант ответа

Безотказность

- Вариант ответа

Коэффициент технического использования

- Вариант ответа

Сохраняемость

- Задание 43 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

.Надежность-свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения

- Вариант ответа

Хранения и транспортировки

- Вариант ответа

Ремонта

- Вариант ответа

Эксплуатации

- Вариант ответа

Технического обслуживания

- Задание 44 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Ремонт-это:

- Вариант ответа

Отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил эксплуатации оборудования

- Вариант ответа

Комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению

- Вариант ответа

Комплекс операций по поддержанию работоспособности оборудования и восстановлению его ресурса

- Вариант ответа

Поддержание работоспособного состояния оборудования путем выполнения ремонтных операций

- Задание 45 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

В соответствии с назначением, характером и объемом выполняемых работ ремонт технологического оборудования подразделяется на виды:

- Вариант ответа

Производственный

- Вариант ответа

Гарантийный

- Вариант ответа

Индивидуальный

- Вариант ответа

Текущий, капитальный

- Задание 46 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Отказ-это событие, при котором система:

- Вариант ответа

Ломается

- Вариант ответа

Подлежит ремонту

- Вариант ответа

Теряет свою работоспособность

- Вариант ответа

Становится неисправной
- Задание 47 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Ресурс-это наработка изделия до:
- Вариант ответа
Первого отказа
- Вариант ответа
Предельного состояния
- Вариант ответа
Потери исправности
- Вариант ответа
Ремонта
- Задание 48 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Эффективность технических систем определяется:
- Вариант ответа
Повышением надежности
- Вариант ответа
Снижением времени простоя при отказе
- Вариант ответа
Снижением потерь от ее отказов, превышающих затраты на резервирование
- Вариант ответа
Повышением качества функцианирования
- Задание 49 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
В технических системах отказы классифицируются как:
- Вариант ответа
Новые и старые
- Вариант ответа
Первичные и вторичные
- Вариант ответа
Внезапные и постепенные
- Вариант ответа
Внезапные и вторичные
- Задание 50 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Календарный срок службы это
- Вариант ответа
Наработка изделия до первого отказа
- Вариант ответа
Календарная продолжительность эксплуатации до наступления предельного состояния
- Вариант ответа
Календарная продолжительность эксплуатации изделия до ремонта
- Вариант ответа
Наработка изделия до потери исправности
- Задание 51 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Работоспособность - такое состояние системы, при котором значения параметров, характеризующих ее способность выполнять заданные функции:
- Вариант ответа
Находятся в пределах, установленных нормативно-технической документацией
- Вариант ответа
Не превышают предельные
- Вариант ответа
Соответствуют техническому
- Вариант ответа
Превышают предельные
- Задание 52 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Назначение ремонтного хозяйства горного предприятия:
- Вариант ответа
Своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
- Вариант ответа
Своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования
- Вариант ответа

Своевременное удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
- Вариант ответа

В полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами

- Задание 53 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)

Основная задача ремонтного хозяйства:

- Вариант ответа

Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт

- Вариант ответа

Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонтное обслуживание

- Вариант ответа

Обеспечить эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт

- Вариант ответа

Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования

- Задание 54 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)

Диагностика любого объекта осуществляется:

- Вариант ответа

Приборами диагностики

- Вариант ответа

Устройствами диагностики

- Вариант ответа

Программой диагностики

- Вариант ответа

Средствами диагностики

- Задание 55 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)

Для проверки соответствия фактических показателей надежности требованиям технической документации проводят испытания:

- Вариант ответа

Определительные

- Вариант ответа

Контрольные

- Вариант ответа

Технические

- Вариант ответа

Эксплуатационные

- Задание 56 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основной задачей технической диагностики является:
- Вариант ответа
Распознавание технического состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Распознавание технического состояния объекта
- Вариант ответа
Определение числа состояний, в которых может находится система
- Вариант ответа
Определение состояния, в котором находится система
- Задание 57 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Дефектация- это процесс:
- Вариант ответа
Выявления технического состояния деталей и сопряжений
- Вариант ответа
Выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
- Вариант ответа
Выявления технического состояния деталей путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
- Вариант ответа
Выявления технического состояния сопряжений путем сравнения с данными технической документации
- Задание 58 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Целью технической диагностики является:
- Вариант ответа
Повышение надёжности и ресурса изделий
- Вариант ответа
Определение надёжности изделий
- Вариант ответа
Определение надёжности и ресурса изделий
- Вариант ответа
Повышение ресурса изделий
- Задание 59 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническое состояние – совокупность:

- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
технических свойств объекта
- Вариант ответа
Свойств объекта
- Задание 60 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая подготовка включает в себя:
- Вариант ответа
Конструкторскую и технологическую подготовку
- Вариант ответа
Конструкторскую и техническую подготовку
- Вариант ответа
Конструкторскую и материальную подготовку
- Вариант ответа
Технологическую и техническую подготовку
- Задание 61 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика используется для:
- Вариант ответа
Уменьшения числа отказов
- Вариант ответа
Слежения за числом отказов
- Вариант ответа
Определение места отказа
- Вариант ответа
Повышение надежности системы
- Задание 62 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
По характеру диагноза различают диагностирование:
- Вариант ответа
Функциональное и тестовое
- Вариант ответа
Структурное и тестовое
- Вариант ответа
Функциональное и структурное

- Вариант ответа
Информационное и тестовое
- Задание 63 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Глубина диагностирования:
- Вариант ответа
Мера проникновения по структуре
- Вариант ответа
Мера проникновения по иерархии
- Вариант ответа
Учет функций системы
- Вариант ответа
Все перечисленное
- Задание 64 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основное назначение диагностики:
- Вариант ответа
Понижение числа отказов
- Вариант ответа
Повышение качества системы
- Вариант ответа
Понижение частоты отказов
- Вариант ответа
Повышение надежности системы
- Задание 65 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностирование – процедура:
- Вариант ответа
Локализации неисправностей объекта
- Вариант ответа
Установление неисправностей объекта
- Вариант ответа
Определение неисправностей объекта
- Вариант ответа
Все перечисленные
- Задание 66 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика разрабатывает методы и средства:
- Вариант ответа
Поиска отклонений в режимах работы автоматизированных систем

- Вариант ответа
Все перечисленное
- Вариант ответа
Обнаружения и устранения дефектов в системах
- Вариант ответа
Локализации дефектов в системах
- Задание 67 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Функциональное диагностирование позволяет определить техническое состояние системы:
- Вариант ответа
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа
По поэлементному воздействию на нее
- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее
- Вариант ответа
По общему воздействию на нее
- Задание 68 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Элементарный эксперимент – проверки состояния системы, заключающийся:
- Вариант ответа
В подаче на объект воздействий
- Вариант ответа
В подаче на объект воздействий и измерении
- Вариант ответа
В измерении ответов
- Вариант ответа
По общему воздействию на систему
- Задание 69 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование позволяет проверить техническое состояние системы:
- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее
- Вариант ответа
По поэлементному воздействию на нее
- Вариант ответа
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа

По общему воздействию на нее
- Задание 70 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
В процессе диагностирования проверяется:
- Вариант ответа
Исправность и работоспособность системы
- Вариант ответа
Работоспособность системы
- Вариант ответа
Безотказность и исправность системы
- Вариант ответа
Исправность системы

- Задание 71 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
На ремонтных чертежах указывают:
- Вариант ответа
Все размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия
- Вариант ответа
Только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия
- Вариант ответа
Только те размеры, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта изделия
- Вариант ответа (+)
Только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе сборки изделия

- Задание 72 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование позволяет определить техническое состояние системы:
- Вариант ответа
По функциональному воздействию на нее
- Вариант ответа
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа
По контрольному воздействию на нее

- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее
- Задание 73 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Эффективность диагностирования оценивается:
- Вариант ответа
Качеством алгоритмов и средств диагностирования
- Вариант ответа
Диагнозом
- Вариант ответа
Качеством алгоритмов диагностирования
- Вариант ответа
Результатом диагностирования
- Задание 74 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование производится в режиме:
- Вариант ответа
Оперативном
- Вариант ответа
Эксплуатационном
- Вариант ответа
Контрольном
- Вариант ответа
Эпизодическом
- Задание 75 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагноз ставится по результатам:
- Вариант ответа
Совокупности элементарных экспериментов
- Вариант ответа
Проверок
- Вариант ответа
Совокупности результатов наблюдений
- Вариант ответа
Эксплуатации
- Задание 76 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Предупреждать аварии;

- Вариант ответа
Повышать безотказность машин и оборудования;
- Вариант ответа
Увеличивать их долговечность и ресурс;
- Вариант ответа
Все перечисленное
- Задание 77 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Общий процесс диагностирования включает:
- Вариант ответа
Измерение геометрических параметров объекта
- Вариант ответа
Анализ требований нормативно-технической документации
- Вариант ответа
Тестовое воздействие на объект
- Вариант ответа
Определение расхода и оценка качества смазочных материалов
- Задание 78 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностические параметры чаще всего определяются:
- Вариант ответа
Экспериментальным путем
- Вариант ответа
Теоретическим путем
- Вариант ответа
На основании расчетных данных
- Вариант ответа
С помощью математических моделей
- Задание 79 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностические параметры измеряют при помощи:
- Вариант ответа
Стендов
- Вариант ответа
Датчиков
- Вариант ответа
Установок
- Вариант ответа
Вычислительной техники

- Задание 80 (Блок 2– Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностическими параметрами могут быть:
- Вариант ответа
Параметры рабочих и сопутствующих процессов
- Вариант ответа
Параметры функциональных элементов
- Вариант ответа
Параметры конструкции машины
- Вариант ответа
Климатические факторы:
- Задание 81 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Постановка диагноза-это:
- Вариант ответа
Заключение о сроке службы объекта
- Вариант ответа
Заключение о техническом состоянии диагностируемого объекта
- Вариант ответа
Определение работоспособности объекта
- Вариант ответа
Оценка ремонтопригодности объекта
- Задание 82 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Система диагностирования машин включает:
- Вариант ответа
Нормативно-техническую документацию
- Вариант ответа
Объект диагностирования и диагностические параметры
- Вариант ответа
Технические требования на проектирование машины
- Вариант ответа
ТУ на изготовление машины
Задание 83 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Общий процесс диагностирования включает:
- Вариант ответа
Измерение геометрических параметров объекта
- Вариант ответа
Анализ требований нормативно-технической документации

- Вариант ответа
Тестовое воздействие на объект
- Вариант ответа
Определение расхода и оценка качества смазочных материалов
- Задание 84 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Ремонтные размеры деталей делятся на
- Вариант ответа
Категорийные и пригоночные
- Вариант ответа
Категорийные и свободные
- Вариант ответа
Стандартные и регламентируемые
- Вариант ответа
Категорийные и стандартные

Задание 85 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническое состояние – совокупность
- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Технических свойств объекта
- Вариант ответа
свойств объекта
Задание 86 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностика любого объекта осуществляется:
- Вариант ответа
Приборами диагностики
- Вариант ответа
Устройствами диагностики
- Вариант ответа
Программой диагностики
- Вариант ответа
Средствами диагностики

Задание 87 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика используется для:
- Вариант ответа
Уменьшения числа отказов
- Вариант ответа
Слежения за числом отказов
- Вариант ответа
Определение места отказа
- Вариант ответа
Повышение надежности системы
Задание 88 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика разрабатывает методы и средства
- Вариант ответа
Поиска отклонений в режимах работы автоматизированных систем
- Вариант ответа
Обнаружения и устранения дефектов в системах
- Вариант ответа
Локализации дефектов в системах
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 89 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностирование – процедура:
- Вариант ответа
Локализации неисправностей объекта
- Вариант ответа
Установление неисправностей объекта
- Вариант ответа
Определение неисправностей объекта
- Вариант ответа
Все перечисленные
Задание 90 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основная задача технической диагностики – распознавание:
- Вариант ответа
Технического состояния объекта
- Вариант ответа
Состояния объекта в условиях ограниченной информации

- Вариант ответа
Технического состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Общего состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Задание 91 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Предупреждать аварии;
- Вариант ответа
Повышать безотказность машин и оборудования;
- Вариант ответа
Увеличивать их долговечность и ресурс;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 92 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Повышать производительность и объем производства;
- Вариант ответа
Прогнозировать остаточный ресурс;
- Вариант ответа
Снижать затраты времени на ремонтные работы;
Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 93 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Уменьшать количество обслуживающего персонала;
- Вариант ответа
Оптимизировать количество запасных частей;

- Вариант ответа
Сокращать эксплуатационные затраты;
- Вариант ответа
Все перечисленное

Задание 94 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основные этапы в развитии средств оценки технического состояния маши:
- Вариант ответа
Мониторинг контролируемых параметров;
- Вариант ответа
Диагностика машин и оборудования;
- Вариант ответа
Прогноз изменения технических параметров;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 95 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что означает термин «мониторинг технического состояния машин»:
- Вариант ответа
Предупреждение и защита от внезапных поломок;
- Вариант ответа
Обнаружение на ранних этапах зарождающихся дефектов и определение места их появления, вида и степени развития;
- Вариант ответа
Прогноз изменения технического состояния оборудования;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 96 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Под термином «мониторинг технического состояния машин» понимают, выполняемые без вмешательства в функционирование объекта:
- Вариант ответа
Процессы измерения;
- Вариант ответа
Анализ и прогнозирование контролируемых параметров или характеристик объекта с отображением их во времени;
- Вариант ответа
Сравнение полученных результатов с ретроспективными данными и с пороговыми значениями;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 97 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что понимают под техническими средствами мониторинга:

- Вариант ответа
Средства, предназначенные для измерения контролируемых параметров;
- Вариант ответа
Анализа полученных данных о функционировании объекта;
- Вариант ответа
Прогноза возможных изменений технического состояния оборудования;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 98 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что входит в систему мониторинга и диагностики, обеспечивающую постановку диагноза и прогноза состояния объекта:
- Вариант ответа
Объект, выполняющий заданные функции;
- Вариант ответа
Технические средства мониторинга и диагностики;
- Вариант ответа
Оператор и эксперт-диагност;
- Вариант ответа
Все перечисленное
Задание 99 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Укажите комплексный показатель надежности:
- Вариант ответа
Вероятность безотказной работы
- Вариант ответа
Коэффициент готовности
- Вариант ответа
Коэффициент полезного действия
- Вариант ответа
Вероятность отказов
Задание 100 (Блок 2 –Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Постановка диагноза-это:
- Вариант ответа
Заключение о сроке службы объекта
- Вариант ответа
Заключение о техническом состоянии диагностируемого объекта
- Вариант ответа
Определение работоспособности объекта

- Вариант ответа
Оценка ремонтопригодности объекта

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Пример выполнения контрольной работы по вариантам 1-15

Контрольная работа № 1
ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР)

1.1. Цель работы

1. Ознакомление с ремонтными нормативами.
2. Получение навыка по перспективному планированию ремонтных работ.

1.2. Основные сведения

Длительная и надежная работа горных машин возможна только при условии систематического и качественного проведения мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Под техническим обслуживанием понимают комплекс работ для поддержания исправности или только работоспособности машин при подготовке и использовании по назначению, при хранении и транспортировании.

Ремонт – комплекс работ для поддержания и восстановления исправности или работоспособности машин.

Система технического обслуживания и ремонта – комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных нормативной документацией.

В горной промышленности широкое применение получила ***система планово-предупредительного ремонта***. Сущность этой системы заключается в том, что горные машины после определенной наработки подвергаются осмотрам и различным видам ремонтов, периодичность и продолжительность которых определяются в зависимости от конструктивных особенностей машин, ресурса деталей и сборочных единиц и условий их эксплуатации. Система называется ***плановой*** потому, что все ее мероприятия осуществляются по заранее разработанному плану и ***предупредительной*** – потому, что выполняемые работы носят предупредительный, профилактический характер, исключающий возможность работы машин в условиях прогрессирующего износа.

Для каждой группы оборудования карьера и шахты характерны свои мероприятия по техобслуживанию и ремонту: для одноковшовных и многоковшовных экскаваторов, буровых станков, отвалообразователей, перегружателей, транспортно-отвальных мостов, конвейеров – ежесменное и ежесуточное обслуживание, периодические ремонтные осмотры, текущие и капитальные ремонты. Для тяговых агрегатов, электровозов, дизельэлектровозов, тепловозов, думпкаров, вагонов мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту включают заводские (З), подъемочные (П), большие и малые периодические и профилактические ремонты. В комплекс мероприятий по обслуживанию автосамосвалов, скреперов, бульдозеров, рыхлителей, погрузчиков входят ежесменное обслуживание (ЕО), технические обслуживания ТО-1 и ТО-2, сезонное обслуживание (СО), текущий (Т) и капитальный (К) ремонты.

Существует долгосрочное, годовое и текущее (месячное) планирование ремонтных работ.

Работа № 1 ограничивается разработкой годового графика ППР. Обоснованное составление перспективного графика ППР предполагает проведение соответствующих расчетов. Основой для расчетов служат ремонтные нормативы (прил. 1–3).

1.3. Методика расчета графика ППР

В практической работе следует произвести расчет и построить годовой график ППР для заданной машины. Ниже приводятся примеры расчета и годовые графики ППР для экскаватора ЭКГ-8И и компрессора К250-61-1.

Пример 1. Исходные данные для расчета экскаватора ЭКГ-8И.

Межремонтные сроки, маш.-ч:

К=22400, Т3=11200, Т2=5600, Т1=2800, РО=466.

Трудоемкость ремонтов, чел.-ч:

К=9330, Т3=3740, Т2=2280, Т1=1280, РО=630.

Продолжительность ремонтов, сутки:

К=30, Т3=12, Т2=8, Т1=4, РО=2.

Режим работы экскаватора:

7-дневная рабочая неделя, количество рабочих смен в сутки – 3, продолжительность смены – 8 часов, коэффициент использования по машинному времени – 0,8.

Машина введена в эксплуатацию 07.07.2020 года после проведения Т3. Расчет графика выполнить на 2021 год.

Решение

Исходя из межремонтных сроков, составим структуру ремонтного цикла:

Н – $466РО_1$ – $932РО_2$ – $1398РО_3$ – $1864РО_4$ – $2330РО_5$ – – $2800Т_1(1)$ – $3266РО_6$ – $3732РО_7$ – $4198РО_8$ – $4664РО_9$ – – $5130РО_{10}$ – $5600Т_2(1)$ – $6066РО_{11}$ – $6532РО_{12}$ – $6998РО_{13}$ – – $7464РО_{14}$ – $7930РО_{15}$ – $8400Т_1(2)$ – $8866РО_{16}$ – $9332РО_{17}$ – – $9798РО_{18}$ – $10264РО_{19}$ – $10730РО_{20}$ – $11200Т_3$ – $11666РО_{21}$ – – $12132РО_{22}$ – $12598РО_{23}$ – $13064РО_{24}$ – $13530РО_{25}$ – $14000Т_1(3)$ – – $14466РО_{26}$ – $14932РО_{27}$ – $15398РО_{28}$ – $15864РО_{29}$ – $16330РО_{30}$ – – $16800Т_2(2)$ – $17266РО_{31}$ – $17732РО_{32}$ – $18198РО_{33}$ – $18664РО_{34}$ – – $19130РО_{35}$ – $19600Т_1(4)$ – $20066РО_{37}$ – $20532РО_{37}$ – $20998РО_{38}$ – – $21464РО_{39}$ – $21930РО_{40}$ – 22400К.

Цифры в структурной формуле являются нормативным временем постановки машины в ремонт.

Расчет графика ППР для экскаватора ЭКГ-8И начинается с июля месяца, так как экскаватор введен в работу 07.07.2020 г. В ремонтных нормативах для экскаватора межремонтные сроки даны в машино-часах.

Суточная наработка экскаватора составляет

$$3 \cdot 8 \cdot 0{,}8 = 19{,}2 \text{ маш.-ч.},$$

так как экскаватор работает 3 смены, каждая по 8 календарных часов, при коэффициенте использования по машинному времени 0,8.

Определяем количество машино-часов работы экскаватора по месяцам года

$$Т = Д_{рм} \cdot n \cdot t \cdot K_{имв}, \quad (1.1)$$

где $Д_{рм}$ – количество дней работы экскаватора в месяц; n – количество рабочих смен в сутки; t – продолжительность смены, ч; $K_{имв}$ – коэффициент использования по машинному времени.

2020 год (маш.-ч)

Июль – 24·3·8·0,8=461
Август – 31·3·8·0,8=595
Сентябрь – 30·3·8·0,8=576
Октябрь – 31·3·80,8=595
Ноябрь – 30·3·8·0,8=576
Декабрь – 31·3·8·0,8=595

2021 год (маш.-ч)

Январь – 31·3·80,8=595
Февраль – 28·3·8·0,8=538
Март – 31·38·0,8=595
Апрель – 30·3·8·0,8=576
Май – 31·3·8·0,8=595
Июнь – 30·3·8·0,8=576

Июль – 31·3·8·0,8=595
Август – 31·3·8·0,8=595
Сентябрь – 30·3·8·0,8=576
Октябрь – 31·3·8·0,8=595
Ноябрь – 30·3·8·0,8=576
Декабрь – 31·3·8·0,8=595

Порядок расчета графика, представленный в табл. 1.1, следующий.

Возможный фонд рабочего времени определяется произведением количества рабочих суток умноженное на суточную наработку машины в маш.-час. Простои в ремонте берутся в ремонтных нормативах и переводятся в машино-часы.

Действительный фонд рабочего времени равен разности возможного фонда и простоев машины в ремонте. Нарастающий фонд рабочего времени есть сумма предыдущего фонда и действительного в данном месяце. Время до ремонта по нормативу и вид ремонта берутся из структурной формулы ремонта.

Срок выполнения ремонта определяется следующим образом. Берем разность нарастающего итога фонда рабочего времени за предыдущий месяц и временем до ремонта по нормативу в текущем месяце, полученное число делим на количество маш.-часов в сутки. К полученному количеству суток при прерывной рабочей неделе добавляем выходные дни. Получаем дату ремонта (сроки выполнения).

Таблица 1.1

Расчет графика ППР для экскаватора ЭКГ-8И

Месяц/ год	Возможный фонд рабочего времени, маш.-ч	Простой в ремонте		Действительный фонд рабочего времени,маш.-ч	Нарастающий итог фонда рабочего времени, маш.-ч	Время до ремонта по нормативу, маш.-ч	Вид ремонта	Дата ремонта
		сутки	маш.-ч					
2020 год								
Июль	461	–	–	461	11661	11666	–	–
Август	595	2 2	38 38	519	12180	11666 12132	PO_{21} PO_{22}	2, 3, 28, 29
Сентябрь	576	2	38	538	12718	12598	PO_{23}	23, 24
Октябрь	595	2	38	557	13275	13064	PO_{24}	19, 20
Ноябрь	576	2	38	480	13813	13530	PO_{25}	14, 15
Декабрь	595	4	76	519	14332	14000	$T_1(3)$	11, 12, 13, 14
2021 год								
Январь	595	2	38	557	14889	14466	PO_{26}	8, 9
Фев-раль	538	2	38	500	15389	14932	PO_{27}	3, 4
Март	595	2	38 38	519	15908	15398 15864	PO_{28} PO_{29}	1, 2, 26, 27
Апрель	576	2	38	538	16446	16330	PO_{30}	23, 24
Май	595	8	154	441	16887	16800	$T_2(2)$	19 – 26
Июнь	576	2	38	538	17425	17266	PO_{31}	21, 22
Июль	595	2	38	538	17982	17732	PO_{32}	17, 18
Август	595	2	38	557	18539	18198	PO_{33}	12, 13
Сентябрь	576	2	38	538	19077	18664	PO_{34}	8, 9
Октябрь	595	2 4	38 76	481	19600	19130 19600	PO_{35} $T_1(4)$	4, 5, 28 – 31
Ноябрь	576	– 2	– 38	538	20138	20066	- PO_{36}	25, 26
Декабрь	595	2	38	557	20695	20532	PO_{37}	22, 23

На основании табл. 1.1. составляем табл. 1.2.

Таблица 1.2

График ППР экскаватора ЭКГ-8И на 2021 г.

Месяц 2021 года											
Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
8 – 9 $ПО_{26}$	3 – 4 $ПО_{27}$	1–2 $ПО_{28}$ 26–27 $ПО_{29}$	23–24 $ПО_{30}$	19–26 $Т_2$ (2)	21–22 $ПО_{31}$	17–18 $ПО_{32}$	12–13 $ПО_{33}$	8–9 $ПО_{34}$	4–5 $ПО_{35}$ 28–31 $Т_1$ (4)	25–26 $ПО_{36}$	22–23 $ПО_{37}$

Примечание. 1. Числитель – дата начала и окончания ремонта.
2. Знаменатель – вид ремонта

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА

2.1. Цель работы

1. Ознакомиться с методикой расчета годовых затрат труда на производство ремонтных работ.

2. Усвоение методики планирования численности ремонтного персонала.

2.2. Расчет трудоемкости ремонтных работ

Пример расчета трудоемкости ремонта экскаватора ЭКГ-8И приведен в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчет годовой программы и трудоемкости ремонта экскаватора

Наименование оборудования	Количество в работе, шт.	Годовая наработка (т), маш.-ч	Межремонтные сроки, маш.-ч				
			К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО
Экскаватор ЭКГ-8И	12	6269	22400	11200	5600	2800	466

Продолжение табл. 2.1

Количество ремонтов на единицу в год					Годовая программа (количество ремонтов на парк оборудования)				
К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО	К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО
0,28	0,28	0,56	1,12	11,21	3,36	3,36	6,72	13,44	134,52

Продолжение табл. 2.1

Трудоемкость одного ремонта, чел.-ч					Трудоемкость на годовую программу, чел.-ч				
К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО	К	$Т_3$	$Т_2$	$Т_1$	РО
9330	3740	2280	1280	630	31349	12566	15322	17203	84748

Годовая наработка определяется по выражению

$$T = (T_р - T_{рем})\, n \cdot t_c \cdot K_{исп}\,, \qquad (2.1)$$

где $Т_р$ – количество рабочих дней предприятия в году; $Т_{рем}$ – среднегодовые простои машины в ремонтах, дни; n – число смен работы машины в сутки; $t_с$ – продолжительность смены, ч; $K_{исп}$ – коэффициент использования по машинному времени.

Годовая наработка зависит от режима работы предприятия и от интенсивности использования машины.

Если принять для экскаватора 7-дневную рабочую неделю при 3-х сменной суточной работе с продолжительностью смены 8 часов, то

$$Т = (365 – 38{,}5)\ 3 \cdot 8 \cdot 0{,}8 = 6269 \text{ (маш.-ч)}\ ,$$

В общем случае $Т_р = Т_к – Т_в – Т_п$; $Т_к$ – количество календарных дней в году; $Т_в$ – количество воскресных дней в году; $Т_п$ – количество праздничных дней в году.

Среднегодовые простои экскаватора ЭКГ-8И в ремонтах – $T_{рем}$=38,5 суток – определены следующим образом: исходя из периодичности ремонтов, структура ремонтного цикла имеет вид:

$$5РО–Т_1(1) –5РО–Т_2(1) –5РО–Т_1(2) –5РО–Т_3–5РО–Т_1(3) –$$
$$–5РО—Т_2(2) –5РО–Т_1(4) –5РО–К,$$

т. е. количество ремонтов за ремонтный цикл

$$К=1,\ Т_3=1,\ Т_2=2,\ Т_1=4,\ РО=40\ .$$

Таблица 2.2

Суммарные простои за РЦ

Виды ремонтов	Количество ремонтов за РЦ	Нормативные простои в ремонте, сутки	Суммарные простои в ремонте, сутки
К	1	30	30
$Т_3$	1	12	12
$Т_2$	2	8	16
$Т_1$	4	4	16
РО	40	2	80
ИТОГО:			154

Среднегодовые простои определены следующим образом:

$$Т_{рем} = N_{сут}/Т_l\,, \qquad (2.2)$$

где $N_{сут}$ – время простоя в ремонтах за ремонтный цикл ($N_{сут}$ = 154); $Т_l$ – длительность ремонтного цикла, годы.

$$Т_l = t_к / t_{ро} = 22400/466 = 48 \text{ мес.} = 4 \text{ года}; \qquad (2.3)$$
$$Т_{рем} = 154/4 = 38{,}5 \text{ сут.}$$

Значение $Т_{рем}$ может быть так же определено путем суммирования простоев в ремонте, приведенных в годовом графике ППР (см. табл.1.1).

Значения $К_{имв}$ приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Оборудование шахты

Наименование оборудования	Коэффициент использования машины по времени, $K_{имв}$		Наименование оборудования	Коэффициент использования машины по времени, $K_{имв}$
Комбайны очистные	0,5		Электровозы	0,9
Крепи механизированные	1		Лебедки, работающие в очистном забое	0,6
Комбайны проходческие	0,35		Лебедки, работающие на подготовительных выработках	0,8
Конвейеры скребковые	0,5			
Конвейеры ленточные	0,8		Буровые станки	0,5
Погрузочные машины	0,7		Подъемные машины	0,8
Насосные станции (комплексов)	0,9		Вагонетки	0,7

Для оборудования, не приведенного в табл. 2.3, значения $K_{имв}$ принимать:

- для забойного – 0,4;
- незабойного – 0,7.

Количество ремонтов в год, приходящееся на одну машину, определяется по нижеприведенным формулам (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Количество ремонтов по видам в год

Вид ремонта	Расчетная формула
Капитальный – К	$N_k = \text{Т}/t_k$
Текущий – Т_2	$N_{\text{Т2}} = \text{Т}/t_{\text{Т2}} - N_k$
Текущий – Т_1	$N_{\text{Т1}} = \text{Т}/t_{\text{Т1}} - (N_k + N_{\text{Т2}})$
Ремонтный осмотр – РО	$N_{\text{РО}} = \text{Т}/t_{\text{Р0}} - (N_k + N_{\text{Т2}} + N_{\text{Т1}})$

*Приме*чание. Т – годовая наработка, маш.-ч (ч, км, т, $м^3$ и т. п.); t_k, $t_{\text{Т2}}$, $t_{\text{Т1}}$, $t_{\text{Р0}}$ – межремонтные периоды соответственно между капитальными, текущими ремонтами и ремонтными осмотрами, маш.-ч (ч, км, т, $м^3$ и т. п.).

При отсутствии нормативных данных по какому-либо типу оборудования трудоемкость ремонтов определяется по конструктивно и функционально подобному аналогу приведением по массе или стоимости.

$$\text{Т}_1 = \text{Т}_2\sqrt[3]{(P_1/\text{Р}_2)^2},\ \ \text{Т}_1 = \text{Т}_2\sqrt[3]{(\overline{\text{С}_1/\text{С}_2})^2}, \quad (2.4)$$

где Т_1 – трудоемкость ремонта машины (искомая), чел-ч; Т_2 – трудоемкость ремонта однотипной машины (известная); P_1 и P_2 – масса машины (искомая и известная), т; С_1 и С_2 – стоимость машины (искомая и известная), тыс. руб.

При расчете трудоемкости ремонтных работ скребковых и ленточных конвейеров следует иметь ввиду, что в нормативах затраты труда приведены на ремонт привода. Затраты труда на ремонт роликов, лент и металлоконструкций учитываются отдельно, а нормативы приведены в примечанияхназванных ниже источников.

Количество ремонтов в год, приходящееся на одну машину, определяется по нижеприведенным формулам:

$$N_k = \text{Т}/t_k = 6269/22400 = 0{,}28, \quad (2.5)$$

$$N_{\text{Т3}} = \text{Т}/t_{\text{Т3}} - N_k = (6269/11200) - 0{,}28 = 0{,}28, \quad (2.6)$$

$$N_{\text{Т2}} = \text{Т}/t_{\text{Т2}} - (N_k + N_{\text{Т3}}) = (6269/5600) - (0{,}28+0{,}28)=0{,}56, \quad (2.7)$$

$$N_{\text{Т1}} = \text{Т}/t_{\text{Т1}} - (N_k + N_{\text{Т3}} + N_{\text{Т2}}) = (6269/2800)–{,}28+0{,}28+0{,}56)=1{,}12 \quad (2.8)$$

$$N_{\text{Р0}} = \text{Т}/t_{\text{Р0}} - (N_k + N_{\text{Т3}} + N_{\text{Т2}} + N_{\text{Т1}}) =$$
$$=(6269/466)-(0,28+0,28+0,56+1,12)=11,21. \qquad (2.9)$$

Трудоемкость на годовую программу (см. табл. 2.1) распределяется по видам работ. Процентное соотношение между видами работ приводится в нормативах для соответствующего вида оборудования.

Пример распределения трудоемкости по видам работ для экскаватора ЭКГ-8И приведен в табл. 2.5.

Работы, выполняемые сторонними организациями, из расчета исключаются (например, капитальный ремонт, проводимый в условиях специализированного ремонтного предприятия).

Трудоемкость для табл. 2.5 берется из табл. 2.1.

2.3. Расчет штата ремонтного персонала

Пример 1. Штаты ремонтной службы определяются численностью тех профессий, которые непосредственно заняты на текущих ремонтах (слесари, электрики, станочники и др.).

Таблица 2.5

Расчет штата ремонтного персонала

Наименование оборудования	Вид ремонта				
	Т_3				
	трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ			
		станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
		% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч
Экскаватор ЭКГ-8И	12566	20 2513	40 5026	20 2513	20 2513

Вид ремонта	Вид ремонта

T_2					T_1				
Трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ				трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ			
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие		станочные	слесарные	емонтные	прочие
	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч		% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч
15322	15 2298	50 7661	15 2298	20 3064	17203	12 2064	55 9462	12 2064	21 3613

Продолжение табл. 2.5

Продолжение табл. 2.5

Вид ремонта					Суммарная трудоемкость по видам работ, чел.-ч			
РО								
Трудоемкость ремонта, чел.-ч.	виды работ							
	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие	станочные	слесарные	эл. ремонтные	прочие
	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч	% чел.-ч				
84748	8 6780	60 50848	12 10170	20 16950	19925	72997	21747	33977

Количество ремонтных рабочих (без дежурных электрослесарей), чел.

$$N_р = (T_в - T_{мб})K_р / \Phi_р, \qquad (2.10)$$

где $T_в$ – трудоемкость по видам работ (см. табл. 2.5), чел.-ч; $T_{мб}$ – трудоемкость участия машинных бригад в ремонтах обслуживаемого оборудования (учитывается только при определении слесарной группы), чел.-ч; $K_р$ – коэффициент резерва, учитываю-щий непредвиденные работы (устранение внезапных отказов и др.), $K_р$ = 1,1; $\Phi_р$ – годовой фонд времени производственного рабочего, ч; $\Phi_р$ = 1820 ч.

Участие машинных бригад $T_{мб}$(чел.-ч.) в ремонтах

$$T_{мб} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} N_{мбi} \cdot П_{нi} \cdot K_у \ , \qquad (2.11)$$

где n – количество машин разного типа на предприятии; m – количество разных видов ремонтов, предусмотренных для n-й машины; $N_{мбi}$ – количество членов машинной бригады i-го вида оборудования, чел; $П_{нi}$ – нормативная длительность простоя i-го вида оборудования в ремонтах в течении года, ч; $К_у$ – коэффициент участия, зависящий от фактической возможности и эффективности использования членов машинной бригады на ремонтах, определяемый их квалификацией и графиком работы ($К \leq 1$ – принимается по данным предприятия).

Определим годовые затраты труда машинистов на ремонт экскаватора ЭКГ-8И

$$Т_{мб(ЭКГ\text{-}8И)} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} N_{мб(ЭКГ\text{-}8И)} П_{н(ЭКГ\text{-}8И)} К_у = \quad (2.12)$$

$$= 2 \cdot 3(322{,}6 + 430{,}1 + 430{,}1 + 2152{,}3)0{,}8 = 15908 \text{ ч},$$

где n=1 (ЭКГ-8И); m=4 ($Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО); $N_{мб}$ = 2·3 = 6 чел. (для ЭКГ-8И в одну смену работают машинист и помощник машиниста, а количество рабочих смен в сутки 3); $П_{Н1}$ = 12·8·3,36 = = 322,6 ч – простои X_0 $Т_3$; $П_{Н2}$ = 8·8·6,72 = 430,1 ч – простои X_0 $Т_2$;

$П_{Н3}$ = 4·8·13,44 = 430,1 ч – простои X_0 $Т_1$; $П_{Н4}$ = 2·8·134,52 = 2152,3 ч – простои X_0 РО; 12, 8, 4, 2 – нормативная продолжительность ремонтов соответственно $Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО (приводится в ремонтных нормативах) ч; 8 – длительность смены при ремонте, ч; 3,36; 6,72; 13,44; 134,52 – годовая программа по видам ремонта $Т_3$, $Т_2$, $Т_1$, РО (из табл. 2.1); $К_у$ = 0,8.

Количество рабочих-станочников

$N_{р.стан.}$ =19925х1,1/1820= 12,04, принимаем, $N_{р.стан.}$ = 12 чел.

Количество рабочих-слесарей

$N_{р.слес.}$ =(72997-15908)х1,1/1820= 34,5; принимаем $N_{р.слес.}$ = 35 чел.

Количество рабочих-электриков

$N_{р.эл.}$ =21747х1,1/1820= 13,14; принимаем $N_{р.эл.}$ = 13 чел.

Количество рабочих прочих специальностей

$N_{р.проч.}$ =33997х1,1/1820= 20,5; принимаем $N_{р.проч}$ = 21 чел.

Количество трудящихся ремонтной службы, чел.

$$N_{рс} = \sum_{i=1}^{q} N_{рi} + N_{д} + N_{в} + N_{итр}\ , \qquad (2.13)$$

где q – количество профессий ремонтников; N_{pi} – численность ремонтников i-й профессии; $N_{д}$ – численность дежурного персонала (зависит от режима работы предприятия и директивных распоряжений по отрасли); $N_{в}$ – количество вспомогательных рабочих, чел.

$$N_{в} = (0{,}10 \div 0{,}15)(N_{р} + N_{д})\ , \qquad (2.14)$$

$N_{итр}$ – количество инженерно-технических работников (по штатному расписанию предприятия и директивным распоряжениям по отрасли). При отсутствии таких данных приближено, чел.

$$N_{итр} = 0{,}1(N_{р} + N_{д} + N_{в}), \qquad (2.15)$$

Результаты расчетов заносим в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Профессия	Трудоемкость по видам работ, чел.-ч	Годовой фонд времени рабочего данной профессии, ч	Количество человек	
			по расчету	принятое
Слесарь	57089	1820	34,5	35
Электромонтер	21747	1820	13,14	13
Станочник	19925	1820	12,04	12
Прочие	33977	1820	20,5	21
Итого ремонтников:				81

Численность дежурного персонала принята 2 человека.

$N_{в}$ = 0,1(81+2) = 8 чел.

$$N_{итр} = 0{,}1(81+2+10) = 9 \text{ чел.}$$

Количество трудящихся ремонтной службы

$$N_{рс} = 81+2+8+9=100 \text{ чел.}$$

Методические указания по выполнению контрольной работы: Основы эксплуатации и ремонта технологического оборудования: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов направления бакалавриата 15.03.01 / В. Т. Дмитриев, Э. В. Горшков, В. В. Зубов; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург: УГГУ, 2016. - 64

ВОПРОСЫ ДЛЯ ОПРОСА ПО ПРОЙДЕННЫМ ТЕМАМ

Тема1.Виды разрушения деталей машин.

1.Какова специфика работы машин в условиях горного производства?
2.Основные причины приводящие к потере работоспособности машин.
3.Какие формы проявления неработоспособности горных машин существуют?
4.Методы измерения износа и пути снижения интенсивности изнашивания горных машин?
5.Пары и виды трения (скольжения и качения).
6.Сухое, граничное и жидкостное трение.
7.Виды изнашивания рабочих поверхностей.
8.Допустимый и предельный износ. Критерии определения предельных износов.
9.Меры борьбы с износами деталей.
10.Сущность дефектации и сортировки деталей.
11.Классификация дефектов деталей.
12.Износ типовых пар в течение времени.
13.Поломки деталей горных машин.
14.Хрупкий, вязкий, усталостный излом и меры борьбы с ними.
15.Признаки выбраковки деталей.
16.Методы контроля дефектов деталей горного оборудования.
17.Какие средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей Вы знаете?
18.Какие методы не разрушающего контроля находят наибольшее применение при ремонтах горного оборудования?

Тема 2. Системы и методы ремонта горных машин

1.Основные системы ремонта машин, применяемые в горном деле.
2.Элементы системы ППР и их характеристика.
3.Структура ремонтного цикла и формы ее представления.
4.Существующая система планирования ремонтных работ в горном производстве.
5.Методика расчета графика ППР на планируемый период.
6.Определение трудоемкости ремонтных работ на годовую программу.
7.Расчет штатов ремонтного персонала на парк оборудования.
8.Методы ремонта горного оборудования.
9.Какие стратегии ТО и ремонта машин применяются на горнодобывающих предприятиях?

10.Пути совершенствования системы ППР.
11.Диагностика, как основа ТО и ремонта машин по их фактическому техническому состоянию?
12.Физические основы технической диагностики?
13.Термины и определения технической диагностики?
14.Какие показатели работы машины могут быть использованы в качестве диагностического сигнала?
15.Каким требованиям должен удовлетворять выходной сигнал при использовании его в качестве диагностического?
15.Какие задачи должны быть решены при внедрении системы диагностирования на предприятии?
17.Требования к оборудованию, переводимому на техническое диагностирование.
18.Последовательность и методика проведения работ по оснащению оборудования средствами технического диагностирования.

19.Когда применяется тестовое и функциональное диагностирование?
20. Классификация диагностических средств и основные требования к ним?
21. Классификация датчиков и область их применения?
22.Порядок выполнения работ по диагностике при плановом техническом обслуживании?
23.Диагностирование при возникновении неисправностей в процессе эксплуатации?
24. Рекомендации по установлению вида и объема ремонтно-обслуживающих работ по результатам диагностирования?
25.Классификация и выбор диагностических параметров.
27.Субъективные и объективные методы диагностирования?
28.Номинальные, предельные и допустимые значения диагностических и структурных параметров?
29.Основной документ в который заносятся результаты диагностирования?
30.Каким образом разрабатываются нормативные данные по диагностике?
31.Совершенствование организации ТО и ремонта машин с применением диагностики.
32.Периодичность диагностирования.
33.Какие факторы оказывают влияние на эффективность использования средств диагностирования?
34.Повышение ресурса промышленного оборудования путем применения системы мониторинга.

35.Пути повышения эффективности диагностирования.

Тема 3. Ремонт и техобслуживание горных машин

1.Структура производственного процесса ремонта горного оборудования.
2.Что включает в себя техническая подготовка ремонтных работ?
3.Линейные и сетевые графики ремонта.
4.Длительность и структура ремонтного цикла.
5.Порядок направления и приемка машин в капитальный ремонт.
6.Эксплуатационная документация.
7.Ремонтная документация.
8.Основные требования к ремонтным чертежам.
9.Разборка машин.
10.Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.
11.Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критериям.
12.Разработка технологии ремонта валов и осей.
13. Ремонт втулок, подшипников скольжения и качения.
14. Основные дефекты корпусных деталей и их ремонт.
15.Расчет режимов восстановления изношенных поверхностей.
16.Каким образом осуществляется прогнозирование технического состояния машин?
17.Особенности сборки машин после ремонта.
18.Разработка технологических процессов сборки узлов машин.
19.Балансировка деталей и узлов после ремонта.
20. Проверка качества сборки и обкатка узлов промышленного оборудования на испытательных стендах.
21.Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.
22.Порядок проведения работ по приемке оборудования из ремонта.
23.Сдача отремонтированных машин заказчику.
24.Обкатка и испытания машин после проведения капитального ремонта
25.Назовите основные технологические методы обеспечения долговечности машин?
26.Какие эксплуатационные методы управления техническим состоянием машин находят применение в горном производстве?
27.Пути совершенствования технологии ремонта горных машин.

28.Роль смазочных материалов при эксплуатации горного оборудования.
29.Классификация смазочных материалов по агрегатному состоянию.
30.Показатели качества жидких смазочных материалов.
31.Основные свойства пластичных смазок.
32.Выбор жидких масел при эксплуатации горных машин.
33.Принципы выбора пластичных смазок.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Не для обучающихся!!!! Хранится в составе документов ОПОП

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой _____Д.И.Симисинов
(кафедра ЭГО)

КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

специальность
21.05.04 Горное дело

специализация
№3 Открытые горные работы

Автор: Горшков Э.В., к.т.н., с.н.с.

Одобрен на заседании кафедры
Эксплуатации горного оборудования
(название кафедры)
Протокол № 2 от 09.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
(по вариантам)

21.05.04 Горное дело. Специализация № 3 «Открытые горные работы». Эксплуатация карьерного оборудования.

Горшков Эдуард Викторович.283 08 65

- Задание 1 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Толщина слоя смазочного материала при граничной смазке:

- Вариант ответа

0,01 мкм

- Вариант ответа (+)

не менее 0,1 мкм

- Вариант ответа

0,005 мкм

- Вариант ответа

Более 0,5мкм

- Задание 2 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Во сколько раз уменьшается износ сопряженных поверхностей при граничной смазке?

- Вариант ответа

5 раз

- Вариант ответа

10 раз

- Вариант ответа (+)

100 раз

- Вариант ответа

2 раза

- Задание 3 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

При уменьшении толщины смазочной пленки граничное трение переходит в

- Вариант ответа

Полусухое
- Вариант ответа
Граничное
- Вариант ответа
Гидродинамическое
- Вариант ответа (+)
Сухое
- Задание 4 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Трение движения подразделяется на трение:
- Вариант ответа
Комбинированное
- Вариант ответа
Верчения
- Вариант ответа
Качения с проскальзыванием
- Вариант ответа (+)
Качения
- Задание 5 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Трение движения подразделяется на трение:
- Вариант ответа
Комбинированное
- Вариант ответа
Кручения
- Вариант ответа (+)
Скольжения
- Вариант ответа
Качения с проскальзыванием
- Задание 6 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Механическое изнашивание бывает:
- Вариант ответа
Усталостное
- Вариант ответа
Эрозионное
- Вариант ответа (+)

Абразивное
- Вариант ответа
Кавитационное
- Задание 7 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
При увеличении толщины смазочной пленки граничное трение переходит в
- Вариант ответа
Полусухое трение
- Вариант ответа
Абразивное
- Вариант ответа
Гидроабразивное
- Вариант ответа (+)
Жидкостное
- Задание 8 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Жидкостное трение возникает, если трущиеся поверхности разделены слоем смазки толщиной:
- Вариант ответа
Не менее 0,1 мкм
- Вариант ответа
0,01 мкм
- Вариант ответа
0,2 мкм
- Вариант ответа (+)
Более 0,5мкм
- Задание 9 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы трения возникают между поверхностями:
- Вариант ответа
Твердого тела и газа
- Вариант ответа
Твердого тела и жидкостей
- Вариант ответа (+)
Твердых тел
- Вариант ответа
Жидкостей

- Задание 10 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Абразивным износом называется разрушение поверхностей трения под воздействием:
- Вариант ответа (+)
Более твердой поверхности на менее твердую
- Вариант ответа
Физико-химических процессов в зоне трения
- Вариант ответа
Термических процессов, происходящих при трении
- Вариант ответа
Усталостного разрушения сопрягаемых поверхностей
- Задание 11 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Абразивным износом называется разрушение поверхностей трения под воздействием:
- Вариант ответа
Химических процессов, происходящих в зоне трения
- Вариант ответа (+)
Твердых частиц в зоне трения
- Вариант ответа
Усталостного разрушения сопрягаемых поверхностей
- Вариант ответа
Термического воздействия в зоне трения
- Задание 12 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
По своей природе силы трения:
- Вариант ответа
Динамические
- Вариант ответа
Статические
- Вариант ответа
Нормальные
- Вариант ответа (+)
Тангенциальные

- Задание 13 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы сопротивления среды зависят главным образом от
- Вариант ответа (+)
Скорости движения тел
- Вариант ответа
От физико-механических свойств тел
- Вариант ответа
От давления
- Вариант ответа
От температуры
- Задание 14 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Силы взаимодействия твердых тел зависят главным образом
- Вариант ответа
От времени контакта тел
- Вариант ответа
От температуры
- Вариант ответа
От давления
- Вариант ответа (+)
От физико-механических свойств тел
- Задание 15 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Под термином «изнашивание» следует понимать:
- Вариант ответа (+)
Изнашивание, вызванное комбинированным действием различных факторов
- Вариант ответа
Разрушение материалов в процессе старения
- Вариант ответа
Усталостное разрушение
- Вариант ответа
Изнашивание при ударе
- Задание 16 (Блок 1– Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Под термином «изнашивание» следует понимать:

- Вариант ответа
Разрушение материалов в процессе старения
- Вариант ответа
Усталостное разрушение
- Вариант ответа
Изнашивание при ударе
- Вариант ответа (+)
Изнашивание при трении
- Задание 17 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения пропорциональна:
- Вариант ответа (+)
Скорости скольжения
- Вариант ответа
Времени контакта
- Вариант ответа
Давлению между телами
- Вариант ответа
Температуре тел
- Задание 18 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения пропорциональна:
- Вариант ответа
Времени контакта
- Вариант ответа
Давлению между телами
- Вариант ответа
Температуре тел
- Вариант ответа (+)
Площади фактического контакта
- Задание 19 (Блок 1 — Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Сила трения качения меньше силы трения скольжения почти в
- Вариант ответа
5 раз
- Вариант ответа (+)
10 раз

- Вариант ответа
100 раз
- Вариант ответа
2 раза

- Задание 20 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Что означает термин «работоспособное состояние объекта»?
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным технической документацией
- Вариант ответа (+)
Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он частично соответствует требованиям, установленным НТД
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Задание 21 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Что означает термин «исправное состояние объекта»?
- Вариант ответа (+)
Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным НТД
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он частично соответствует требованиям, установленным НТД
- Вариант ответа

Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Задание 22 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Что означает термин «дефект»?
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции, не сохраняя значения параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа
Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта
- Вариант ответа
Состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных технической документацией
- Вариант ответа (+)
Каждое отдельное несоответствие объекта требованиям, установленным нормативной документацией
- Задание 23 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Как называются средства технического диагностирования не входящие в конструкцию машины и подключаемые к объекту только для целей диагностирования, в зависимости от их устройства и технологического назначения:
- Вариант ответа
Устанавливаемые
- Вариант ответа (+)
Внешние
- Вариант ответа
Встроенные (бортовые)
- Вариант ответа
Штатные
- Задание 24 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
По видам измеряемых диагностических параметров методы диагностирования подразделяются на сколько групп?
- Вариант ответа (+)

На 3
- Вариант ответа
На 2
- Вариант ответа
На 4
- Вариант ответа
На 5
- Задание 25 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Основные требования к методам и средствам диагностирования
- Вариант ответа
Надежность
- Вариант ответа (+)
Достоверность измерений
- Вариант ответа
Экономичность
- Вариант ответа
Технологичность
- Задание 26 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Достоверность измерений характеризуется:
- Вариант ответа
Чувствительностью
- Вариант ответа
Воспроизводимостью
- Вариант ответа (+)
Точностью
- Вариант ответа
Сложностью
- Задание 27 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Назовите основные диагностические параметры технических объектов:
- Вариант ответа
Геометрические
- Вариант ответа
Рабочих процессов
- Вариант ответа

Сопутствующих процессов
- Вариант ответа (+)
Рабочие, сопутствующие параметры и геометрическая разница
- Задание 28 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Назовите события перехода технических систем из одного состояния в другое
- Вариант ответа (+)
Исправное, не исправное
- Вариант ответа
Исправное, не работающее, работоспособное, предельное
- Вариант ответа
Предельное, исправное, работоспособное
- Вариант ответа
Исправное, не работоспособное машины
- Задание 29 (Блок 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Как называются средства технического диагностирования не входящие в конструкцию машины и подключаемые к объекту только для целей диагностирования, в зависимости от их устройства и технологического назначения:
- Вариант ответа
Устанавливаемые
- Вариант ответа (+)
Внешние
- Вариант ответа
Встроенные (бортовые)
- Вариант ответа
Штатные
- **Задание 30 (Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Кто несет ответственность за инженерное обеспечение объектов (цехов, участков) горного предприятия
- Вариант ответа
Разработчик
- Вариант ответа
Изготовитель
- Вариант ответа

Ремонтник
- Вариант ответа (+)
Эксплуатационник
- Задание 31 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
К методам измерения размеров и расположения объектов относят?
- Вариант ответа
Контактный
- Вариант ответа
Графический
- Вариант ответа
Визуальный
- Вариант ответа (+)
Инструментальный
- Задание 32 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Разработка методики выполнения измерений включает следующие этапы:
- Вариант ответа
Обоснование погрешности измерений
- Вариант ответа (+)
Обоснование необходимого количества замеров для обеспечения требуемой точности
- Вариант ответа
Определение диапазона измерений
- Вариант ответа
Формирование исходных данных
- Задание 33 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Погрешность измерений обуславливается:
- Вариант ответа
Влиянием внешних факторов
- Вариант ответа (+)
Точностью измерительного прибора
- Вариант ответа
Формой и содержанием дефектной ведомости
- Вариант ответа
Совершенством средств измерений

- Задание 34 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Техническое состояние оборудования определяется совокупностью:
- Вариант ответа
Технических параметров
- Вариант ответа
Отклонений от номинальных значений структурных параметров
- Вариант ответа
Свойств выполнять заданные функции
- Вариант ответа (+)
Значений диагностических параметров в зависимости от наработки
- Задание 35 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Непрерывный контроль технического состояния оборудования осуществляется:
- Вариант ответа
Переносными измерительными приборами
- Вариант ответа
Встроенными датчиками
- Вариант ответа
Стационарными измерительными приборами
- Вариант ответа (+)
Бортовыми системами диагностики
- Задание 36 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Нормативные параметры работы оборудования обусловлены:
- Вариант ответа
Техническим заданием на производство машин
- Вариант ответа (+)
Условиями эксплуатации машин
- Вариант ответа
ТУ на изготовление машины
- Вариант ответа
Конструкцией машины
- Задание 37 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)

Основным назначением диагностических нормативов является:
- Вариант ответа (+)
Надежность объекта
- Вариант ответа
Годность объекта
- Вариант ответа
Ремонтопригодность
- Вариант ответа
Остаточный ресурс
- Задание 38 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Диапазон измерений представляет собой:
- Вариант ответа
Заданный предел измерений
- Вариант ответа
Шкалу измерительного прибора
- Вариант ответа (+)
Область значений измеряемой величины
- Вариант ответа
Наиболее вероятное значение параметра
- Задание 39 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
К основным методам измерения массы относят:
- Вариант ответа
Электромагнитные
- Вариант ответа
Электрические
- Вариант ответа (+)
Механические
- Вариант ответа
Гидравлические
- Задание 40 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
К основным методам измерения электрических величин относят:
- Вариант ответа
Совпадения
- Вариант ответа

Замещения
- Вариант ответа (+)
Непосредственной оценки
- Вариант ответа
Сравнения
- Задание 41 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
При повторных измерениях погрешности разделяются на:
- Вариант ответа (+)
Систематические
- Вариант ответа
Объективные
- Вариант ответа
Субъективные
- Вариант ответа
Случайные
- Задание 42 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Повышение надежности машин обеспечивается улучшением таких показателей как?
- Вариант ответа
Ремонтопригодность
- Вариант ответа
Безотказность
- Вариант ответа (+)
Коэффициент технического использования
- Вариант ответа
Сохраняемость
- Задание 43 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
.Надежность-свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения
- Вариант ответа
Хранения и транспортировки
- Вариант ответа
Ремонта

- Вариант ответа (+)
Эксплуатации
- Вариант ответа
Технического обслуживания
- Задание 44 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Ремонт-это:
- Вариант ответа
Отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил эксплуатации оборудования
- Вариант ответа
Комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению
- Вариант ответа (+)
Комплекс операций по поддержанию работоспособности оборудования и восстановлению его ресурса
- Вариант ответа
Поддержание работоспособного состояния оборудования путем выполнения ремонтных операций
- Задание 45 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
В соответствии с назначением, характером и объемом выполняемых работ ремонт технологического оборудования подразделяется на виды:
- Вариант ответа
Производственный
- Вариант ответа
Гарантийный
- Вариант ответа
Индивидуальный
- Вариант ответа (+)
Текущий, капитальный
- Задание 46 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Отказ-это событие, при котором система:
- Вариант ответа
Ломается
- Вариант ответа

Подлежит ремонту
- Вариант ответа (+)
Теряет свою работоспособность
- Вариант ответа
Становится неисправной
- Задание 47 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Ресурс-это наработка изделия до:
- Вариант ответа
Первого отказа
- Вариант ответа (+)
Предельного состояния
- Вариант ответа
Потери исправности
- Вариант ответа
Ремонта
- Задание 48 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Эффективность технических систем определяется:
- Вариант ответа (+)
Повышением надежности
- Вариант ответа
Снижением времени простоя при отказе
- Вариант ответа
Снижением потерь от ее отказов, превышающих затраты на резервирование
- Вариант ответа
Повышением качества функцианирования
- Задание 49 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
В технических системах отказы классифицируются как:
- Вариант ответа
Новые и старые
- Вариант ответа
Первичные и вторичные
- Вариант ответа (+)
Внезапные и постепенные
- Вариант ответа

Внезапные и вторичные
- Задание 50 (**Блок** 1 – Причины выхода из строя карьерного оборудования и меры по предупреждению разрушения деталей горных машин в процессе эксплуатации)
Календарный срок службы это
- Вариант ответа
Наработка изделия до первого отказа
- Вариант ответа (+)
Календарная продолжительность эксплуатации до наступления предельного состояния
- Вариант ответа
Календарная продолжительность эксплуатации изделия до ремонта
- Вариант ответа
Наработка изделия до потери исправности
- Задание 51 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Работоспособность - такое состояние системы, при котором значения параметров, характеризующих ее способность выполнять заданные функции:
- Вариант ответа (+)
Находятся в пределах, установленных нормативно-технической документацией
- Вариант ответа
Не превышают предельные
- Вариант ответа
Соответствуют техническому
- Вариант ответа
Превышают предельные
- Задание 52 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Назначение ремонтного хозяйства горного предприятия:
- Вариант ответа (+)
Своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
- Вариант ответа
Своевременное и в полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования
- Вариант ответа

Своевременное удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
- Вариант ответа (+)
В полном объеме удовлетворение потребностей производственных подразделений предприятия в техническом обслуживании и ремонте оборудования с минимальными затратами
- Задание 53 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основная задача ремонтного хозяйства:
- Вариант ответа
Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт
- Вариант ответа
Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонтное обслуживание
- Вариант ответа
Обеспечить эксплуатацию оборудования при минимальных затратах на ремонт
- Вариант ответа (+)
Обеспечить бесперебойную эксплуатацию оборудования
- Задание 54 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностика любого объекта осуществляется:
- Вариант ответа
Приборами диагностики
- Вариант ответа
Устройствами диагностики
- Вариант ответа
Программой диагностики
- Вариант ответа (+)
Средствами диагностики
- Задание 55 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Для проверки соответствия фактических показателей надежности требованиям технической документации проводят испытания:
- Вариант ответа
Определительные
- Вариант ответа
Контрольные

- Вариант ответа
Технические
- Вариант ответа (+)
Эксплуатационные
- Задание 56 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основной задачей технической диагностики является:
- Вариант ответа (+)
Распознавание технического состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Распознавание технического состояния объекта
- Вариант ответа
Определение числа состояний, в которых может находится система
- Вариант ответа
Определение состояния, в котором находится система
- Задание 57 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Дефектация- это процесс:
- Вариант ответа
Выявления технического состояния деталей и сопряжений
- Вариант ответа (+)
Выявления технического состояния деталей и сопряжений путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
- Вариант ответа
Выявления технического состояния деталей путем сравнения фактических показателей с данными технической документации
- Вариант ответа
Выявления технического состояния сопряжений путем сравнения с данными технической документации
- Задание 58 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Целью технической диагностики является:
- Вариант ответа (+)
Повышение надёжности и ресурса изделий
- Вариант ответа
Определение надёжности изделий
- Вариант ответа
Определение надёжности и ресурса изделий
- Вариант ответа

Повышение ресурса изделий
- Задание 59 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническое состояние – совокупность:
- Вариант ответа (+)
Подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
технических свойств объекта
- Вариант ответа
Свойств объекта
- Задание 60 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая подготовка включает в себя:
- Вариант ответа (+)
Конструкторскую и технологическую подготовку
- Вариант ответа
Конструкторскую и техническую подготовку
- Вариант ответа
Конструкторскую и материальную подготовку
- Вариант ответа
Технологическую и техническую подготовку
- Задание 61 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика используется для:
- Вариант ответа
Уменьшения числа отказов
- Вариант ответа
Слежения за числом отказов
- Вариант ответа
Определение места отказа
- Вариант ответа (+)
Повышение надежности системы
- Задание 62 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
По характеру диагноза различают диагностирование:
- Вариант ответа (+)
Функциональное и тестовое

- Вариант ответа
Структурное и тестовое
- Вариант ответа
Функциональное и структурное
- Вариант ответа
Информационное и тестовое
- Задание 63 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Глубина диагностирования:
- Вариант ответа
Мера проникновения по структуре
- Вариант ответа
Мера проникновения по иерархии
- Вариант ответа
Учет функций системы
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
- Задание 64 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основное назначение диагностики:
- Вариант ответа
Понижение числа отказов
- Вариант ответа
Повышение качества системы
- Вариант ответа
Понижение частоты отказов
- Вариант ответа (+)
Повышение надежности системы
- Задание 65 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностирование – процедура:
- Вариант ответа
Локализации неисправностей объекта
- Вариант ответа
Установление неисправностей объекта
- Вариант ответа
Определение неисправностей объекта
- Вариант ответа (+)
Все перечисленные

- Задание 66 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика разрабатывает методы и средства:
- Вариант ответа
Поиска отклонений в режимах работы автоматизированных систем
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
- Вариант ответа
Обнаружения и устранения дефектов в системах
- Вариант ответа
Локализации дефектов в системах
- Задание 67 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Функциональное диагностирование позволяет определить техническое состояние системы:
- Вариант ответа
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа
По поэлементному воздействию на нее
- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее
- Вариант ответа (+)
По общему воздействию на нее
- Задание 68 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Элементарный эксперимент – проверки состояния системы, заключающийся:
- Вариант ответа
В подаче на объект воздействий
- Вариант ответа (+)
В подаче на объект воздействий и измерении
- Вариант ответа
В измерении ответов
- Вариант ответа
По общему воздействию на систему
- Задание 69 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование позволяет проверить техническое состояние системы:
- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее

- Вариант ответа
По поэлементному воздействию на нее
- Вариант ответа
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа (+)
По общему воздействию на нее
- Задание 70 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
В процессе диагностирования проверяется:
- Вариант ответа (+)
Исправность и работоспособность системы
- Вариант ответа
Работоспособность системы
- Вариант ответа
Безотказность и исправность системы
Исправность системы
- Вариант ответа

- Задание 71 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
На ремонтных чертежах указывают:
- Вариант ответа
Все размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия
- Вариант ответа (+)
Только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта и сборки изделия
- Вариант ответа
Только те размеры, которые должны быть выполнены и проверены в процессе ремонта изделия
- Вариант ответа (+)
Только те размеры, предельные отклонения, зазоры и другие данные, которые должны быть выполнены и проверены в процессе сборки изделия

- Задание 72 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование позволяет определить техническое состояние системы:
- Вариант ответа

По функциональному воздействию на нее
- Вариант ответа (+)
По тестовому воздействию на нее
- Вариант ответа
По контрольному воздействию на нее
- Вариант ответа
По рабочему воздействию на нее
- Задание 73 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Эффективность диагностирования оценивается:
- Вариант ответа
Качеством алгоритмов и средств диагностирования
- Вариант ответа (+)
Диагнозом
- Вариант ответа
Качеством алгоритмов диагностирования
- Вариант ответа
Результатом диагностирования
- Задание 74 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Тестовое диагностирование производится в режиме:
- Вариант ответа
Оперативном
- Вариант ответа
Эксплуатационном
- Вариант ответа (+)
Контрольном
- Вариант ответа
Эпизодическом
- Задание 75 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагноз ставится по результатам:
- Вариант ответа
Совокупности элементарных экспериментов
- Вариант ответа
Проверок
- Вариант ответа (+)
Совокупности результатов наблюдений
- Вариант ответа
Эксплуатации

- Задание 76 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Предупреждать аварии;
- Вариант ответа
Повышать безотказность машин и оборудования;
- Вариант ответа
Увеличивать их долговечность и ресурс;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
- Задание 77 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Общий процесс диагностирования включает:
- Вариант ответа
Измерение геометрических параметров объекта
- Вариант ответа
Анализ требований нормативно-технической документации
- Вариант ответа (+)
Тестовое воздействие на объект
- Вариант ответа
Определение расхода и оценка качества смазочных материалов
- Задание 78 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностические параметры чаще всего определяются:
- Вариант ответа (+)
Экспериментальным путем
- Вариант ответа
Теоретическим путем
- Вариант ответа
На основании расчетных данных
- Вариант ответа
С помощью математических моделей
- Задание 79 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностические параметры измеряют при помощи:
- Вариант ответа
Стендов
- Вариант ответа (+)
Датчиков

- Вариант ответа
Установок
- Вариант ответа
Вычислительной техники
- Задание 80 (Блок 2– Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностическими параметрами могут быть:
- Вариант ответа (+)
Параметры рабочих и сопутствующих процессов
- Вариант ответа
Параметры функциональных элементов
- Вариант ответа
Параметры конструкции машины
- Вариант ответа
Климатические факторы:
- Задание 81 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Постановка диагноза-это:
- Вариант ответа
Заключение о сроке службы объекта
- Вариант ответа (+)
Заключение о техническом состоянии диагностируемого объекта
- Вариант ответа
Определение работоспособности объекта
- Вариант ответа
Оценка ремонтопригодности объекта
- Задание 82 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Система диагностирования машин включает:
- Вариант ответа
Нормативно-техническую документацию
- Вариант ответа (+)
Объект диагностирования и диагностические параметры
- Вариант ответа
Технические требования на проектирование машины
- Вариант ответа
ТУ на изготовление машины
Задание 83 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Общий процесс диагностирования включает:

- Вариант ответа
Измерение геометрических параметров объекта
- Вариант ответа
Анализ требований нормативно-технической документации
- Вариант ответа (+)
Тестовое воздействие на объект
- Вариант ответа
Определение расхода и оценка качества смазочных материалов
- Задание 84 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Ремонтные размеры деталей делятся на
- Вариант ответа (+)
Категорийные и пригоночные
- Вариант ответа
Категорийные и свободные
- Вариант ответа
Стандартные и регламентируемые
- Вариант ответа
Категорийные и стандартные

Задание 85 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническое состояние – совокупность
- Вариант ответа (+)
Подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта
- Вариант ответа
Технических свойств объекта
- Вариант ответа
свойств объекта
Задание 86 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностика любого объекта осуществляется:
- Вариант ответа
Приборами диагностики
- Вариант ответа
Устройствами диагностики
- Вариант ответа

Программой диагностики
- Вариант ответа (+)
Средствами диагностики
Задание 87 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика используется для:
- Вариант ответа
Уменьшения числа отказов
- Вариант ответа
Слежения за числом отказов
- Вариант ответа
Определение места отказа
- Вариант ответа (+)
Повышение надежности системы
Задание 88 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Техническая диагностика разрабатывает методы и средства
- Вариант ответа
Поиска отклонений в режимах работы автоматизированных систем
- Вариант ответа
Обнаружения и устранения дефектов в системах
- Вариант ответа
Локализации дефектов в системах
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 89 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Диагностирование – процедура:
- Вариант ответа
Локализации неисправностей объекта
- Вариант ответа
Установление неисправностей объекта
- Вариант ответа
Определение неисправностей объекта
- Вариант ответа (+)
Все перечисленные
Задание 90 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основная задача технической диагностики – распознавание:
- Вариант ответа

Технического состояния объекта
- Вариант ответа
Состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа (+)
Технического состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Общего состояния объекта в условиях ограниченной информации
- Вариант ответа
Задание 91 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Предупреждать аварии;
- Вариант ответа
Повышать безотказность машин и оборудования;
- Вариант ответа
Увеличивать их долговечность и ресурс;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 92 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Повышать производительность и объем производства;
- Вариант ответа
Прогнозировать остаточный ресурс;
- Вариант ответа
Снижать затраты времени на ремонтные работы;
Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 93 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Внедрение средств технической диагностики позволяет:
- Вариант ответа
Уменьшать количество обслуживающего персонала;
- Вариант ответа
Оптимизировать количество запасных частей;

- Вариант ответа
Сокращать эксплуатационные затраты;

- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 94 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Основные этапы в развитии средств оценки технического состояния маши:
- Вариант ответа
Мониторинг контролируемых параметров;
- Вариант ответа
Диагностика машин и оборудования;
- Вариант ответа
Прогноз изменения технических параметров;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 95 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что означает термин «мониторинг технического состояния машин»:
- Вариант ответа
Предупреждение и защита от внезапных поломок;
- Вариант ответа
Обнаружение на ранних этапах зарождающихся дефектов и определение места их появления, вида и степени развития;
- Вариант ответа
Прогноз изменения технического состояния оборудования;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 96 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Под термином «мониторинг технического состояния машин» понимают, выполняемые без вмешательства в функционирование объекта:
- Вариант ответа
Процессы измерения;
- Вариант ответа
Анализ и прогнозирование контролируемых параметров или характеристик объекта с отображением их во времени;
- Вариант ответа
Сравнение полученных результатов с ретроспективными данными и с пороговыми значениями;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное

Задание 97 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что понимают под техническими средствами мониторинга:
- Вариант ответа
Средства, предназначенные для измерения контролируемых параметров;
- Вариант ответа
Анализа полученных данных о функционировании объекта;
- Вариант ответа
Прогноза возможных изменений технического состояния оборудования;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 98 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Что входит в систему мониторинга и диагностики, обеспечивающую постановку диагноза и прогноза состояния объекта:
- Вариант ответа
Объект, выполняющий заданные функции;
- Вариант ответа
Технические средства мониторинга и диагностики;
- Вариант ответа
Оператор и эксперт-диагност;
- Вариант ответа (+)
Все перечисленное
Задание 99 (Блок 2 – Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Укажите комплексный показатель надежности:
- Вариант ответа
Вероятность безотказной работы
- Вариант ответа (+)
Коэффициент готовности
- Вариант ответа
Коэффициент полезного действия
- Вариант ответа
Вероятность отказов
Задание 100 (Блок 2 –Подготовка и планирование ТО и ремонта горного оборудования. Дефектация и дефектоскопия деталей)
Постановка диагноза-это:
- Вариант ответа
Заключение о сроке службы объекта
- Вариант ответа (+)

Заключение о техническом состоянии диагностируемого объекта
- Вариант ответа
Определение работоспособности объекта
- Вариант ответа
Оценка ремонтопригодности объекта

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

1.Основные причины приводящие к потере работоспособности горных машин.

2.Какие формы проявления неработоспособности горных машин существуют?

3.Методы измерения износа и пути снижения интенсивности изнашивания горных машин.

4.Сухое, граничное и жидкостное трение.

5.Виды изнашивания рабочих поверхностей.

6.Допустимый и предельный износ. Критерии определения предельных износов.

7.Меры борьбы с износами деталей.

8.Сущность дефектации и сортировки деталей.

9.Классификация дефектов деталей.

10.Износ типовых пар в течение времени.

11.Поломки деталей горных машин.

12.Хрупкий, вязкий, усталостный излом и меры борьбы с ними.

13.Признаки выбраковки деталей.

14.Методы контроля дефектов деталей горного оборудования.

15.Какие средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей Вы знаете?

16.Какие методы не разрушающего контроля находят наибольшее применение при ремонтах горного оборудования?

17.Основные системы ремонта машин, применяемые в горном деле.

18.Элементы системы ППР и их характеристика.

19.Структура ремонтного цикла и формы ее представления.

20.Методы ремонта горного оборудования.

21.Какие стратегии ТО и ремонта машин применяются на горнодобывающих предприятиях?

22.Пути совершенствования системы ППР.

23.Диагностика, как основа ТО и ремонта машин по их фактическому техническому состоянию.

24.Какие задачи должны быть решены при внедрении системы диагностирования на горном предприятии?

25.Требования к оборудованию, переводимому на техническое диагностирование.

26.Последовательность и методика проведения работ по оснащению оборудования средствами ТД.

27.Когда применяется тестовое и функциональное диагностирование?
28. Классификация диагностических средств и основные требования к ним?
29. Классификация датчиков и область их применения?
30.Порядок выполнения работ по диагностике при плановом техническом обслуживании?
31.Диагностирование при возникновении неисправностей в процессе эксплуатации.
32.Классификация и выбор диагностических параметров.
33.Субъективные и объективные методы диагностирования.
34.Номинальные, предельные и допустимые значения диагностических и структурных параметров.
35.Совершенствование организации ТО и ремонта машин с применением диагностики.
36.Периодичность диагностирования.
37.Какие факторы оказывают влияние на эффективность использования средств диагностирования?
38.Повышение ресурса промышленного оборудования путем применения системы мониторинга.
39.Пути повышения эффективности диагностирования.
40.Структура производственного процесса ремонта горного оборудования.
41.Что включает в себя техническая подготовка ремонтных работ?
42.Линейные и сетевые графики ремонта.
43.Длительность и структура ремонтного цикла.
44.Порядок направления и приемка машин в капитальный ремонт.
45.Эксплуатационная документация.
46.Ремонтная документация.
47.Основные требования к ремонтным чертежам.
48.Разборка машин.
49.Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.
50.Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критериям.
51.Особенности сборки машин после ремонта.
52.Разработка технологических процессов сборки узлов машин.
53.Балансировка деталей и узлов после ремонта.
54.Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.

55.Сдача отремонтированных машин заказчику.
56.Роль смазочных материалов при эксплуатации горного оборудования.
57.Показатели качества жидких смазочных материалов.
58.Основные свойства пластичных смазок.
59.Выбор жидких масел при эксплуатации горных машин.
60.Принципы выбора пластичных смазок.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТЫ

форма обучения: очная, заочная

промежуточная аттестация: зачет

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 1

1. Основные причины приводящие к потере работоспособности горных машин.
2. Какие стратегии ТО и ремонта машин применяются на горнодобывающих предприятиях?
3. Что включает в себя техническая подготовка ремонтных работ?

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 2

1. Какие формы проявления неработоспособности горных машин существуют?
2. Пути совершенствования системы ППР.
3. Линейные и сетевые графики ремонта.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 3

1. Методы измерения износа и пути снижения интенсивности изнашивания горных машин.
2. Диагностика, как основа ТО и ремонта машин по их фактическому техническому состоянию.
3. Длительность и структура ремонтного цикла.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 4

1. Сухое, граничное и жидкостное трение.
2. Какие задачи должны быть решены при внедрении системы диагностирования на горном предприятии?
3. Порядок направления и приемка машин в капитальный ремонт.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 5

1. Виды изнашивания рабочих поверхностей.
2. Требования к оборудованию, переводимому на техническое диагностирование.
3. Эксплуатационная документация.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 6

1. Допустимый и предельный износ. Критерии определения предельных износов.
2. Последовательность и методика проведения работ по оснащению оборудования средствами ТД.
3. Ремонтная документация.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 7

1. Меры борьбы с износами деталей.
2. Когда применяется тестовое и функциональное диагностирование?
3. Основные требования к ремонтным чертежам.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 8

1. Сущность дефектации и сортировки деталей.
2. Классификация диагностических средств и основные требования к ним?
3. Разборка машин.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 9

1. Классификация дефектов деталей.
2. Классификация датчиков и область их применения?
3. Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 10

1. Износ типовых пар в течение времени.
2. Порядок выполнения работ по диагностике при плановом техническом обслуживании?
3. Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критериям.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 11

1. Поломки деталей горных машин.
2. Диагностирование при возникновении неисправностей в процессе эксплуатации.
3. Особенности сборки машин после ремонта.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ №12

1. Хрупкий, вязкий, усталостный излом и меры борьбы с ними.
2. Классификация и выбор диагностических параметров.
3. Разработка технологических процессов сборки узлов машин.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 13

1. Признаки выбраковки деталей.
2. Субъективные и объективные методы диагностирования.
3. Балансировка деталей и узлов после ремонта.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 14

1. Методы контроля дефектов деталей горного оборудования.
2. Номинальные, предельные и допустимые значения диагностических и структурных параметров.
3. Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 15

1. Какие средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей Вы знаете?
2. Совершенствование организации ТО и ремонта машин с применением диагностики.
3. Сдача отремонтированных машин заказчику.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 16

1. Какие методы не разрушающего контроля находят наибольшее применение при ремонтах горного оборудования?
2. Периодичность диагностирования.
3. Роль смазочных материалов при эксплуатации горного оборудования.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 17

1. Основные системы ремонта машин, применяемые в горном деле.
2. Какие факторы оказывают влияние на эффективность использования средств диагностирования?
3. Показатели качества жидких смазочных материалов.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 18

1. Элементы системы ППР и их характеристика.
2. Повышение ресурса промышленного оборудования путем применения системы мониторинга.
3. Основные свойства пластичных смазок.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 19

1. Структура ремонтного цикла и формы ее представления.
2. Пути повышения эффективности диагностирования.
3. Выбор жидких масел при эксплуатации горных машин.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ЭГО

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой к.т.н., доцент

_____Д.И.Симиснов

ДИСЦИПЛИНА «ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ»

БИЛЕТ № 20

1. Методы ремонта горного оборудования.
2. Структура производственного процесса ремонта горного оборудования.
3. Принципы выбора пластичных смазок.

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.В.06 ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАРЬЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Направление подготовки
21.05.04 Горное дело
специализация
Открытые горные работы

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2024

Автор: Горшков Э.В., к.т.н.,с.н.с.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
Эксплуатации горного оборудования	Горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Симисинов Д.И.	Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 18.09.2023	Протокол №2 от 20.10.2023
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……3

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ……..…….5

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ……..…8

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ…… 11

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ……...……..12

ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ……...13

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ……..14

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 «Эксплуатация карьерного оборудования» 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 практических *работ* и 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 по данному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Эксплуатация карьерного оборудования» 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;

- подготовка к тестированию;

- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

Методические указания к лабораторными самостоятельным работам студентов по комплексу дисциплин, связанных с эксплуатацией и ремонтом горного и нефтегазового оборудования, для студентов специальностей:130403-«Открытые горные работы»(ОГР), 130203-«Технология и техника разведки МПИ»(ТТР), 130402-«Горные машины и оборудование»(ГМО) специализаций ГМК, ГМН, ГМР,ГМЭ,ГМА.2-е изд.стереотипное. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005.85с.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема1.Виды разрушения деталей машин.

1.Какова специфика работы машин в условиях горного производства?

2.Основные причины приводящие к потере работоспособности машин.

3.Какие формы проявления неработоспособности горных машин существуют?

4.Методы измерения износа и пути снижения интенсивности изнашивания горных машин?

5.Пары и виды трения (скольжения и качения).

6.Сухое, граничное и жидкостное трение.

7.Виды изнашивания рабочих поверхностей.

8.Допустимый и предельный износ. Критерии определения предельных износов.

9.Меры борьбы с износами деталей.

10.Сущность дефектации и сортировки деталей.

11.Классификация дефектов деталей.

12.Износ типовых пар в течение времени.

13.Поломки деталей горных машин.

14.Хрупкий, вязкий, усталостный излом и меры борьбы с ними.

15.Признаки выбраковки деталей.

16.Методы контроля дефектов деталей горного оборудования.

17.Какие средства контроля размеров, формы и взаимного расположения деталей Вы знаете?

18.Какие методы не разрушающего контроля находят наибольшее применение при ремонтах горного оборудования?

Тема 2. Системы и методы ремонта горных машин

1.Основные системы ремонта машин, применяемые в горном деле.

2.Элементы системы ППР и их характеристика.

3.Структура ремонтного цикла и формы ее представления.

4.Существующая система планирования ремонтных работ в горном производстве.

5.Методика расчета графика ППР на планируемый период.

6.Определение трудоемкости ремонтных работ на годовую программу.

7.Расчет штатов ремонтного персонала на парк оборудования.

8.Методы ремонта горного оборудования.

9.Какие стратегии ТО и ремонта машин применяются на горнодобывающих предприятиях?

10.Пути совершенствования системы ППР.

11.Диагностика, как основа ТО и ремонта машин по их фактическому техническому состоянию?

12.Физические основы технической диагностики?

13.Термины и определения технической диагностики?

14.Какие показатели работы машины могут быть использованы в качестве диагностического сигнала?

15.Каким требованиям должен удовлетворять выходной сигнал при использовании его в качестве диагностического?

16.Какие задачи должны быть решены при внедрении системы диагностирования на предприятии?

17.Требования к оборудованию, переводимому на техническое диагностирование.

18.Последовательность и методика проведения работ по оснащению оборудования средствами ТД.

19.Когда применяется тестовое и функциональное диагностирование?

20. Классификация диагностических средств и основные требования к ним?

21. Классификация датчиков и область их применения?

22.Порядок выполнения работ по диагностике при плановом техническом обслуживании?

23.Диагностирование при возникновении неисправностей в процессе эксплуатации?

24. Рекомендации по установлению вида и объема ремонтно-обслуживающих работ по результатам диагностирования?

25.Классификация и выбор диагностических параметров.

27.Субъективные и объективные методы диагностирования?

28.Номинальные, предельные и допустимые значения диагностических и структурных параметров?

29.Основной документ в который заносятся результаты диагностирования?

30.Каким образом разрабатываются нормативные данные по диагностике?

31.Совершенствование организации ТО и ремонта машин с применением диагностики.
32.Периодичность диагностирования.
33.Какие факторы оказывают влияние на эффективность использования средств диагностирования?
34.Повышение ресурса промышленного оборудования путем применения системы мониторинга.
35.Пути повышения эффективности диагностирования.

Тема 3. Ремонт и техобслуживание горных машин

1.Структура производственного процесса ремонта горного оборудования.
2.Что включает в себя техническая подготовка ремонтных работ?
3.Линейные и сетевые графики ремонта.
4.Длительность и структура ремонтного цикла.
5.Порядок направления и приемка машин в капитальный ремонт.
6.Эксплуатационная документация.
7.Ремонтная документация.
8.Основные требования к ремонтным чертежам.
9.Разборка машин.
10.Классификация и общая характеристика способов восстановления деталей машин.
11.Выбор способа восстановления деталей по технологическому, долговечностному и технико-экономическому критериям.
12.Разработка технологии ремонта валов и осей.
13. Ремонт втулок, подшипников скольжения и качения.
14. Основные дефекты корпусных деталей и их ремонт.
15.Расчет режимов восстановления изношенных поверхностей.
16.Каким образом осуществляется прогнозирование технического состояния машин?
17.Особенности сборки машин после ремонта.
18.Разработка технологических процессов сборки узлов машин.
19.Балансировка деталей и узлов после ремонта.
20. Проверка качества сборки и обкатка узлов промышленного оборудования на испытательных стендах.
21.Испытания машин после ремонта в условиях ремонтного предприятия.
22.Порядок проведения работ по приемке оборудования из ремонта.
23.Сдача отремонтированных машин заказчику.
24.Обкатка и испытания машин после проведения капитального ремонта
25.Назовите основные технологические методы обеспечения долговечности машин?

26.Какие эксплуатационные методы управления техническим состоянием машин находят применение в горном производстве?
27.Пути совершенствования технологии ремонта горных машин.
28.Роль смазочных материалов при эксплуатации горного оборудования.
29.Классификация смазочных материалов по агрегатному состоянию.
30.Показатели качества жидких смазочных материалов.
31.Основные свойства пластичных смазок.
32.Выбор жидких масел при эксплуатации горных машин.
33.Принципы выбора пластичных смазок.

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 зачета, что пригодится для написания 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 К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на практическом занятии. Следовательно, работа на практическом занятии направлена не только на познание студентом конкретных явлений внешнего мира, но и на изменение самого себя. Второй результат очень важен, поскольку он обеспечивает формирование таких общекультурных компетенций, как способность к самоорганизации и самообразованию, способность использовать методы сбора, обработки и интерпретации комплексной информации для решения организационно-управленческих задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности студента. Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. В ходе самого практического занятия обучающиеся выполняют задания и делают выводы по выполненному практическому заданию.

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ

Тесты – это вопросы или задания, предусматривающие конкретный, краткий, четкий ответ на 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 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Контрольная работа – это письменная работа, выполняемая студентами самостоятельно, преимущественно по общим математическим и естественно-научным, а также специальным дисциплинам, в которой, как правило, решаются конкретные задачи.

Цель контрольной работы – оценка качества усвоения студентами отдельных, наиболее важных разделов, тем и проблем изучаемой дисциплины, умения решать конкретные теоретические и практические задачи.

Контрольная работа, как правило, имеет аналитическую или описательную части, может решать проблемные ситуации путем проведения численного моделирования или расчетов, в том числе с использованием ПК. По типу они могут иметь характер задач, расчётов, алгоритмов, программ и т.п.

Контрольные работы выполняются студентами самостоятельно в соответствие с учебным планом.

Структура контрольной работы зависит от специфики изучаемой дисциплины. В общем виде контрольная работа должна содержать: титульный лист, введение, основную часть и заключение.

Во введении приводится формулировка контрольного задания, кратко излагается цель контрольной работы, место и роль рассматриваемого вопроса (проблемы) в изучаемой учебной дисциплине.

Основная часть контрольной работы должна, как правило, содержать основные определения, обоснования и доказательства, описание методики расчёта (формулы), а также иметь ссылки на используемые источники информации. Материал работы и ее отдельные положения должны быть взаимосвязаны. Основная часть может также включать анализ теории вопроса по теме контрольной работы. Здесь же приводятся исходные данные и значения параметров в соответствии с заданием на контрольную работу. После этого излагается ход рассуждений, описывается последовательность расчётов, приводятся промежуточные доказательства и результаты решения всей поставленной задачи.

В заключении формулируются краткие выводы по выполненной контрольной работе, а в её конце приводится список использованных источников информации.

Контрольные работы обучающихся выполняются согласно учебному графику и сдаются преподавателю за месяц до защиты контрольной работы. Преподаватель делает отметку о приеме работы в графике сдачи контрольных работ.

Ведущий преподаватель после проверки на титульном листе ставит оценку («зачтено» или «не зачтено») и подписывается. Выявленные в ходе проверки преподавателем замечания фиксируются на полях работы. Контрольные работы, выполненные с нарушением установленных требований, а также их ксерокопии к рассмотрению не принимаются.

Типичными ошибками, допускаемыми обучающихся при подготовке контрольной работы, являются:

– содержание работы не соответствует цели и поставленным задачам контрольной работы;

– нарушение требований к оформлению контрольной работы;

– использование информации без ссылок на источник;

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «Эксплуатация карьерного оборудования» 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 «Эксплуатация карьерного оборудования».

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.

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; [2] с. 120-138
6.3. Расчет электрического освещения карьеров.	-	2	[1] с. 151-163; [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; [3] с. 7-9
8.2. Удельный расход электроэнергии. Электровооруженность труда.	1	1	[1] с. 445-456; [2] с. 55-56; [3] с. 22
8.3. Тарификация электроэнергии.	-	1	[1] с.439-445 [2] с. 59-62; [3] с. 22-24
Раздел 8. Основы электробезопасности.	**4**	**8**	
9.1. Действие электрического тока на организм человека.	-	2	[1] с. 35-39; [2] с. 169-175
9.2. Контроль изоляции и защитное отключение.	2	2	[1] с. 48-81; [2] с. 207-220
9.3. Защитное заземление. Испытания заземляющих устройств.	2	2	[1] с. 91-125; [2] с. 194-196; [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
Специализация –
Открытые горные работы

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

Одобрена на заседании кафедры
Технической механики
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Волков Е.Б.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 17.09.2021
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2021
(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.

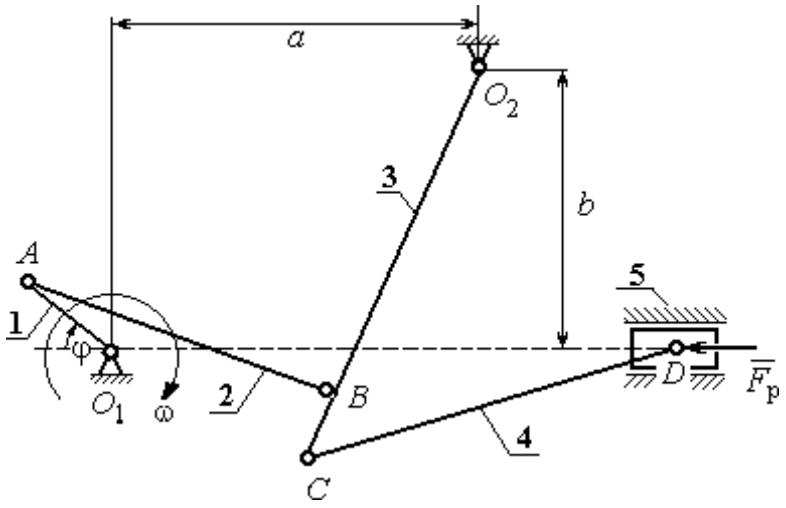
В расчётах для всех заданий и вариантов принять предел текучести материала вала $\sigma_т$ = 380 МПа, допускаемое напряжение смятия шпонки $[\sigma_{см}]$ = 120 МПа, обработку поверхности вала – чистовую.

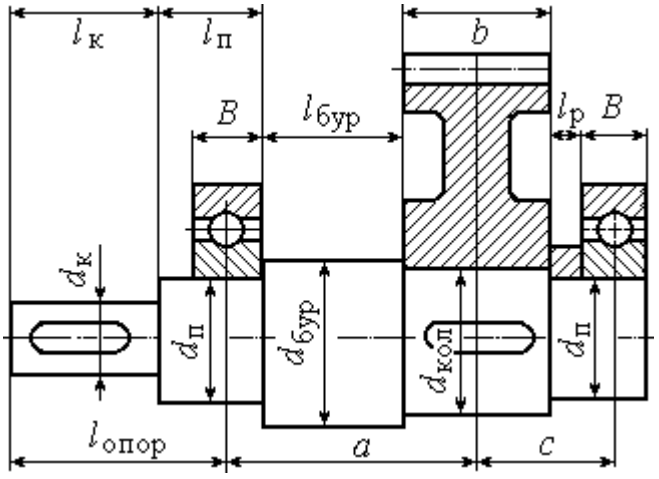
По результатам расчётов составить пояснительную записку на листах формата А4, оформленную в соответствии с правилами ЕСКД.

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.

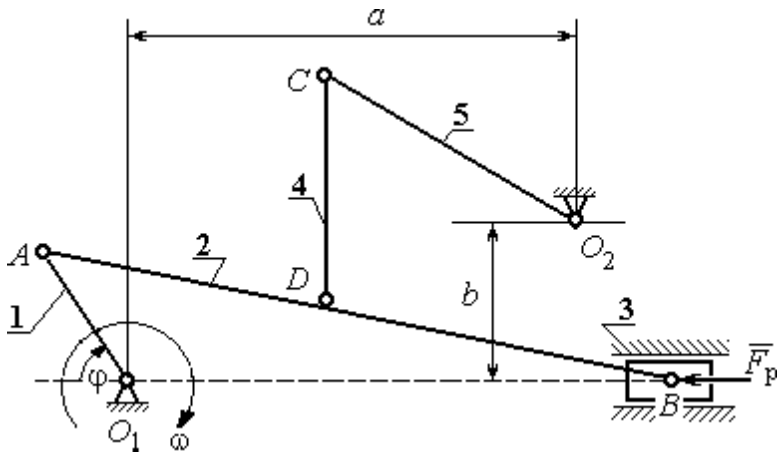
Ведомый вал редуктора привода кривошипа инерционного конвейера имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

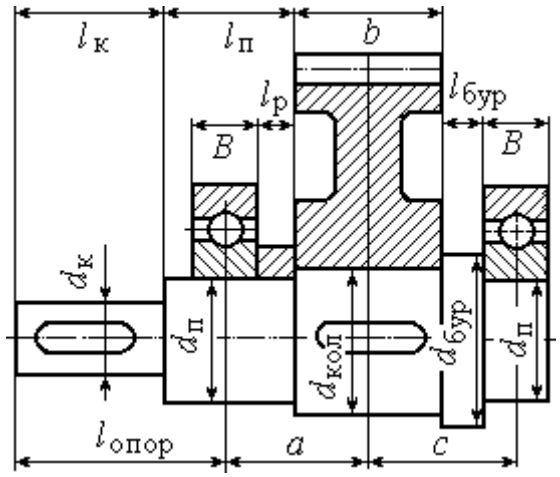
Варианты исходных данных механизма инерционного конвейера для варианта задания № 1

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	φ	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.

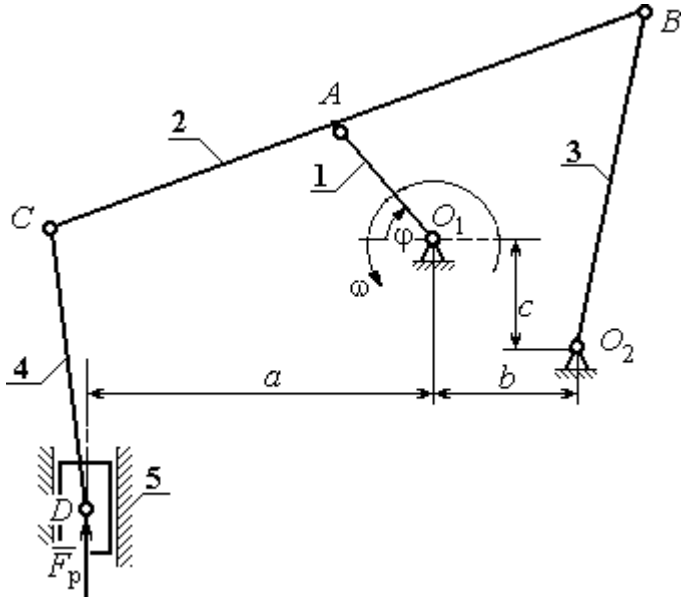
Ведомый вал редуктора привода кривошипа плунжерного питателя имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

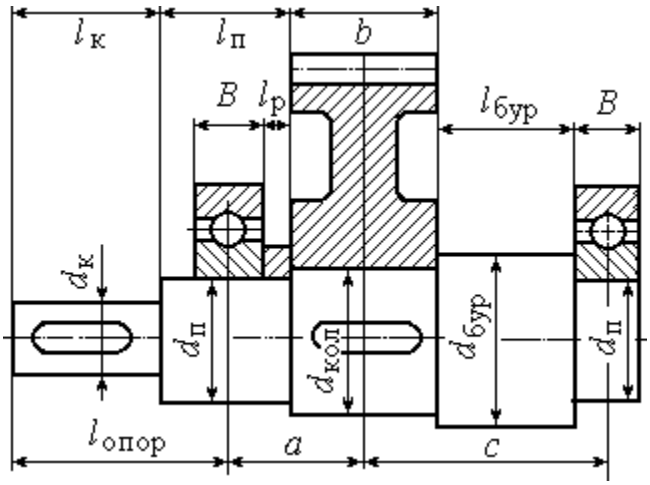
Варианты исходных данных механизма плунжерного питателя с грохотом для варианта задания № 2

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	φ	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 звеньев2 – 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.

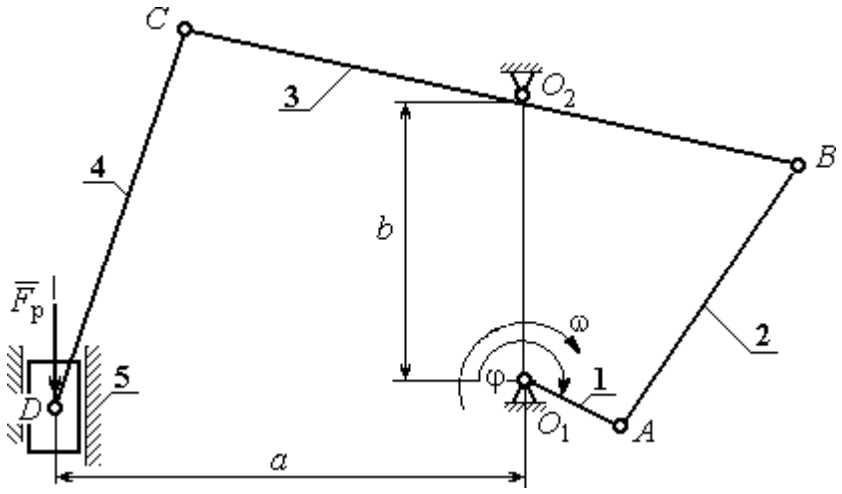
Ведомый вал редуктора привода кривошипа поршневого насоса имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

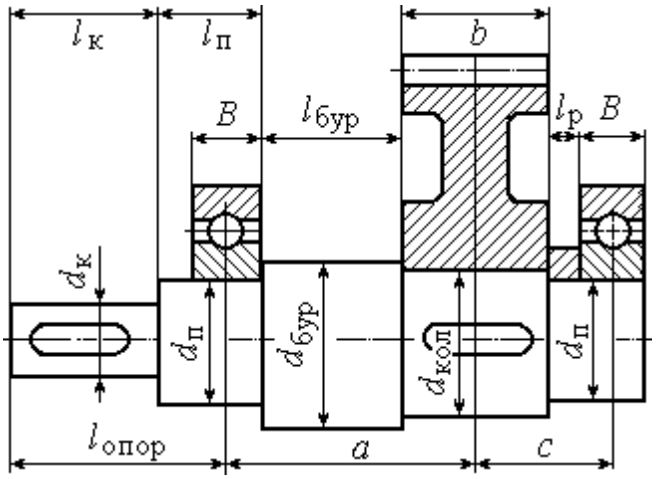
Варианты исходных данных механизма поршневого насоса для варианта задания № 3

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	φ	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.

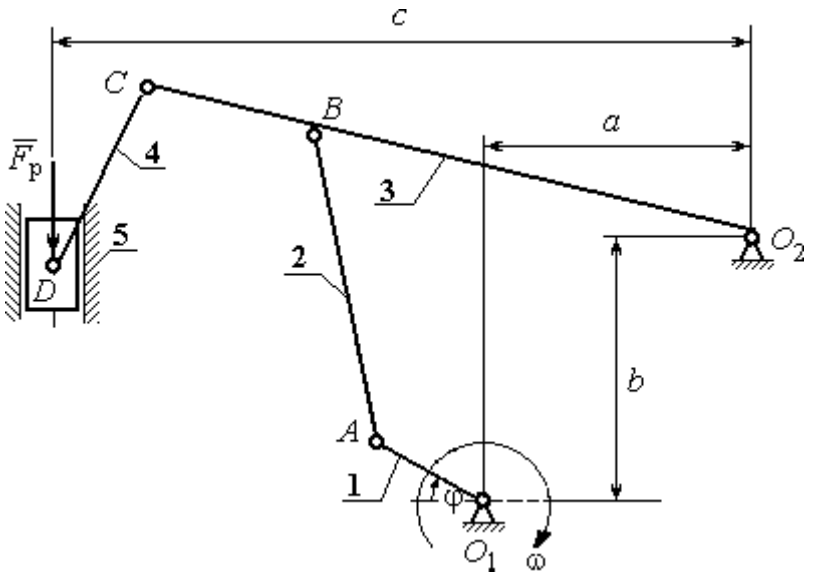
Ведомый вал редуктора привода кривошипа глубинного насоса имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

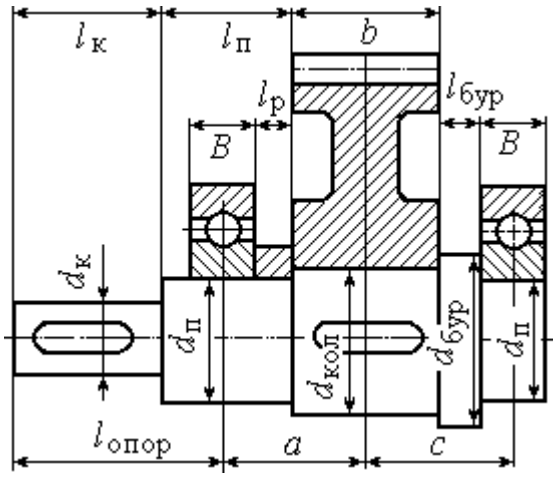
Варианты исходных данных механизма глубинного насоса для варианта задания № 4

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	φ	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.

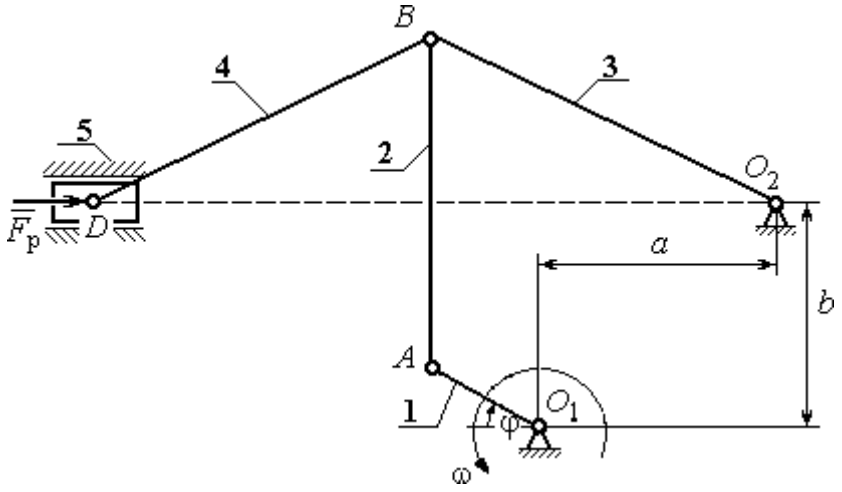
Ведомый вал редуктора привода кривошипа вытяжного пресса имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

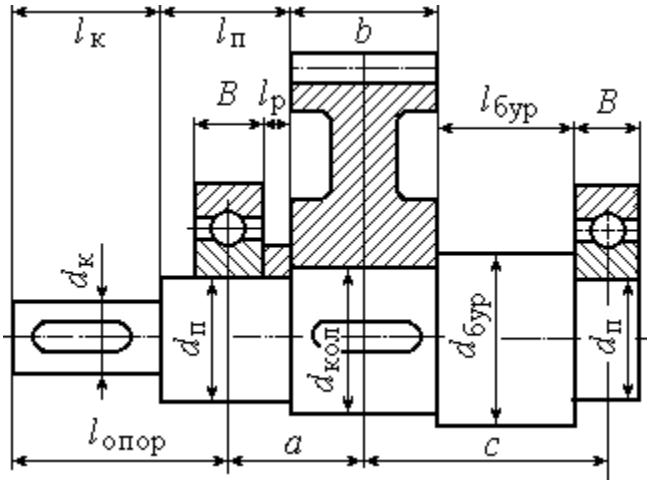
Варианты исходных данных механизма вытяжного пресса для варианта задания № 5

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	φ	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.

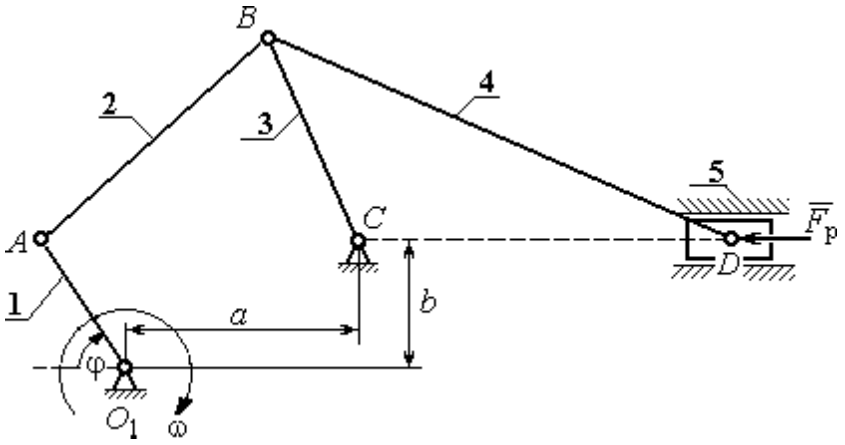
Ведомый вал редуктора привода кривошипа гайковырубного автомата имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

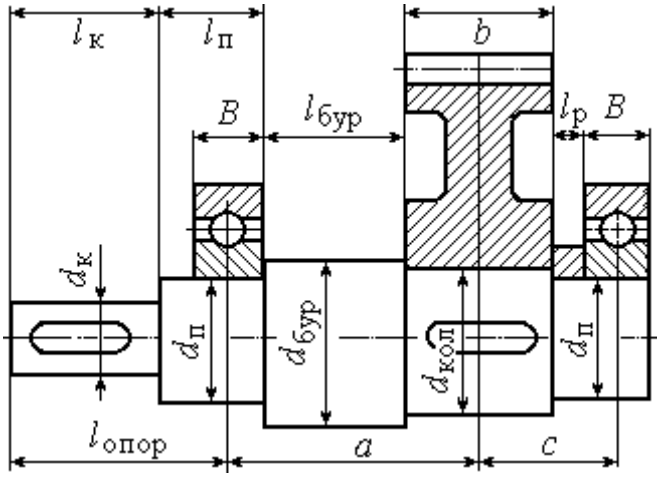
Варианты исходных данных механизма гайковырубного автомата для варианта задания № 6

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	φ	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.

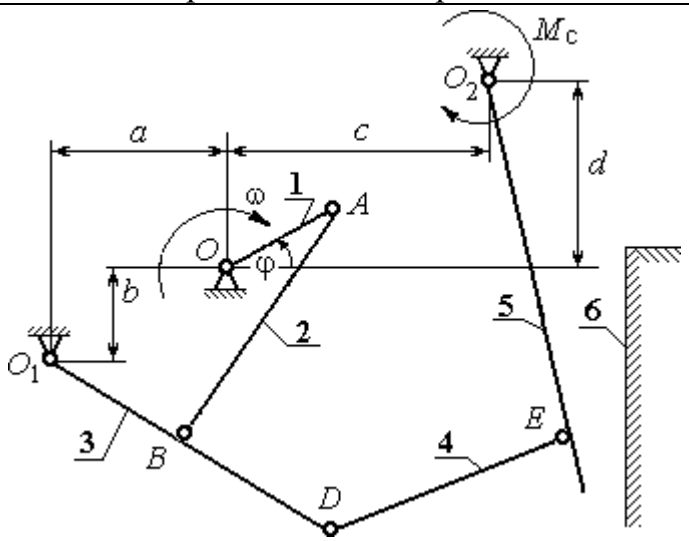
Ведомый вал редуктора привода кривошипа качающегося конвейера имеет несимметричное правое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

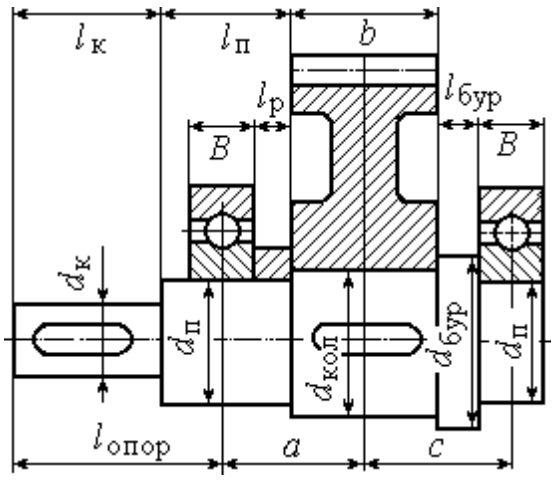
Варианты исходных данных механизма качающегося конвейера для варианта задания № 7

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	φ	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.

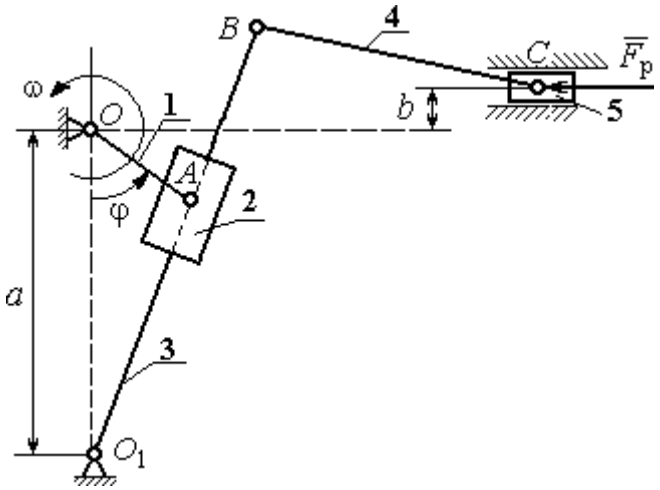
Ведомый вал редуктора привода кривошипа щековой дробилки имеет симметричное расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

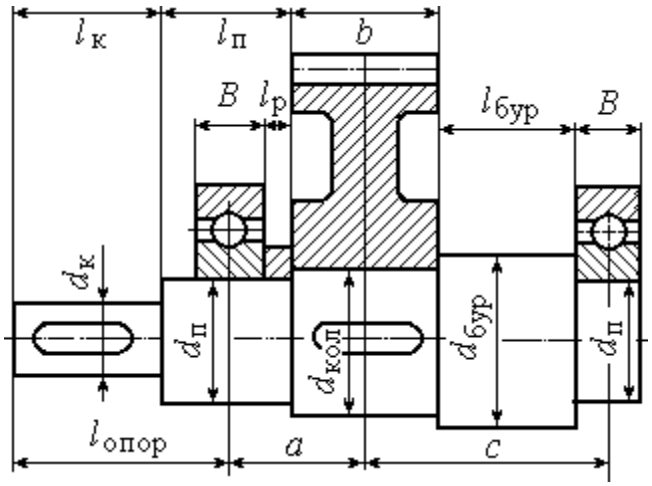
Варианты исходных данных механизма щековой дробилки для варианта задания № 8

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	φ	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	σ_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.

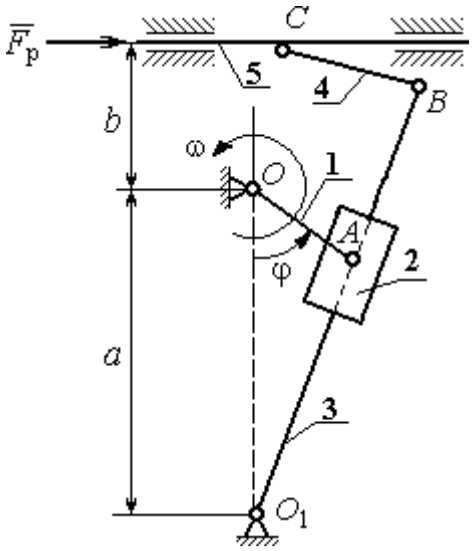
Ведомый вал редуктора привода кривошипа кулисного конвейера имеет несимметричное левое расположение колеса относительно опор вала – подшипников.

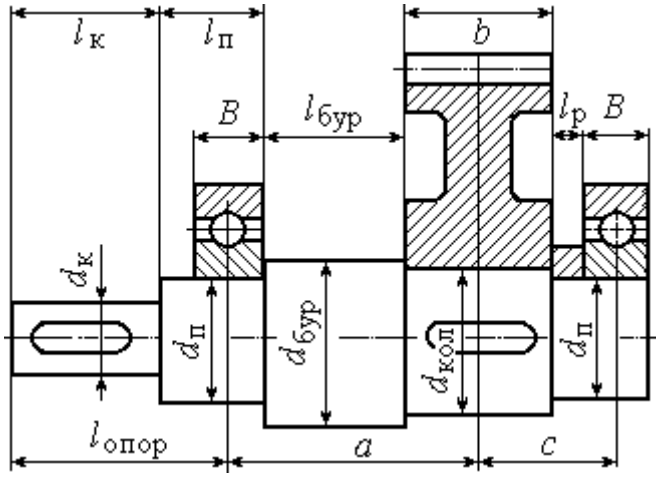
Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 9

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.

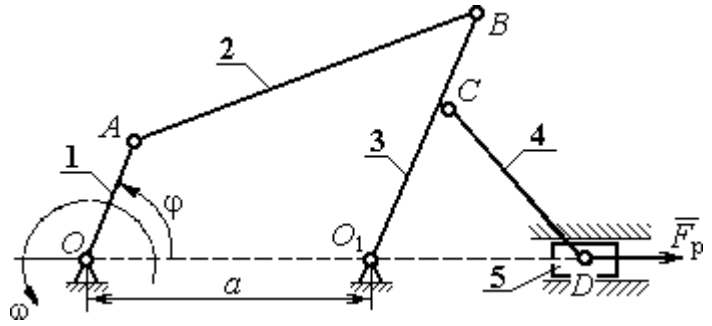
Варианты исходных данных механизма кулисного конвейера для варианта задания № 10

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	φ	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	$F_р$	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	$\sigma_В$	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



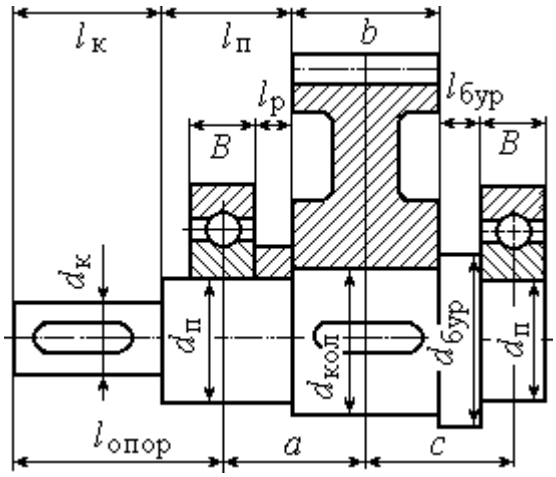


Рис. 1. Схемы пятизвенного механизма и компоновки узла ведомого вала кривошипа

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.

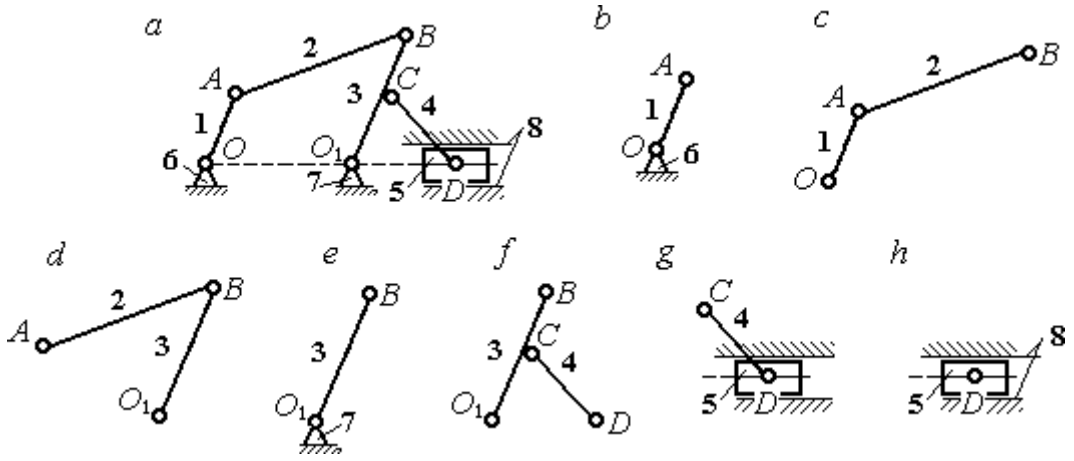


Рис. 2. Кинематические пары механизма:
a – схема механизма; b – h – звенья, составляющие кинематические пары

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: $W = 3n - 2\,p_5 = 3\cdot 5 - 2\cdot 7 = 1$, 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*.

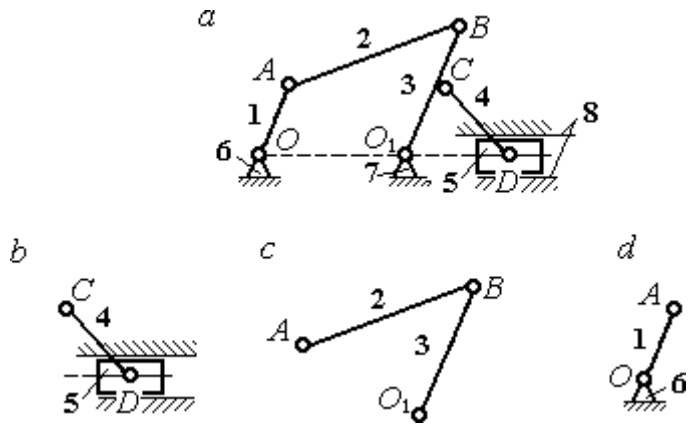


Рис. 3. Группы Ассура механизма:
a – схема механизма; *b*, *c* – группы Асура; *d* – начальное звено

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.

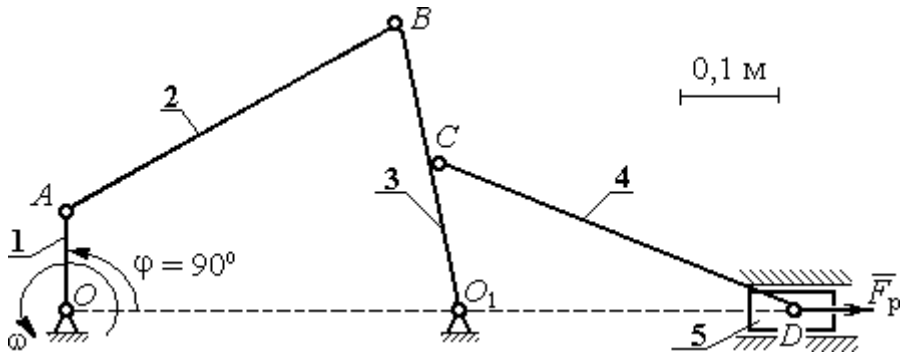


Рис. 4. План механизма в масштабе 1:4

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: $V_A = \omega \cdot O_1A = 10 \cdot 0{,}1 = 1$ м/с. Длину вектора скорости $\vec{V}_A$ точки *A* на плане скоростей принимаем равной 100 мм. Вычисляем масштаб плана скоростей: $k_v = \frac{V_A}{100} = \frac{1}{100} = 0{,}01$ (мм/с)/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).

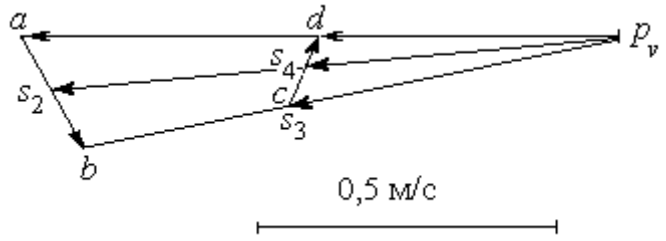


Рис. 5. План скоростей механизма для угла поворота кривошипа $\varphi = 90^o$

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 ω_2 звена *AB* определяется как отношение $\omega_2 = \dfrac{V_{BA}}{BA} = \dfrac{ab \cdot k_v}{BA} =$

$\frac{18 \cdot 0{,}01}{0{,}4} = 0{,}45$ 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	ω_2	ω_3	ω_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.

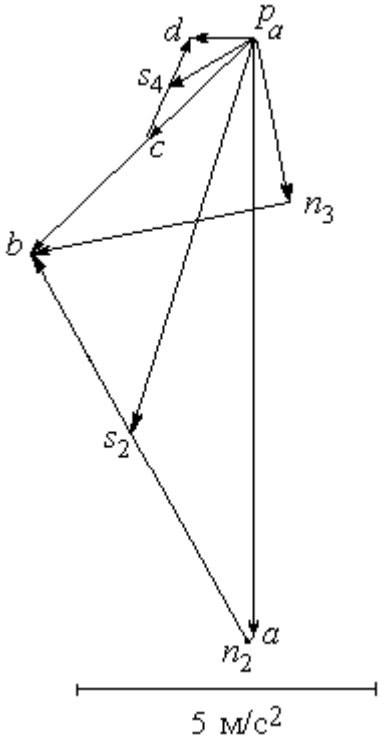


Рис. 6. План ускорений механизма для угла поворота кривошипа φ = 90º

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^τ_{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 $\frac{a^n_B}{k_a} = \frac{2{,}84}{0{,}1} = 28{,}4$ 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: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_B^{\tau}}{BO_1} = \dfrac{n_3 b \cdot k_a}{BO_1} = \dfrac{43 \cdot 0{,}1}{0{,}3} = 14{,}3$ 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: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_{BA}^{\tau}}{BA} = \dfrac{n_2 b \cdot k_a}{BA} = \dfrac{74 \cdot 0{,}1}{0{,}4} = 18{,}5$ 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	ε_2	ε_3	ε_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.

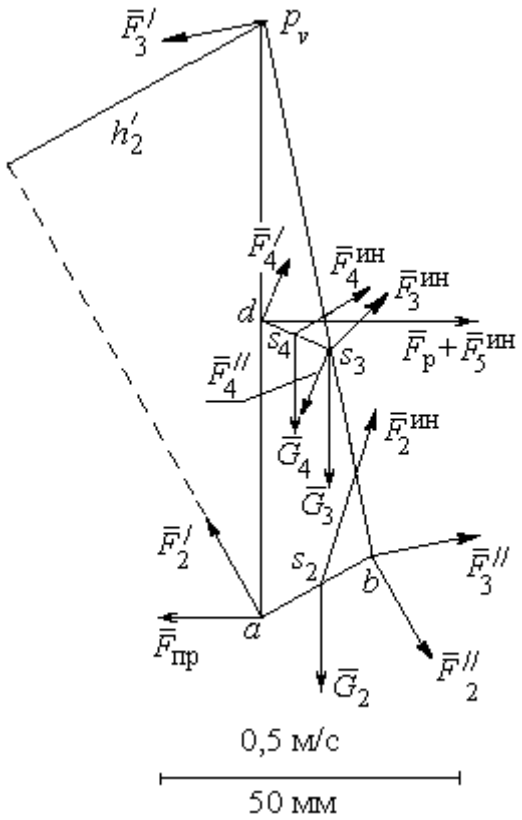


Рис. 3.7. «Жёсткий рычаг» Н. Е. Жуковского

$$F_2' = F_2'' = \frac{M_2^{ин}}{AB} = \frac{37}{0{,}4} = 92{,}5 \text{ Н},$$

$$F_3' = F_3'' = \frac{M_3^{ин}}{O_1B} = \frac{14{,}3}{0{,}3} = 48 \text{ Н},$$

$$F_4' = F_4'' = \frac{M_4^{ин}}{CD} = \frac{10{,}8}{0{,}5} = 21{,}6 \text{ Н}.$$

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: $M_{\text{дв}} = F_{\text{пр}} \cdot O_1 A$ = 7177·0,1 = 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

$$\sigma_{H\,\text{lim}} = 2\,HB + 70 = 2 \cdot 182{,}4 + 70 = 434{,}8 \text{ МПа}.$$

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 ψ_{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

$$d_{\text{к}} = \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{0{,}2\tau_{\text{к}\,adm}}} = \sqrt[3]{\frac{717{,}7 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 20}} = 56{,}4 \text{ мм}.$$

Расчётное значение диаметра консольной части вала округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $d_{\text{к}} = 60$ мм.

Длина консольной части вала пропорциональна его диаметру: $l_{\text{к}} = (1{,}5 \div 2{,}5)d_{\text{к}}$. Выбираем

$$l_{\text{к}} = 2d_{\text{к}} = 2 \cdot 60 = 120 \text{ мм}.$$

Результат расчёта не требует округления, так как является одним из значений ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{\text{к}} = 120$ мм.

При диаметре консольной части вала$d_{\text{к}} = 60$ мм высота ступени $t = 3$ мм (приложение, табл. П2). Диаметр вала под подшипник

$$d_{\text{п}} = d_{\text{к}} + 2t = 60 + 2 \cdot 3 = 66 \text{ мм}.$$

Результат округляем до ближайшего большего числа, кратного 5.

Принимаем $d_{\text{п}} = 70$ 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

$$l_{\text{п}} = 1{,}25d_{\text{п}} = 1{,}25 \cdot 70 = 87{,}5 \text{ мм}.$$

Расчётное значение длины ступеньки вала в месте посадки подшипника округляем до ближайшего большего значения из ряда *R*-40 номинальных линейных размеров.

Принимаем $l_{\text{п}} = 90$ мм.

При диаметре вала под подшипник $d_{\text{п}} = 70$ мм координата фаски подшипника $r = 3{,}5$ мм (см. приложение, табл. П2). Диаметр вала под колесом

$$d_{\text{кол}} = d_{\text{п}} + 3{,}2r = 70 + 3{,}2 \cdot 3{,}5 = 81{,}2 \text{ мм}.$$

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 $d_{п} = 70$ мм ширина подшипника $B = 24$ мм (см. табл. 5).

При переходе от консольной части вала к участку вала под подшипником диаметры участков $d_{к} = 60$ мм, $d_{п} = 70$ мм.

Величина ступеньки $t = 0{,}5(d_{п} - d_{к}) = 0{,}5(70 - 60) = 5$ 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 $F_{\text{м}}=125\sqrt{T_2}=125\sqrt{717,7}=3348,7$ Н.

Силы в зацеплении зубчатой передачи:

– окружная сила $F_t=\dfrac{2T_2\cdot10^3}{d_2}=\dfrac{2\cdot717,7\cdot10^3}{333,3}=4306,6$ Н,

– радиальная сила $F_r=F_t\text{tg}20^\circ=4306,6\cdot0,364=1567,6$ Н.

Для построения эпюр изгибающих моментов вычислим расстояния между точками приложения сил, отнесенных к оси вала

$$l_{\text{опор}}=l_{\text{к}}+l_{\text{п}}-(l_{\text{р}}+0,5B)=120+90-(12+0,5\cdot24)=186 \text{ мм},$$

$$a=0,5b+l_{\text{р}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм},$$

$$c=0,5b+l_{\text{бур}}+0,5B=0,5\cdot80+12+0,5\cdot24=64 \text{ мм}.$$

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:

$$R_{1y}=\frac{F_r c}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н},\quad R_{2y}=\frac{F_r a}{(a+c)}=\frac{1567,6\cdot64}{64+64}=783,8 \text{ Н}.$$

Проверка: $R_{1y}-F_r+R_{2y}=783,8-1567,6+783,8=0.$

На 1-м участке вала $0\le z_1\le l_{\text{опор}}$, $M_{1x}=0.$

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

$$M_{2x}=R_{1y}z_2$$

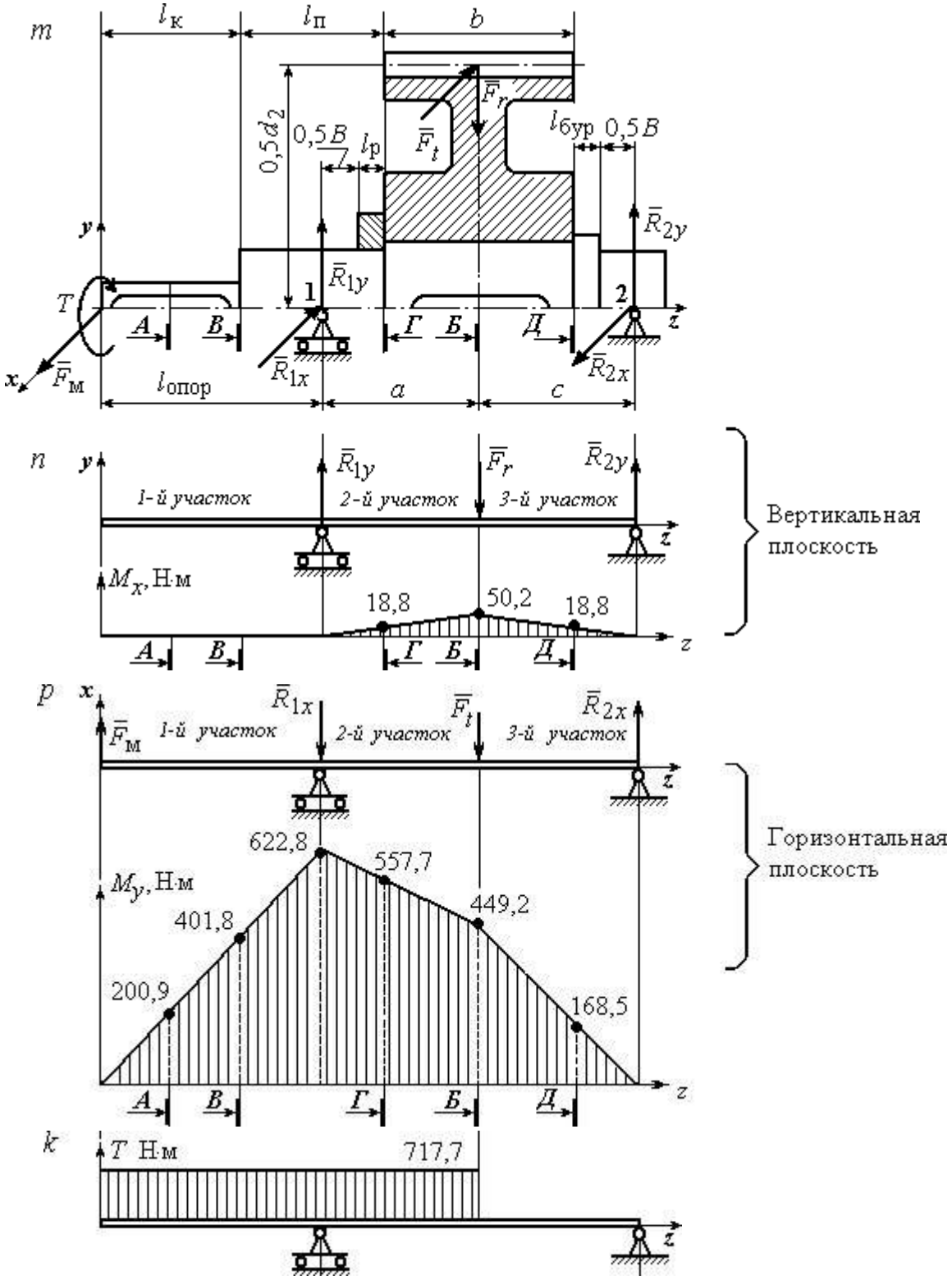


Рис. 8. Расчётная схема вала:
m – нагрузка вала; *n* – проекция нагрузки на вертикальную плоскость
и эпюра изгибающих моментов M_x; *p* – проекция нагрузки
на горизонтальную плоскость и эпюра изгибающих моментов M_y; *k* – эпюра крутящих моментов

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, *п*.

Эпюра изгибающих моментов M_y в горизонтальной плоскости

Условия равновесия вала в горизонтальной плоскости (рис. 8, *р*):

$$-F_м(l_{опор} + a + c) + F_t c + R_{1x}(a + c) = 0, \quad -F_м l_{опор} - F_t a + R_{2x}(a + c) = 0.$$

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, *p*.

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*

$$W_{\text{и}Г} = 0{,}1 d_{\text{п}}^3 = 0{,}1 \cdot 70^3 = 34{,}3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

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*

$$n_Г = \frac{n_{\sigma Г} n_{\tau Г}}{\sqrt{n_{\sigma Г}^2 + n_{\tau Г}^2}} = \frac{5{,}4 \cdot 11{,}1}{\sqrt{5{,}4^2 + 11{,}1^2}} = 4{,}8 > n_{adm} = 2{,}5 \div 3{,}0.$$

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

$$W_{иБ} = 0{,}1 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}1 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 54{,}7 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

Амплитуда цикла нормальных напряжений при изгибе

$$\sigma_{аБ} = \frac{M_{сум\,Б} 10^3}{W_{иБ}} = \frac{452 \cdot 10^3}{54{,}7 \cdot 10^3} = 8{,}3 \text{ МПа}.$$

Коэффициент концентрации напряжений изгиба для сечения *Б*, ослабленного шпоночным пазом, $\sigma_в = 640$ 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 $d_{кол} = 85$ мм $\varepsilon_\sigma = 0{,}72$ (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей напряжений изгиба при $\sigma_в = 640$ 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*

$$n_{\sigma Б} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\beta \varepsilon_\sigma} \sigma_{аБ} + \psi_\sigma \sigma_{mБ}} = \frac{275{,}2}{\frac{1{,}85}{0{,}83 \cdot 0{,}72} 8{,}3} = 10{,}7.$$

Предел выносливости материала вала при пульсирующем цикле касательных напряжений $\tau_{-1} = 160$ МПа.

Полярный момент сопротивления сечения *Б* с учетом шпоночного паза

$$W_{рБ} = 0{,}2 d_{кол}^3 - \frac{b_ш t_1 (d_{кол} - t_1)^2}{2 d_{кол}} = 0{,}2 \cdot 85^3 - \frac{22 \cdot 9 (85 - 9)^2}{2 \cdot 85} = 116{,}1 \cdot 10^3 \text{ мм}^3.$$

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_τ = 1,6 (табл. П3, приложение).

Коэффициент качества при чистовой обработке поверхности вала при $\sigma_в$ = 640 МПа β = 0,83 (рис. П4, приложение).

Масштабный фактор для касательных напряжений вала при $d_{кол}$ = 85 мм ε_τ = 0,62 (рис. П3, приложение).

Коэффициент учета постоянной составляющей касательных напряжений при $\sigma_в$ = 640 МПа ψ_τ = 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_σ	10,7	5,4	–
Коэффициент запаса сопротивления усталости по кручению, n_τ	16,6	11,1	–
Общий коэффициент запаса сопротивления усталости, n	8,9	4,8	–
Коэффициент запаса статической прочности	–	–	6,2

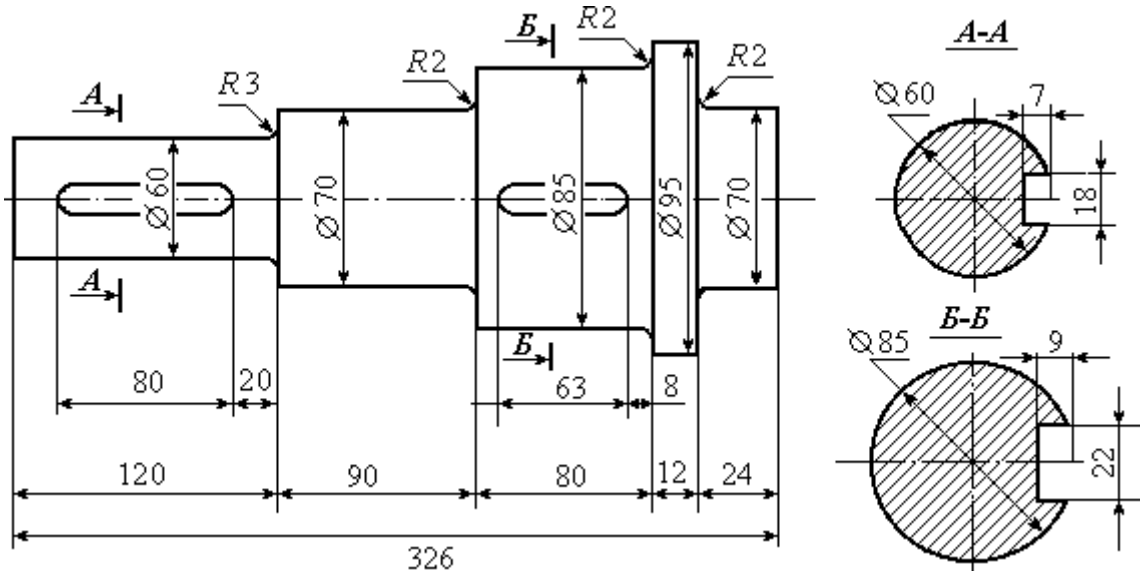
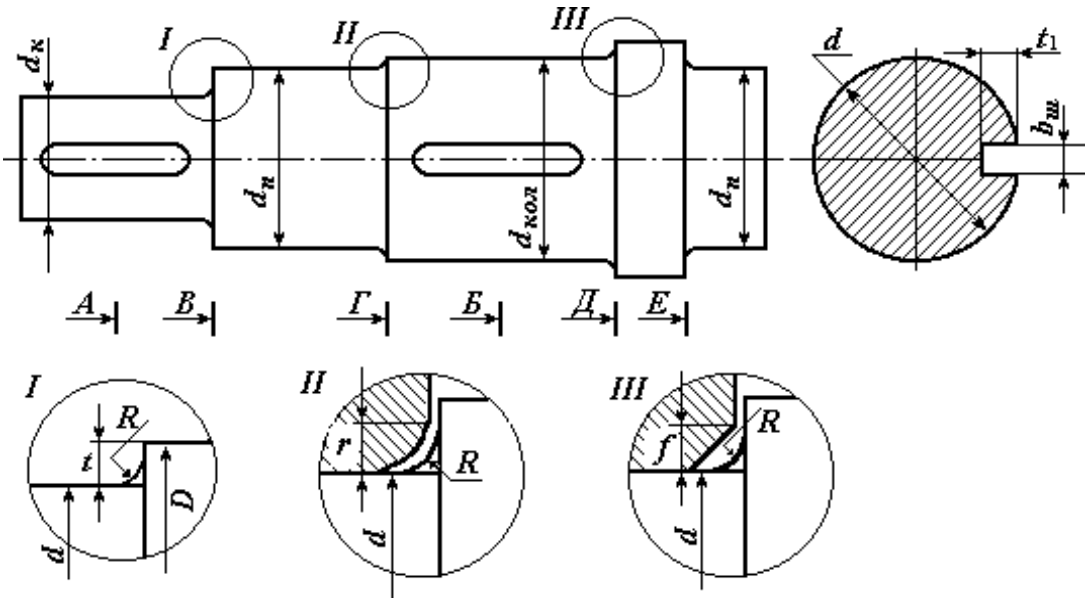


Рис. 9. Эскизный чертёж вала

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

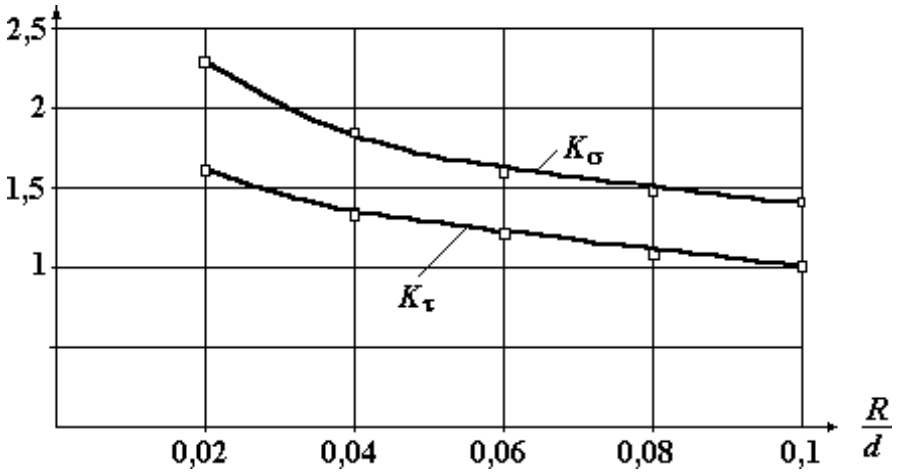
$\sigma_в$, МПа	500	700	900
K_σ	1,6	1,9	2,15
K_τ	1,4	1,7	2,05

Таблица П4

Коэффициенты чувствительности асимметрии цикла

$\sigma_в$, МПа	350 – 520	520 – 720	720 – 1000	1000 – 1200
ψ_σ	0	0,05	0,1	0,2
ψ_τ	0	0	0,05	0,1

Рис. П2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений K_σ и K_τ в зависимости от отношения радиуса галтели к диаметру вала



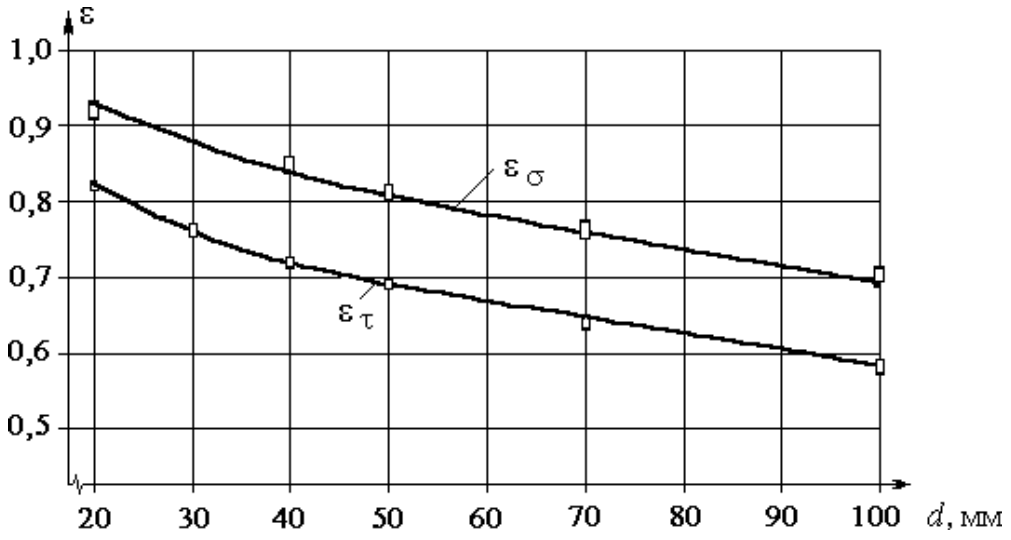


Рис. П3. Зависимость значений масштабных факторов ε_σ и ε_τ от диаметра вала

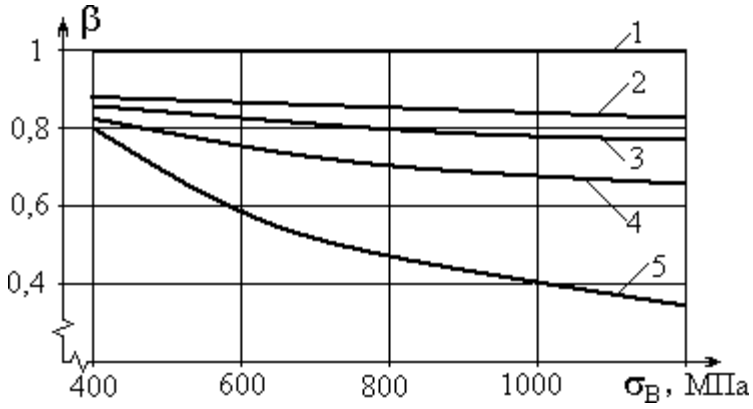


Рис. П4. Зависимость коэффициента β качества обработки поверхности от предела выносливости материала и вида обработки:

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
Специализация –
Открытые горные работы

Авторы: Котельников А.П, к.т.н., доц.

Одобрена на заседании кафедры
Технической механики
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Волков Е.Б.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 17.09.2021
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2021
(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.

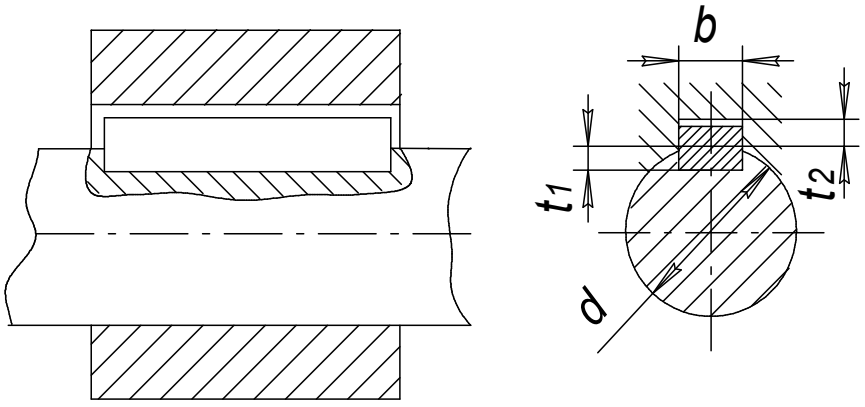


Рис. 1. Шпоночное соединение

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 $150 Н \cdot м$. Выполнить полную проверку соединения на прочность.

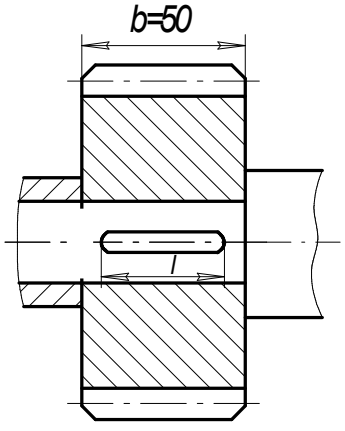


Рис. 2. Соединение к задаче 2

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.

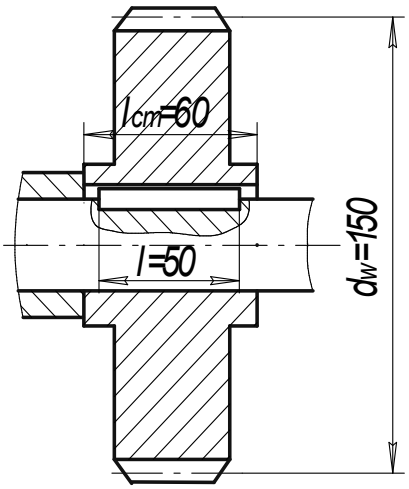
Решение

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 $[\tau_{КР}] = 25 МПа$, 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

$$T \le \frac{[\tau_{кр}] \cdot 0{,}2 \cdot d^3}{10^3} = \frac{25 \cdot 0{,}2 \cdot 38^3}{10^3} = 274 \text{ Н} \cdot \text{м} \ .$$

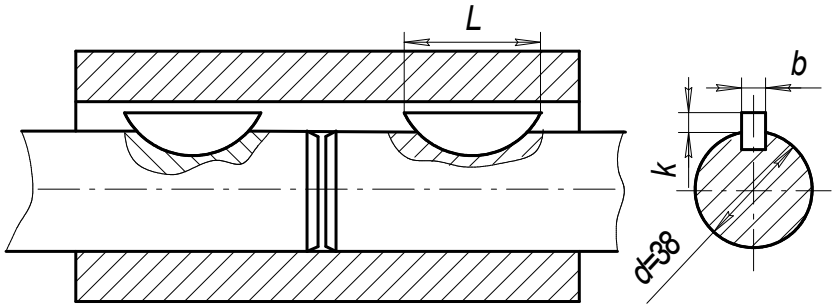


Рис. 4. Соединение к задаче 4

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 .

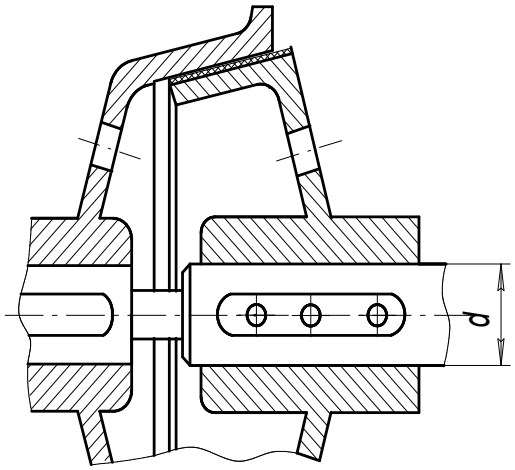
Поскольку $\sigma_{см} = 137 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 200 \text{ МПа}$, то далее проверяем шпонку на срез

$$\tau_{ср} \approx \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot L} \approx \frac{2 \cdot 274 \cdot 10^3}{38 \cdot 10 \cdot 32} \approx 45 \text{ МПа} < 60 \text{ МПа}. \qquad (9)$$

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

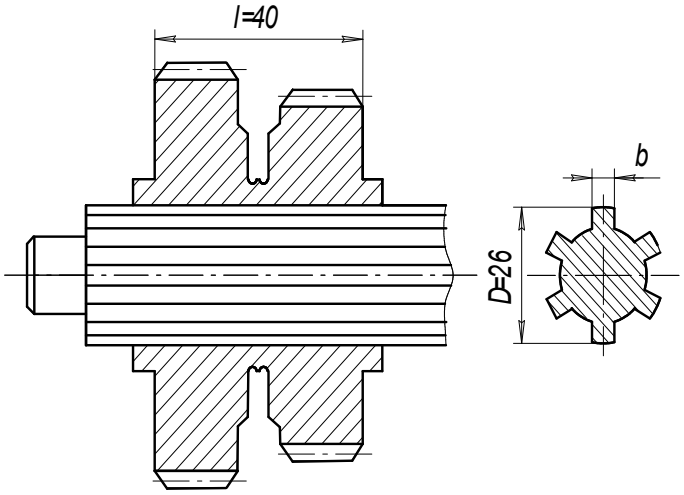


Рис. 6. Шлицевое соединение

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; $k_з = 0{,}7...0{,}8$; 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; δ – 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.

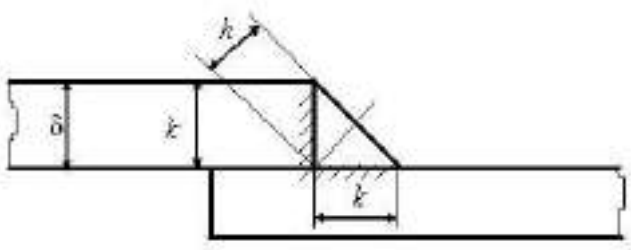


Рис. 7. Угловой шов

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:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7k(l_1 + l_2)} \le \left[\tau'\right] \tag{17}$$

и длина каждого шва находится обратно пропорционально плечам: $\frac{l_1}{l_2} = \frac{a_2}{a_1}$.

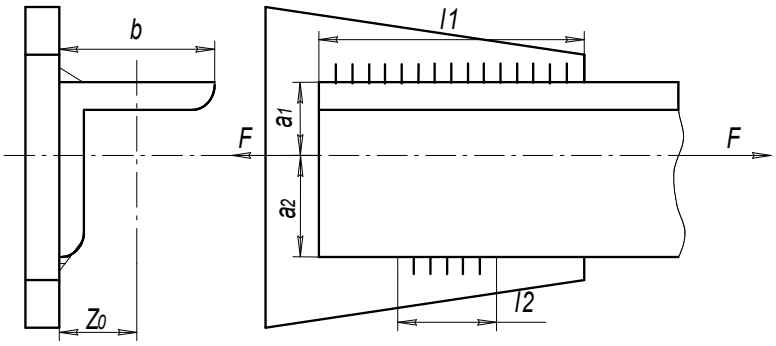


Рис. 8. Фланговый шов асимметричной детали

Л о б о в ы е ш в ы

Лобовые швы рассчитывают только по касательным напряжениям, действующим в плоскости биссектрисы m-m:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7kl} \le \left[\tau'\right] \tag{18}$$

Если соединение нагружено парой сил с моментом Т, то условие прочности:

$$\tau_c = \frac{T}{W} = \frac{6T}{0{,}7klb^2} \le [\tau'_c]. \tag{19}$$

При сложном напряженном состоянии растяжения (или сжатия) с изгибом прочность соединения определяют по формулам:

для соединений встык, выполненных стыковым швом

$$\sigma_p = \frac{F}{b \cdot \delta} + \frac{6M}{b \cdot \delta^2} \le \left[\sigma'_p\right] \tag{20}$$

для нахлёсточных соединений, выполненных угловыми швами

$$\tau_c = \frac{6M}{0{,}7k \cdot 2l^2} + \frac{F}{0{,}7k \cdot 2l} \le [\tau'_c]. \tag{21}$$

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 σ_{-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).

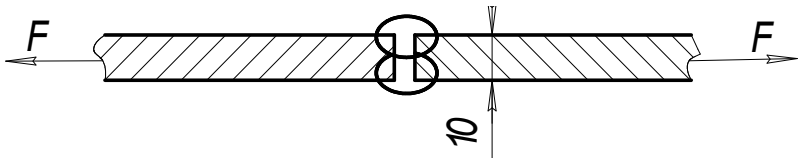


Рис. 9. Сварное соединение к задаче 7

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:
$\left[\sigma'\right]_{\text{р}} = 0{,}9 \cdot 133 = 120$ МПа .

Запишем условие прочности сварного шва

$$\sigma'_{\text{р}} = \frac{F}{\delta \cdot l} \le \left[\sigma'\right]_{\text{р}} \qquad (22)$$

и вычислим

$$\sigma'_{P} = \frac{140 \cdot 10^{3}}{200 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 70 \cdot 10^{6}\, Па = 70 МПа < 120 МПа$$

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 $\left[\sigma_{p}\right] = 160 МПа$. 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) $\left[\sigma'\right] = 0{,}9 \cdot \left[\delta_{p}\right] = 0{,}9 \cdot 160 = 144 МПа$ - по табл. 2;

Из условия прочности $\sigma_{\text{р}} = \frac{F}{b \cdot \delta} \le \left[\sigma'_{\text{р}}\right]$ (23)

определяем усилие: $F \ge b \cdot \delta \cdot \left[\sigma'\right] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 144 \cdot 10^{6} = 346 кН$. (24)

Использовано только 90% основного материала.

б) Определяем допускаемое напряжение в сварном шве:

$\left[\sigma'\right] = \left[\delta_{p}\right] = 160 МПа$

определяем усилие: $F \ge A \cdot \left[\sigma'\right] = 200 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 10^{6} = 384 кН$.

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.

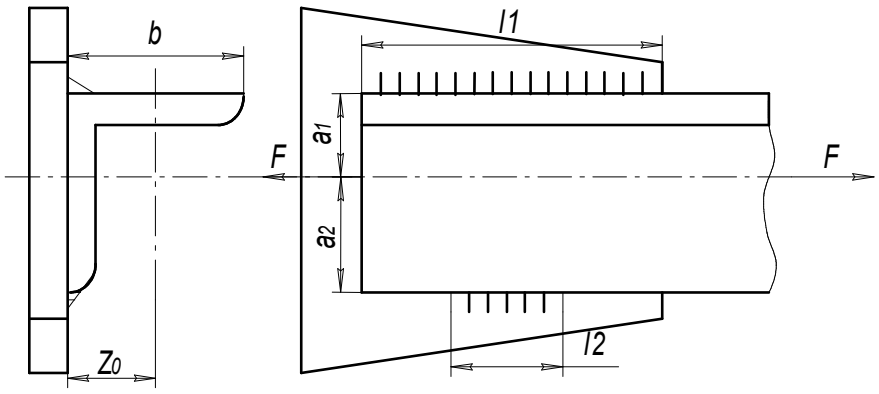


Рис.10. Сварное соединение задаче 9

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 $b = 100 мм$; толщина полки $t = 10 мм$; расстояние от полки до центра тяжести $z_0 = 28{,}3 мм$; площадь $A = 1920 мм^2$; $a_1 = 28{,}3 мм$; $a_2 = b - z_0 = 100 - 28{,}3 = 71{,}7 мм$.

Исходя из прочности уголка $\sigma_p = \frac{F}{A} \le [\sigma_p]$,

определяем допускаемую силу $F \le A \cdot [\sigma_p] = 1920 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 10^6 = 384 \cdot 10^3 H = 384\ кН$.

Составляем условие прочности для сварного шва:

$$\tau = \frac{F}{0{,}7K \cdot l_\Sigma} \le [\tau'_C], \tag{25}$$

откуда определяем суммарную длину сварного шва (l_Σ)

$$l_\Sigma \ge \frac{F}{0{,}7k \cdot [\tau'_C]} = \frac{384 \cdot 10^3}{0{,}7 \cdot 10^{-2} \cdot 120 \cdot 10^6} = 457 \cdot 10^{-3} м \cdot$$

Решаем систему уравнений $\frac{l_1}{l_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{71{,}7}{28{,}3} = 2{,}53$; (26)

$$l_1 + l_2 = l_\Sigma . \tag{27}$$

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:

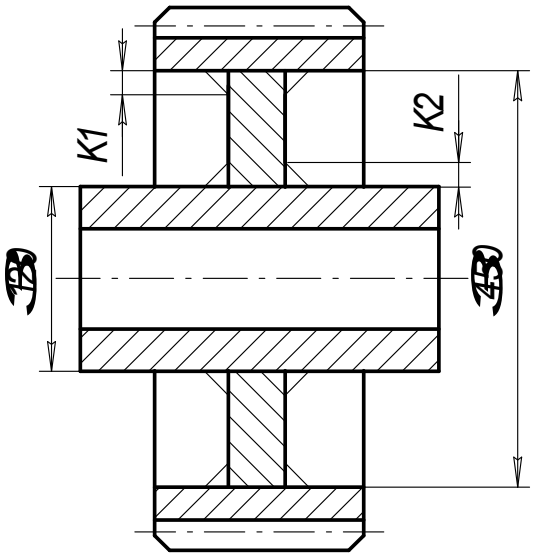


Рис.11. Сварное зубчатое колесо

$$T = \frac{P \cdot 10^3}{\varpi} = \frac{18 \cdot 10^3}{3} = 6 кН \cdot м .$$

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 <120МПа.

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:

$$\left[\sigma_{\text{р}}\right]=\frac{\sigma_{\text{т}}}{S}=\frac{300}{1{,}5}=200\ \text{МПа}\ .$$

Определяем допускаемое напряжение в сварном шве (по табл. 2):

$$\left[\tau'_{\text{с}}\right]=0{,}6\cdot\left[\sigma_{\text{р}}\right]=0{,}6\cdot 200=120\ \text{МПа}\ .$$

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.

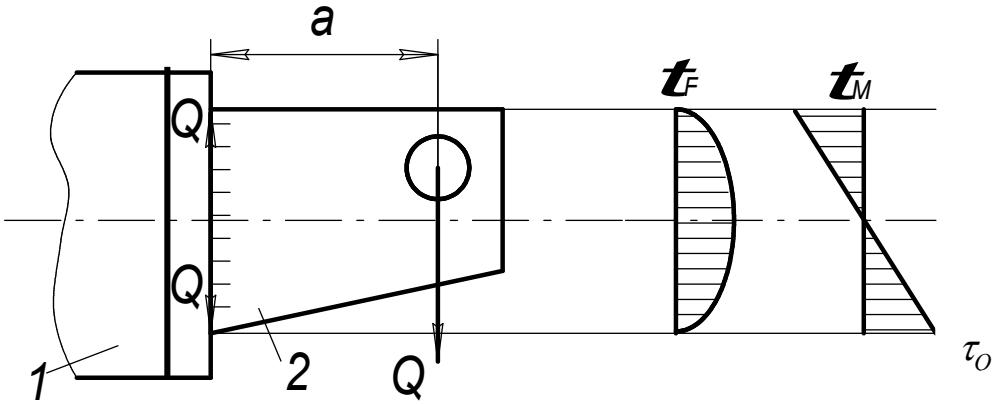


Рис. 12. Сварное соединение листа с уголком и эпюрами напряжений

При нагружении силой и изгибающим моментом прочность соединения определяем по формуле:

$$\tau_{\text{общ}}=\tau_{\text{Q}}+\tau_{\text{M}}\le\left[\tau'\right],\qquad(30)$$

где τ_{Q} – касательное напряжение от силы;

τ_{M} – касательное напряжение от изгибающего момента.

Поскольку в верхней точке сварного шва $\tau_{\text{Q}}=0$, то

$$\tau_{\text{общ}}=\tau_{\text{M}}=\frac{M}{W}\ .\qquad(31)$$

Вычисляем изгибающий момент

$$M=\text{Q}\cdot a=11\cdot 10^{3}\cdot 15\cdot 10^{-2}=1650\ \text{Н}\cdot\text{м}\ .\qquad(32)$$

Момент сопротивления сечения определяется по формуле:

$$W=\frac{0{,}7\kappa l^{2}}{6}\ .\qquad(33)$$

Определяем общее касательное напряжение по формуле:

$$\tau_{\text{общ}}=\frac{M\cdot 6}{2\cdot 0{,}7\kappa l^{2}}=\frac{6\cdot 1650}{2\cdot 0{,}7\kappa l^{2}}\le\left[\tau'\right].\qquad(34)$$

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.

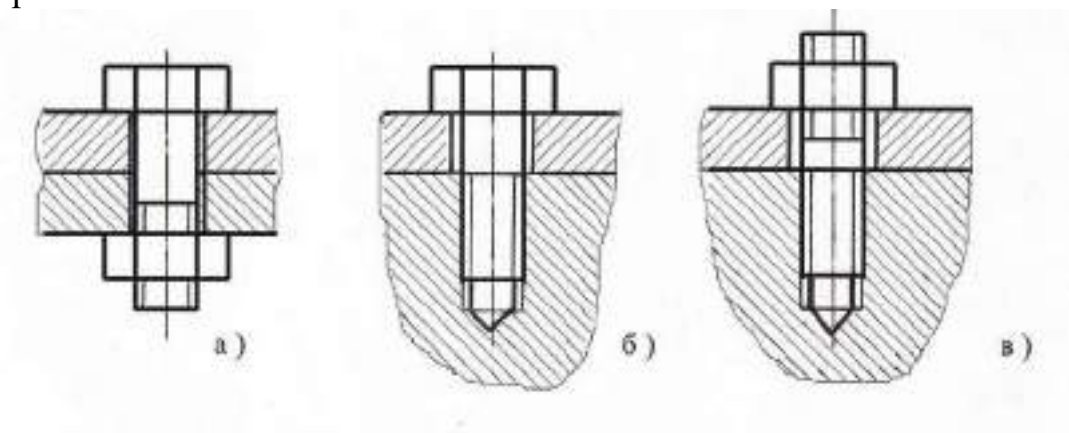


Рис.13. Соединение деталей с помощью болтов (а), винтов (б) и винтовых стяжек (в)

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.

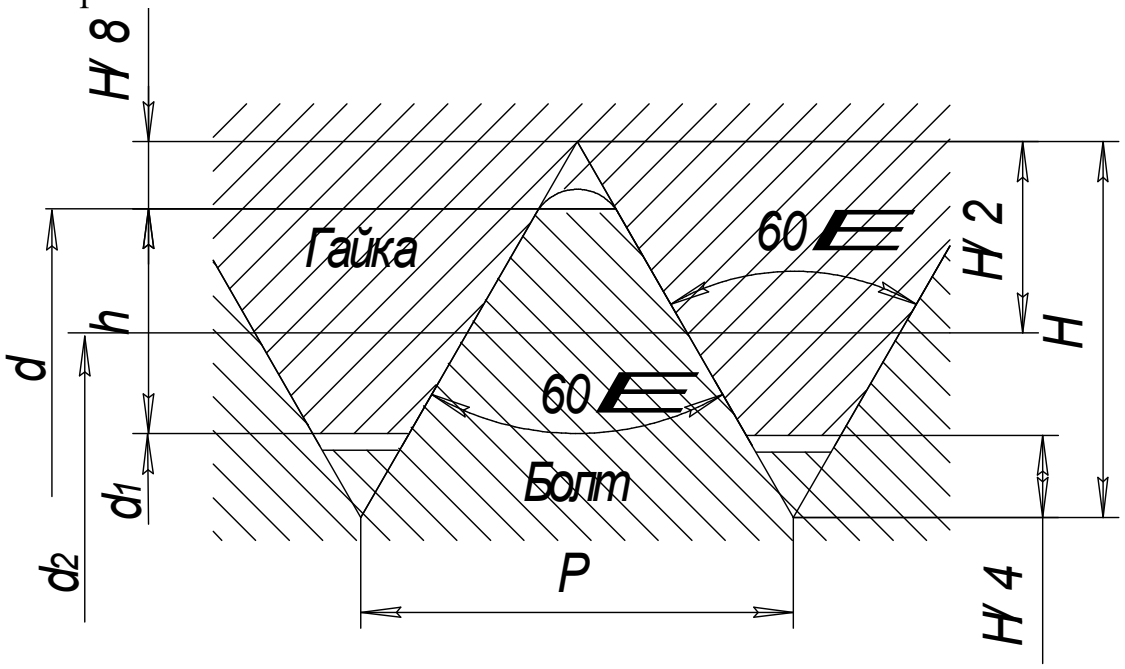


Рис.14. Геометрические параметры метрической резьбы:
d – наружный диаметр; d_1 – внутренний диаметр; d_2 – средний диаметр;
h – рабочая высота профиля; P – шаг; α – угол профиля.

Геометрические параметры резьбы определяются следующим образом:

d – наружный диаметр;

d_1 – внутренний диаметр;

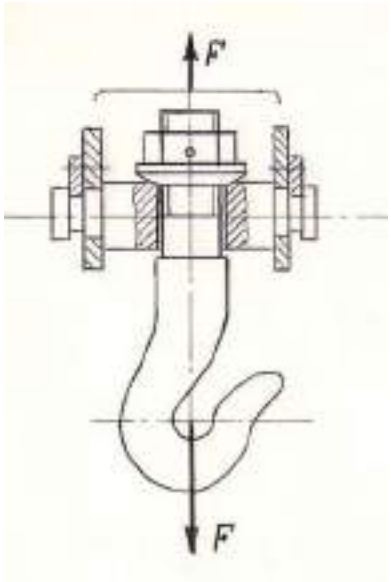
d_2 – средний диаметр;

h – рабочая высота профиля;

P – шаг (расстояние между одноименными сторонами соседних профилей, измеренное в направлении оси резьбы);

α – 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.**

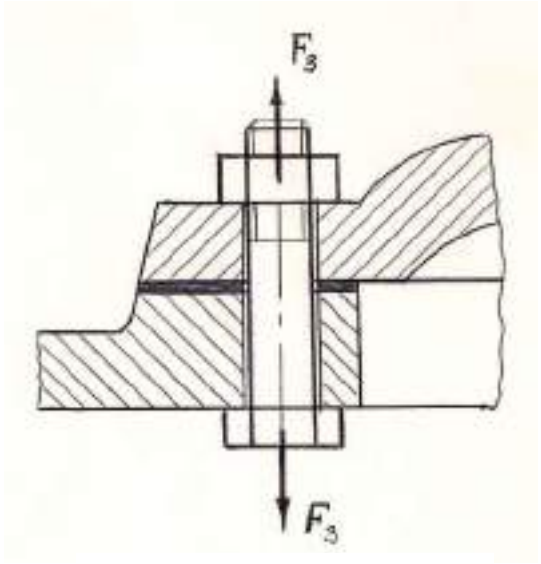


Рис.16. Болт затянут

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:

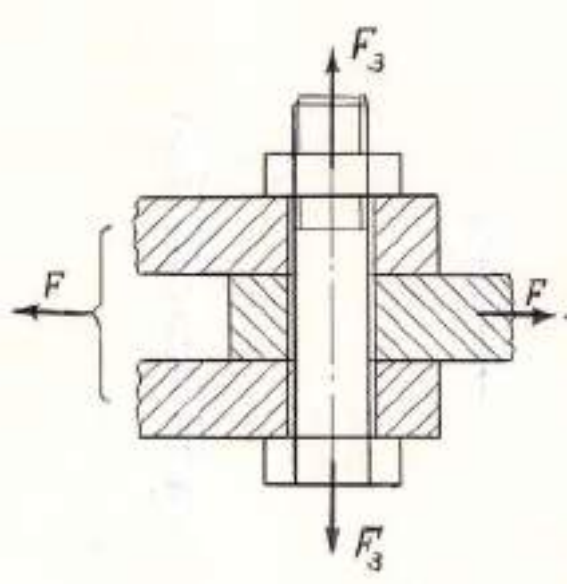


Рис.17. Болтовое соединение с зазором

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.

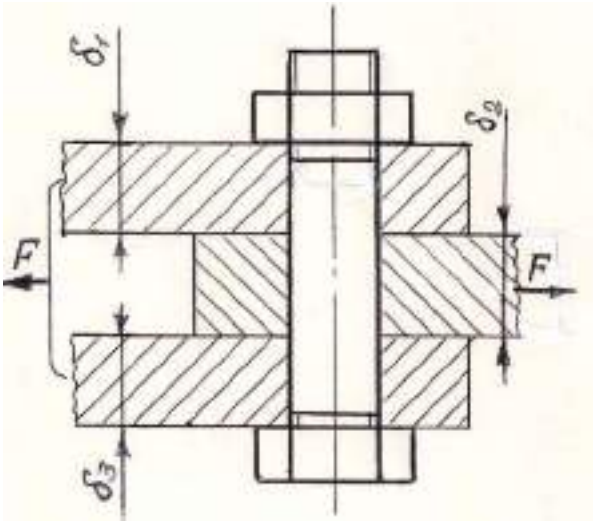


Рис. 18. Болтовое соединение без зазора

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 δ_1, ,δ_3 – толщина крайних соединяемых деталей, δ_2 –толщина средней детали.

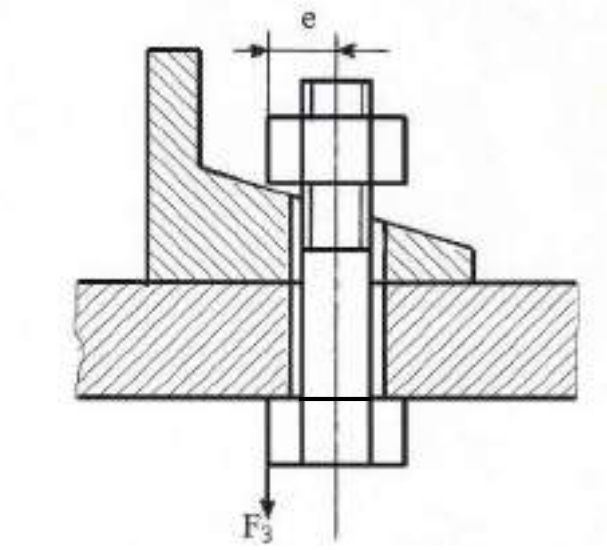


Рис. 19. Эксцентрично нагруженный болт

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	$[\sigma] = \sigma_Т / [s]$ **Статическая** нагрузка: $[s]$ по таблице запасов – неконтролируемая затяжка; $[s]$ = 0,5…2,5 – контролируемая затяжка. **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); $[\tau] = (0{,}2...0{,}3) \cdot \sigma_Т$ - (переменная); $[\sigma_{см}] = 0{,}8 \cdot \sigma_Т$ - сталь; $[\sigma_{см}] = (0{,}4...0{,}5) \cdot \sigma_Т$ - 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.

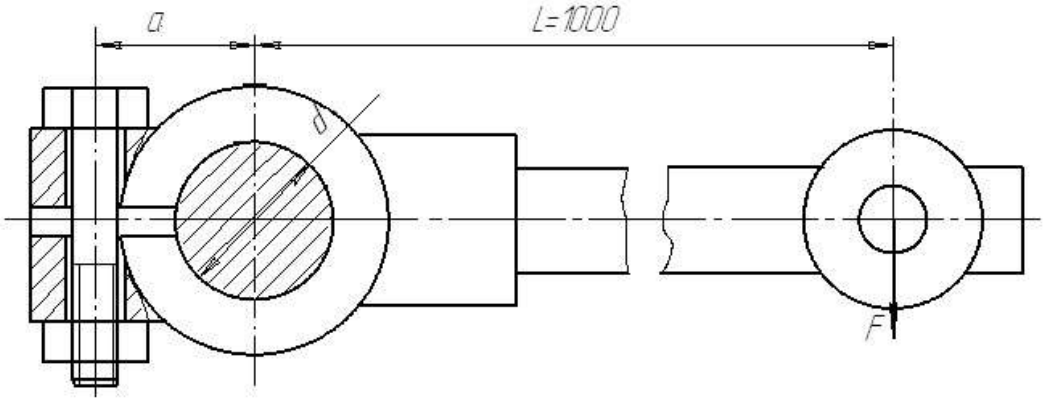


Рис. 20. Клеммовое соединение

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 $F_{\text{з}} \cdot \text{z}$ (с учётом количества болтов), относительно точки 0 имеем

$$-F_з\left(a + \frac{d}{2}\right) \cdot z + F_n \cdot \frac{d}{2} = 0. \quad (48)$$

Откуда сила затяжки одного болта

$$F_з = \frac{F_n \cdot d}{2\left(a + \frac{d}{2}\right) \cdot z} = \frac{F_n \cdot d}{(2 \cdot a + d) \cdot z} = \frac{78{,}4 \cdot 0{,}06}{(2 \cdot 0{,}055 + 0{,}06) \cdot 2} = 13{,}85\ кН$$

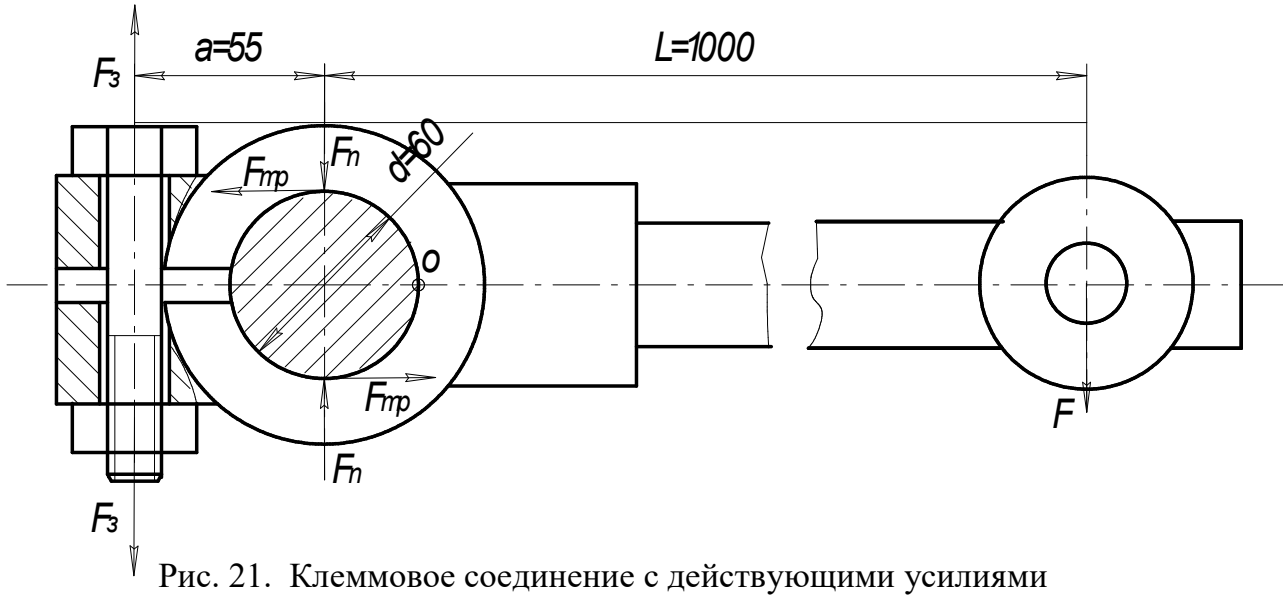


Рис. 21. Клеммовое соединение с действующими усилиями

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;

$$d_1 \ge \sqrt{\frac{4 \cdot 1{,}3 \cdot 13850}{66{,}7 \cdot 10^6 \cdot 3{,}14}} = 18{,}544 \cdot 10^{-3}\ м = 18{,}544\ мм.$$

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)

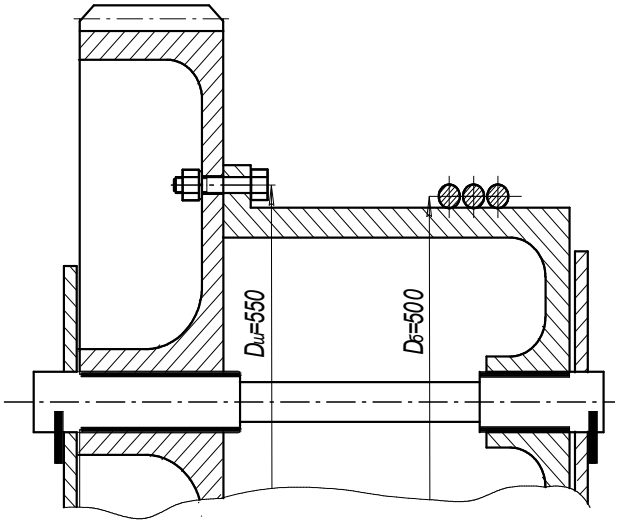


Рис. 22. Соединение зубчатого колеса с барабаном лебёдки

Отсюда вычисляем силу трения

$$F_{тр} = \frac{1{,}2 \cdot Q \cdot D_Б}{D_ш} = \frac{1{,}2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 500}{550} = 10909H.$$

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

$$[\tau_{ср}] = 0{,}4 \cdot [\sigma_т] = 0{,}4 \cdot 200 = 80 \text{ МПа}.$$

Определяем наружный диаметр болта из выражения

$$d \ge \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi \cdot [\tau_{ср}] \cdot z}} = \sqrt{\frac{10909 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 6}} = 5{,}38 \cdot 10^{-3} \text{м} = 5{,}38 \text{ мм}. \qquad (54)$$

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).

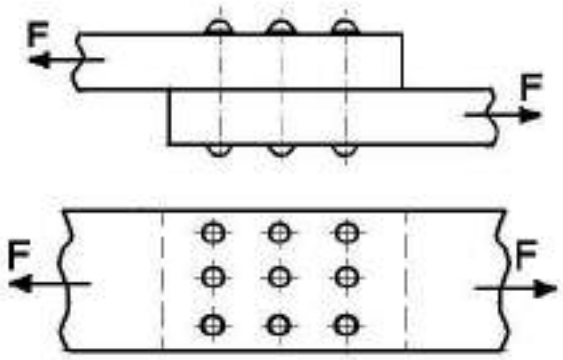


Рис. 23. Заклёпочное соединение внахлёст

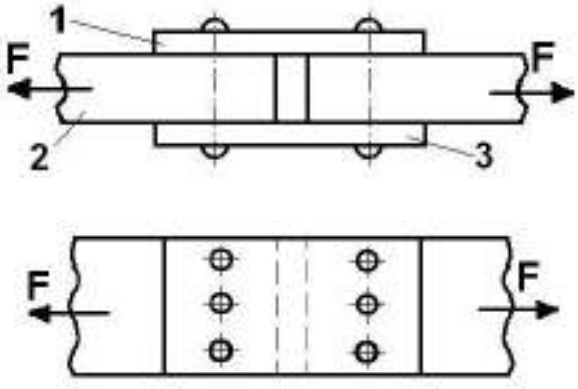


Рис. 24. Заклёпочное соединение встык с двумя накладками

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*)

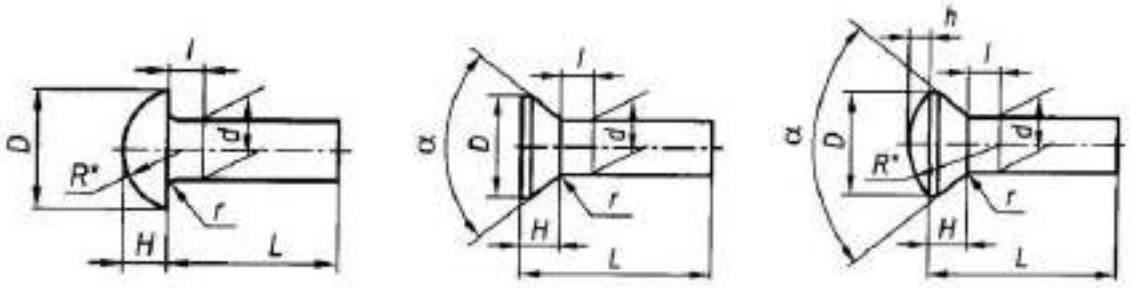


Рис. 25. Распространённые типы заклёпок: а — с полукруглой головкой (ГОСТ 10299-80); б — с потайной головкой (ГОСТ 10300-80); в — с полупотайной головкой (ГОСТ 10301-80)

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 δ_1, ,δ_3 – толщина крайних соединяемых деталей, δ_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).

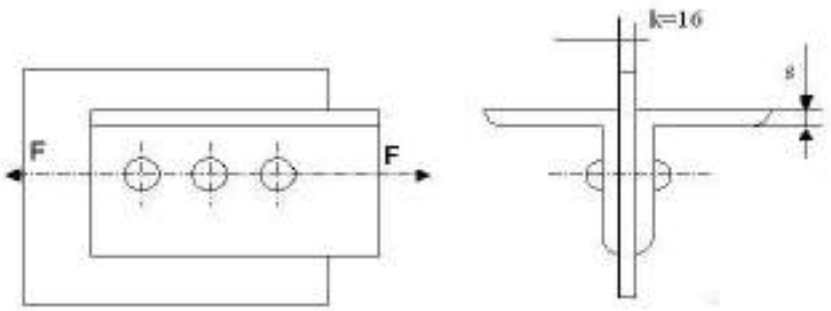


Рис. 26. Заклёпочное соединение к задаче 14

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.

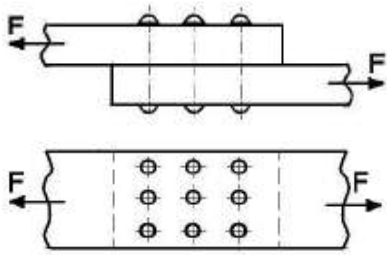
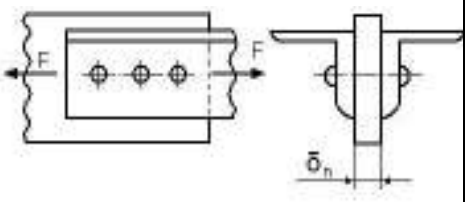
Проверяем напряжение смятия на поверхности между заклепкой и отверстием. Так как суммарная толщина уголков 2δ=2·8=16 мм равна толщине полосы $к$=16 мм (см. рис. 26), то в формуле для определения напряжений смятия подставляем толщину $к$=16 мм:

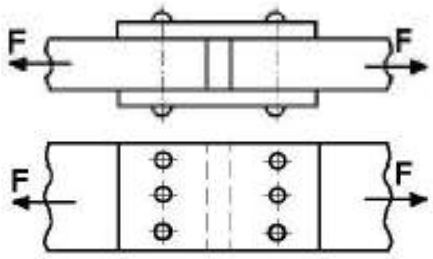
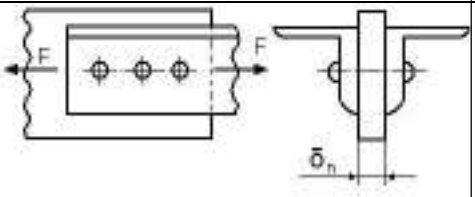
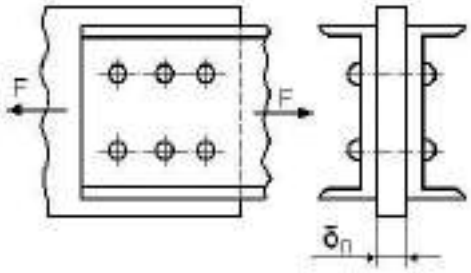
$$\sigma_{см} = \frac{F}{ndk} = \frac{430 \cdot 10^3}{12 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3}} = 248{,}8 \cdot 10^{+6}\ \text{Па} = 248{,}8\ \text{МПа}. \qquad (60)$$

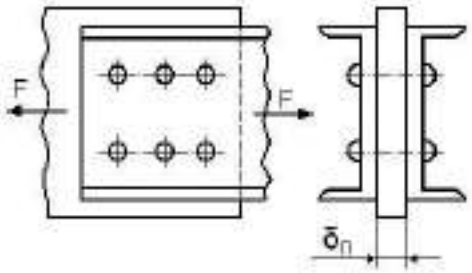
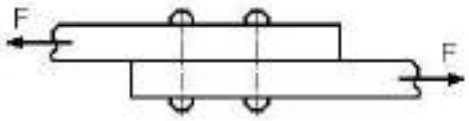
Так как $\sigma_{см}$ =248,8 МПа <[$\sigma_{см}$]=320 МПа, следовательно, прочность соединения обеспечена. Окончательно принимаем число заклёпок равным 9.

Таблица 6

Схемы для задач на заклёпочное соединение

	Варианты	
 Схема 1	1 2 3	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. *F*= 40 кН; *d*= 3 мм; δ= 4 мм; *F*= 50 кН; *d*= 4 мм; δ= 8 мм; *F*= 60 кН; *d*= 5 мм; δ= 10 мм.
	4 5 6	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. *n*= 12; *F*= 6,0 кН; *d*= 3 мм; *n*= 12; *F*= 20 кН; *d*= 4 мм; *n*= 14; *F*= 30 кН; *d*= 5 мм.
	7 8 9	Определить требуемый диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок необходимо установить n и растягивающая сила равна *F*. *n*= 10; *F*= 80 кН; δ= 6 мм; *n*= 12; *F*= 60 кН; δ= 8 мм; *n*= 10; *F*= 90 кН; δ= 10 мм.
 Схема 2	10 11 12	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 δ_n; уголок площадью А и размерами, $b\times b\times d_y$, мм. n= 25; δ_n = 16 мм; А= 12,3 см^2; 80×80×8 n= 25; δ_n = 14 мм; А= 15,6 см^2; 90×90×9 n= 30; δ_n = 20 мм; А= 19,2 см^2; 100×100×10

 Схема 3	Варианты 13 14 15	Проверить прочность заклёпок в соединении двух пластин толщиной *d*/2 каждая. Растягивающая сила *F*. Число заклёпок *n*. Толщина накладок *d*/4. *F*= 110 кН; *n*= 12; *d*= 14 мм; *F*= 180 кН; *n*= 40; *d*= 8 мм; *F*= 130 кН; *n*= 20; *d*= 12 мм.
	16 17 18	Определить, какое усилие может воспринимать заклёпочное соединение при креплении двух пластин толщиной *d*/2. Толщина накладок *d*/4. Число заклёпок *n*. *d*= 4 мм; *n*= 6; *d*= 5 мм; *n*= 8; *d*= 6 мм; *n*= 10.
 Схема 2	19 20 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. *n*= 8; δ_n = 12 мм; *A*= 12,3 см^2 ; 80×80×8 *n*= 10; δ_n = 16 мм; *A*= 15,6 см^2 ; 90×90×9 *n*= 20; δ_n = 18 мм; *A*= 19,2 см^2; 100×100×10
 Схема 4	22 23 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. *n*= 8 ; $\delta_л$ = 12 мм; *F*= 100 кН; *n*= 10; $\delta_л$ = 16 мм; *F*= 80 кН; *n*= 20; $\delta_л$ = 20 мм; *F*= 130 кН.

 Схема 4	Вар 25 26 27	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. n= 8; d= 8 мм; $\delta_л$= 12 мм; F= 100 кН; n= 10; d= 10 мм; $\delta_л$= 16 мм; F= 200 кН; n= 20; d= 12 мм; $\delta_л$= 20 мм; F= 300 кН.
 Схема 5	 28 29 30	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. n= 16; d= 4 мм; n= 20; d= 5 мм; n= 24; d= 6 мм.
	    31 32 33	Определить диаметр заклёпок из материала Ст 2, если известно, что этих заклёпок n и растягивающая сила равна F. у двух пластин . Число заклёпок n. n= 16; d= 6мм; F= 120 кН; n= 20; d= 8 мм; F= 160 кН; n= 24; d= 10 мм. F= 200 кН.
	    34 35 36	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, $\delta_к$=δ=6 мм. n= 20; F= 10 кН; d= 10 мм; n= 25; F= 20 кН; d= 12 мм; n= 30; F= 30 кН; d= 14 мм.

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 (σ_B), 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 σ_B, 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 σ_B =700 МПа.

6.1. Расчёт цилиндрической зубчатой передачи

Определяем крутящий момент на выходном валу

$$T = \frac{P}{\omega_2} = \frac{24 \cdot 10^3}{25{,}1} = 956 \text{ Н} \cdot \text{м}, \qquad (61)$$

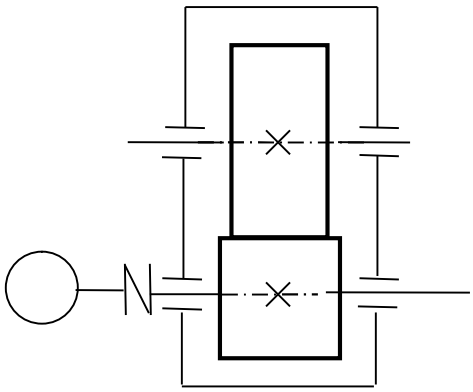


Схема 1. Редуктор цилиндрический

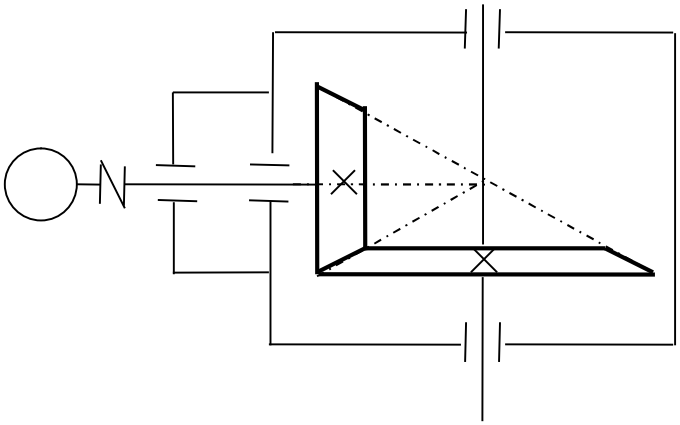


Схема 2. Редуктор конический

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; ω_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

$$HB = 0{,}285 \cdot \sigma_{\text{В}} = 0{,}285 \cdot 700 = 199{,}5 \text{ МПа}, \quad (63)$$

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

$$\sigma_{\text{H lim}} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 199{,}5 + 70 = 469 \text{ МПа}, \quad (64)$$

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

$$[\sigma_{\text{H}}] = \frac{K_{\text{HL}}}{S_{\text{H}}} \cdot \sigma_{\text{H lim}} = \frac{1}{1{,}15} \cdot 469 = 408 \text{ МПа}, \quad (65)$$

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_{HL}=1, S_{H}=1,15.

Приближенная оценка межосевого расстояния зубчатой передачи может быть получена из стандартной формулы для a_{w} путем усреднения входящих в неё коэффициентов по материалам средней прочности:

$$a_{\omega} = K_a \cdot (u+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{\text{H}\beta}}{\psi_{ba} \cdot u^2 \cdot [\sigma_{\text{H}}]^2}} = 495 \cdot (4+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{956 \cdot 1{,}1}{0{,}4 \cdot 4^2 \cdot 408^2}} = 246{,}4 \text{ мм}, \quad (66)$$

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; $K_{\text{H}\beta}$ – коэффициент неравномерности нагрузки на венец зубчатого колеса, выбирается в зависимости от конструктивной схемы узла, при симметричном расположении колеса относительно опор $K_{\text{H}\beta}$=1,0÷1,15; $[\sigma_{\text{н}}]$ – допускаемое контактное напряжение в зубчатом зацеплении колеса, МПа; ψ_{ba} – коэффициент ширины колеса относительно межосевого расстояния, выбирается самостоятельно из ряда

ψ_{ba}=0,25; 0,315; 0,4; 0,5.

Полученный в миллиметрах результат a_{w} округляем до ближайшего стандартного значения из ряда (ГОСТ 2185-66), приведённого в табл. 8 и принимаем a_{w} =250 мм.

Таблица 8

Одноступенчатые редукторы, a_{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 Δu 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: - шестерни	d_{w1}	100

- колеса	d_{w2}	400
Диаметр выступов: - шестерни - колеса	 d_{a1} d_{a2}	 110 410
Диаметр впадин: - шестерни - колеса	 d_{f1} d_{f2}	 87,5 387,5

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); ϑ_H – коэффициент вида конических колес (для прямозубых колес ϑ_H=1, для колес с круговыми зубьями ϑ_H=1,85 – при твердости колеса и шестерни ≤350 НВ**;** ϑн=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 (Re) 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 δ_1 и колеса δ_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 ψ_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; ϑ_F – коэффициент вида конических колес. Для прямозубых колес ϑ_F =0,85; для колес с круговыми зубьями ϑ_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}) ≥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** Δu 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 δ_1 и колеса δ_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 $HB_{1ср} - HB_{2ср}\leq 100$ 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.

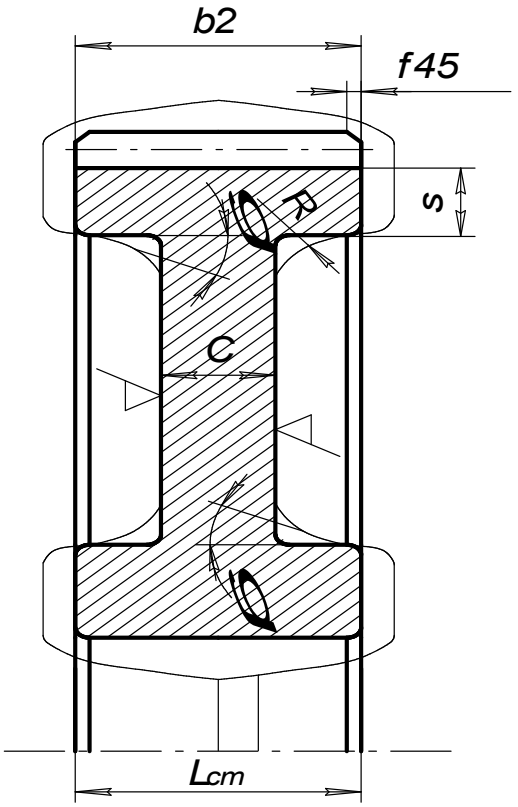


Рис. 27. Конструкция колеса

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.

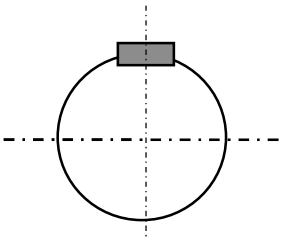
Ответ: 51,7 МПа.

Задача № 19

Проверить шпонку на смятие, если крутящий момент 500 Н. Размеры шпонки по ГОСТ 23360-78 выбраны $16 \times 10 \times 50$ 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 bх 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.

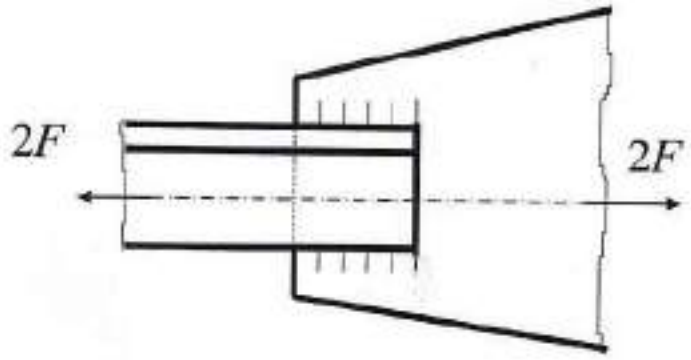


Рис.С.1. Соединение уголка с косынкой

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		

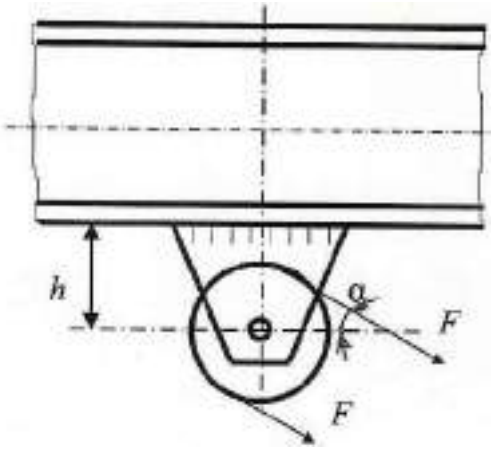


Рис.С.2. Сварное соединение блока, серьги и швеллера

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.

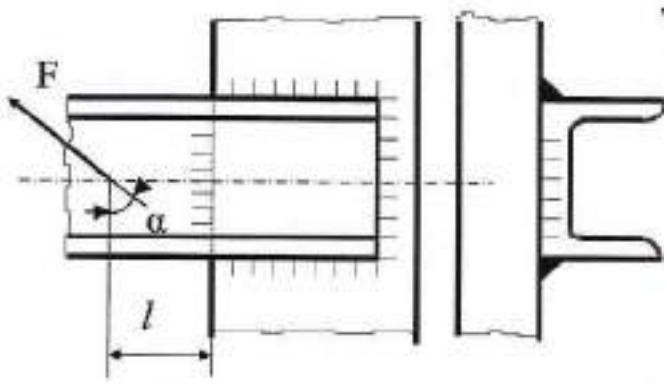


Рис.С.3. Сварное соединение швеллера с плитой

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

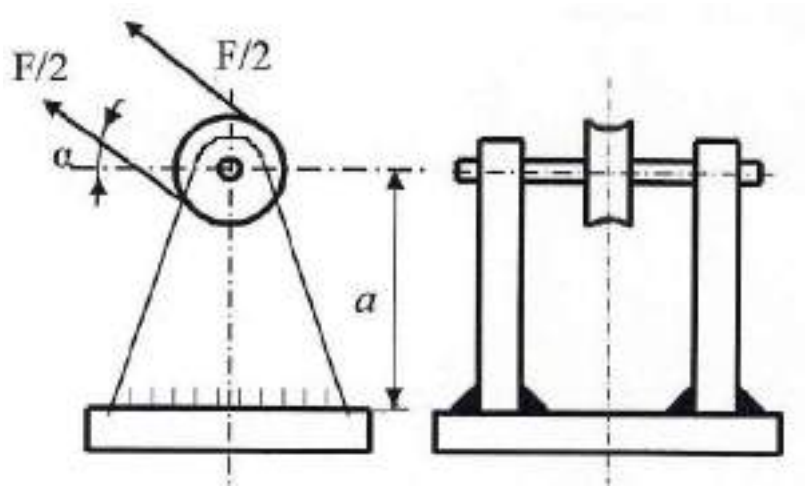


Рис.С.4. Блок монтажного устройства

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.

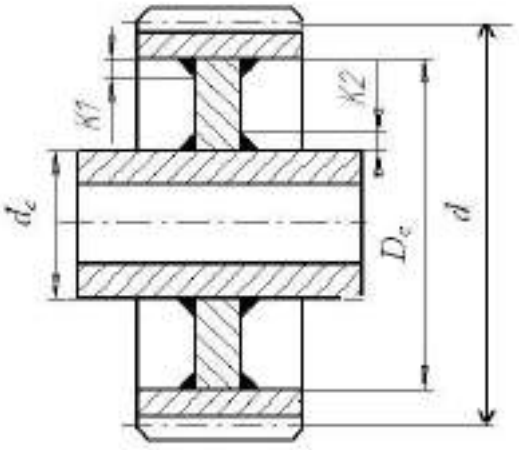


Рис.С.5. Сварное зубчатое колесо

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

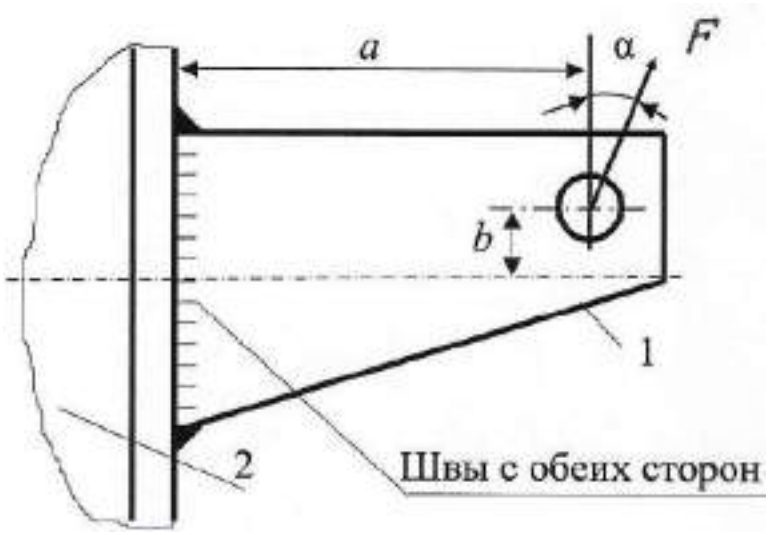


Рис.С.6. Сварное соединение листа с уголком

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	ВАРИАНТЫ									
	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

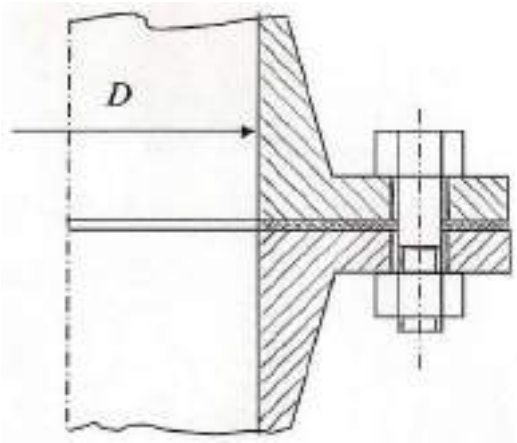


Рис.Р.1. Часть автоклава

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.

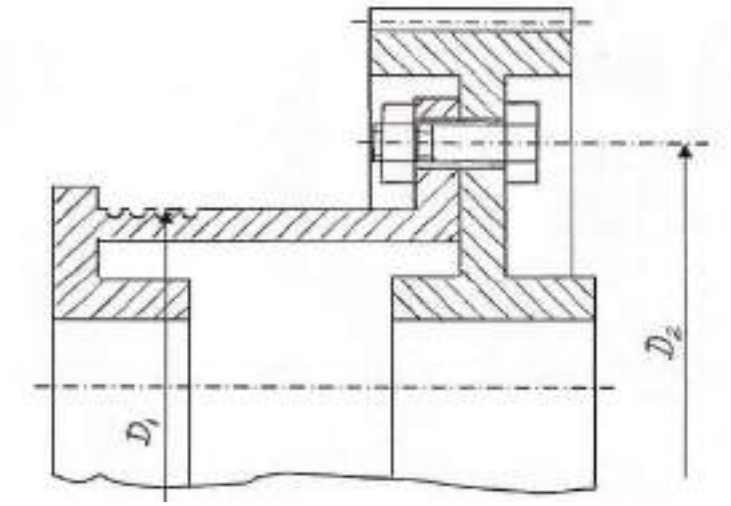


Рис.Р.2. Барабан лебёдки в соединении с зубчатым колесом

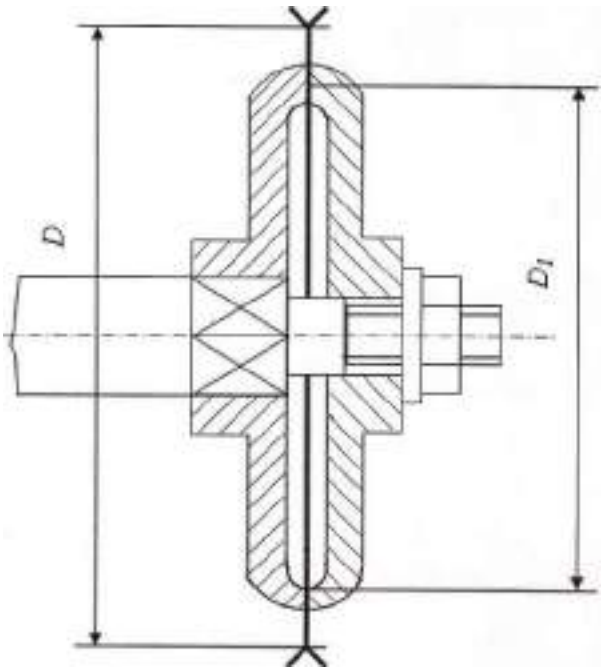
Таблица Р.2

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.

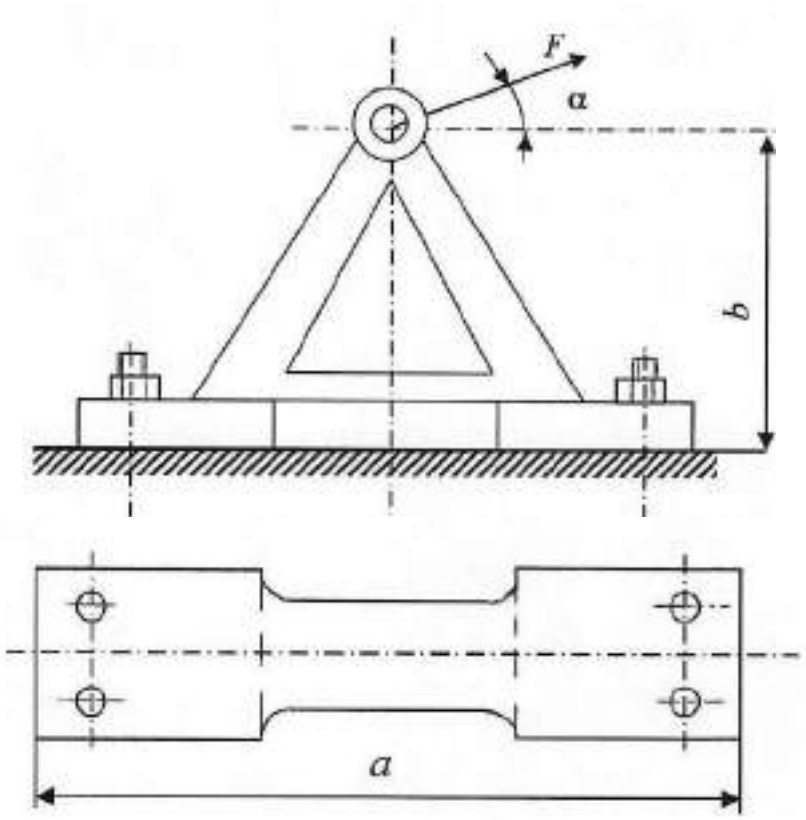


Рис.Р.4. Стойка

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.

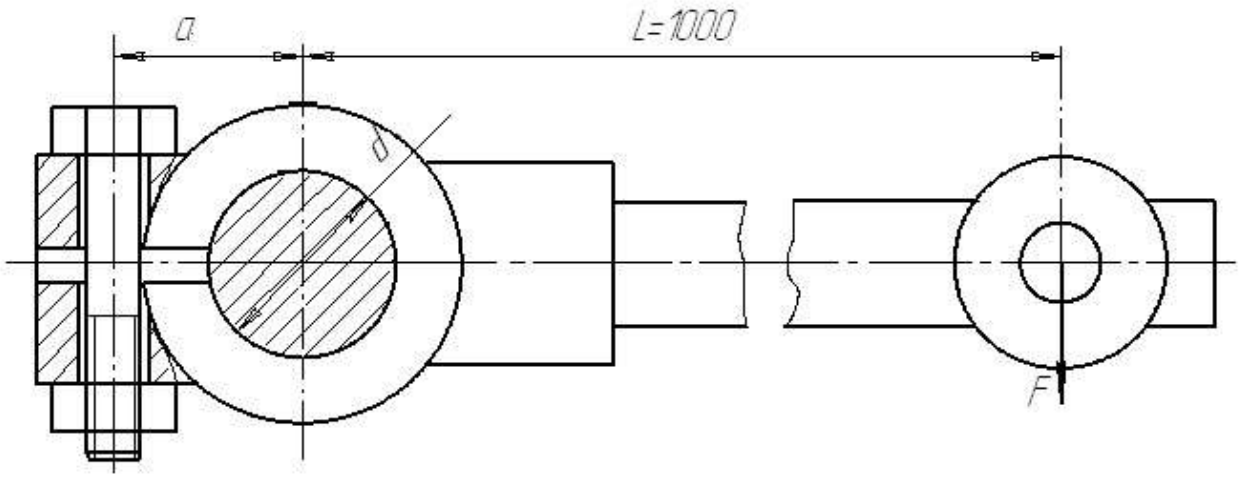


Рис.Р.5. Клеммовое соединение

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 $f = 0{,}15$.

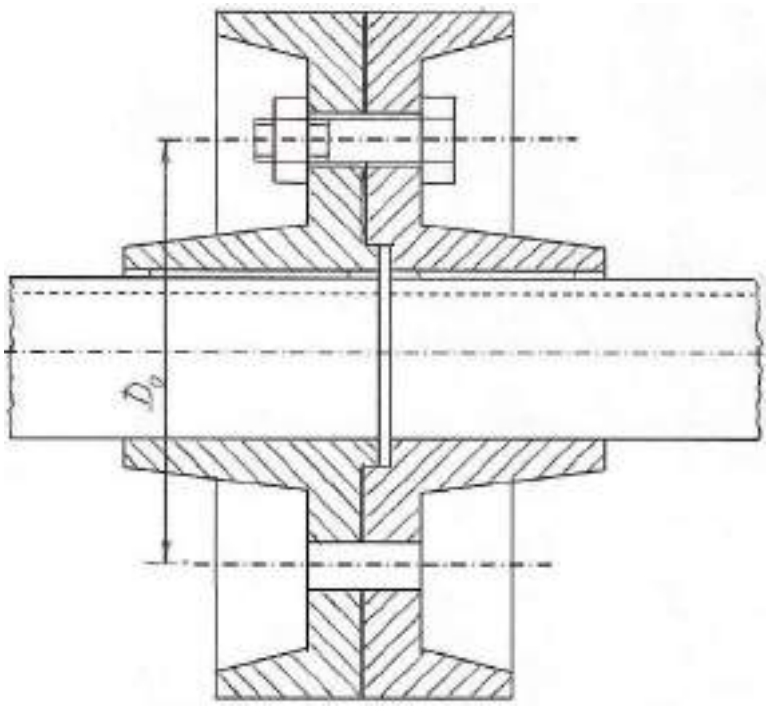


Рис.Р.6

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)

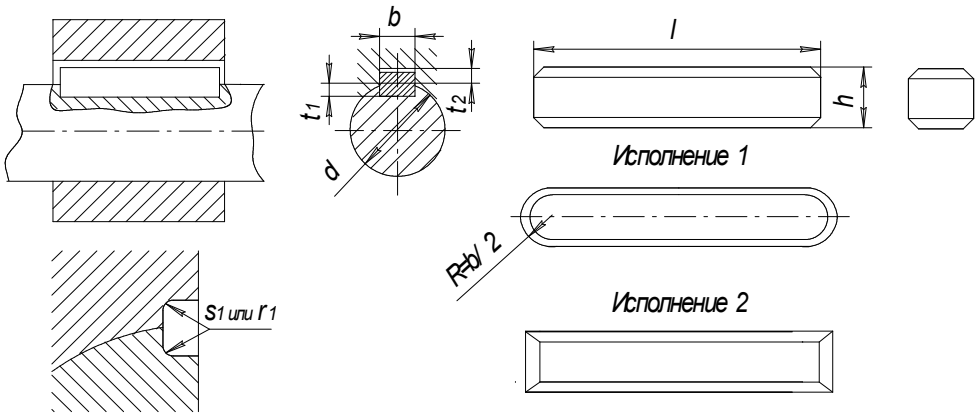


Таблица П.1

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)

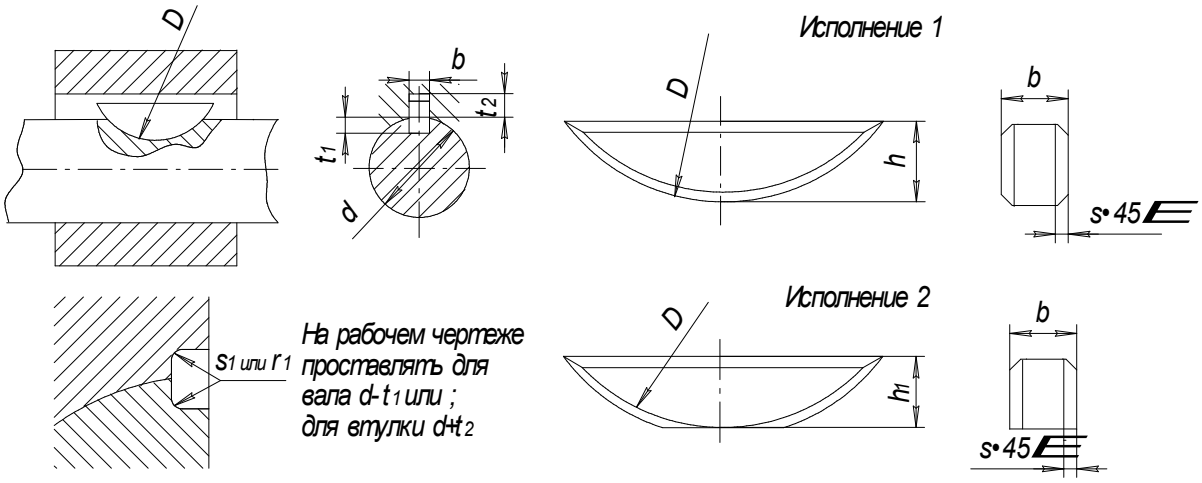


Таблица - П2

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	$1\times1{,}4\times4$	1,0	0,6		
Свыше 4 до 5	Свыше 4 до 6	$1{,}5\times2{,}6\times7$	2,0	0,8		
Свыше 5 до 6	Свыше 6 до 8	$2\times2{,}6\times7$	1,8	1,0	0,08	0,16
Свыше 6 до 7	Свыше 8 до 10	$2\times3{,}7\times10$	2,9	1,0	…	…
Свыше 7 до 8	Свыше 10 до 12	$2{,}5\times3{,}7\times10$	2,7	1,2	0,16	0,25
Свыше 8 до 10	Свыше 12 до 15	$3\times5\times13$	3,8	1,4		
Свыше 10 до 12	Свыше 15 до 18	$3\times6{,}5\times16$	5,3	1,4		
Свыше 12 до 14	Свыше 18 до 20	$4\times6{,}5\times16$	5,0	1,8		
Свыше 14 до 16	Свыше 20 до 22	$4\times7{,}5\times19$	6,0	1,8		
Свыше 16 до 18	Свыше 22 до 25	$5\times6{,}5\times16$	4,5	2,3		Св. 0,25 до 0,4
Свыше 18 до 20	Свыше 25 до 28	$5\times7{,}5\times19$	5,5	2,3	0,16	
Свыше 20 до 22	Свыше 28 до 32	$5\times9\times22$	7,0	2,3	…	
Свыше 22 до 25	Свыше 32 до 36	$6\times9\times22$	6,5	2,8	0,25	
Свыше 25 до 28	Свыше 36 до 40	$6\times10\times25$	7,5	2,8		0,4… 0,6
Свыше 28 до 32	до 40	$8\times11\times28$	8,0	3,3		
Свыше 32 до 38	до 40	$10\times13\times32$	10	3,3		

Пример условного обозначения сегментной шпонки

исполнения 1 $b \times h = 5\times6{,}5$ мм:

Шпонка 1 $5\times6{,}5$ ГОСТ 24071 - 80

То же, исполнение 2 сечение $b \times h_1 = 5\times5{,}2$ мм:

Шпонка 2 $5\times5{,}2$ ГОСТ 24071 - 80

Приложение 3

СОЕДИНЕНИЯ ШЛИЦЕВЫЕ ПРЯМОБОЧНЫЕ (ГОСТ 1139 - 80)

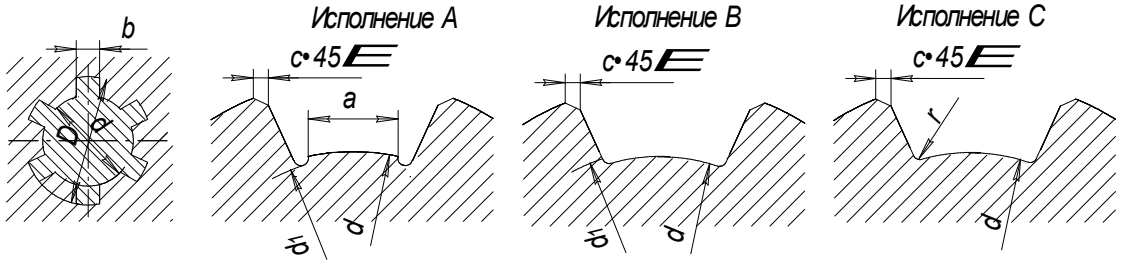


Таблица П.3

РАЗМЕРЫ ЛЕГКОЙ СЕРИИ, ММ

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
$6 \times 23 \times 26$	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
$6 \times 26 \times 30$	6	24,6	3,85			
$6 \times 28 \times 32$	7	26,7	4,03			
$8 \times 32 \times 36$	6	30,4	2,71	0,4		0,3
$8 \times 36 \times 40$	7	34,5	3,46			
$8 \times 42 \times 46$	8	40,4	5,03			
$8 \times 46 \times 50$	9	44,6	5,73			
$8 \times 52 \times 58$	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
$8 \times 56 \times 62$	10	53,6	6,38			
$8 \times 62 \times 68$	12	59,8	7,31			
$10 \times 72 \times 78$	12	69,6	5,45			
$10 \times 82 \times 88$	12	79,3	8,62			
$10 \times 92 \times 98$	14	89,4	10,08			
$10 \times 102 \times 108$	16	99,9	11,49			
$10 \times 112 \times 120$	18	108,8	10,72			

РАЗМЕРЫ СРЕДНЕЙ СЕРИИ, ММ

$z \times d \times D$	b	d_1	a	c		r
		Не менее		Номинальный размер	Предельные отклонения	
6×11×14	3	9,9	–	0,3	+0,2	0,2
6×13×16	3.5	12,0	–			
6×16×20	4	14,5	–			
6×18×22	5	16,7	–			
6×21×25	5	19,5	1,95			
6×23×28	6	21,3	1,34			
6×26×32	6	23,4	1,65	0,4		0,3
6×28×34	7	25,9	1,7			
8×32×38	6	29,4	-			
8×36×42	7	33,5	1,02			
8×42×48	8	39,5	2,57			
8×46×54	9	42,7	–	0,5	+0,3	0,5
8×52×60	10	48,7	2,44			
8×56×65	10	52,2	2,5			
8×62×72	12	57,8	2,4			
10×72×82	12	67,4	–			
10×82×92	12	77,1	3,0			
10×92×102	14	87,3	4,5			
10×102×112	16	97,7	6,3			
10×112×125	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)

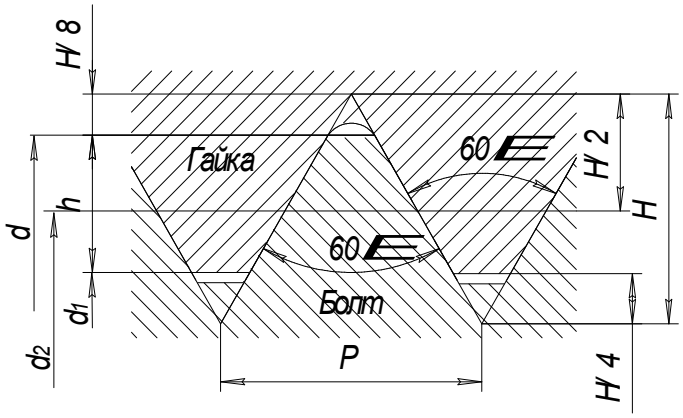


Таблица П. 4

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 0,5	4,480 4,675	4,134 4,459	4,25 4,53	14 16	3°15′ 1°67′
-	-	5,5	0,5	5,175	4,959	5,03	20	1°56′
6	–	–	1 0,75 0,5	5,350 5,513 5,675	4,918 5,188 5,459	5,06 5,30 5,53	20 22 24	3°24′ 2°29′ 1°36′
–	–	7	1 0,75 0,5	6,350 6,513 6,675	5,918 6,188 6,459	6,06 6,30 6,53	29 31 33	2°52′ 2°6′ 1°22′
8	–	–	1,25 1 0,75 0,5	7,188 7,350 7,513 7,675	6,647 6,918 7,188 7,459	6,83 7,06 7,30 7,53	37 39 42 44	3°10′ 2°29′ 1°49′ 1°11′
–	–	9	1,25 1 0,75 0,5	8,188 8,350 8,513 8,675	7,647 7,918 8,188 8,459	7,83 8,06 8,30 8,53	48 51 54 57	2°47′ 2°11′ 1°36′ 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 1,25 1 0,75 0,5	9,026 9,188 9,350 9,513 9,675	8,376 8,647 8,918 9,188 9,459	8,59 8,83 9,06 9,30 9,53	58 61 64 68 71	3°2′ 2°29′ 1°57′ 1°26′ 1°22′
–	–	11	(1,5) 1 0,75 0,5	10,026 10,188 10,350 10,513	9,376 9,918 10,188 10,459	9,59 10,06 10,30 10,53	72 79 83 87	2°29′ 1°46′ 1°18′ 0°51′
12	–	–	1,75 1,5 1,25 1 0,75 0,5	10,863 11,026 11,180 11,350 11,513 11,675	10,106 10,376 10,647 10,918 11,188 11,495	10,36 10,59 10,83 10,06 11,30 11,53	84 88 92 96 100 104	2°56′ 2°29′ 2°2′ 1°36′ 1°11′ 0°47′
–	14	–	2 1,5 1,25 1 0,75 0,5	12,701 13,026 13,180 13,350 13,513 13,675	11,835 12,376 12,647 12,918 13,188 13,495	12,12 12,59 12,83 13,06 13,30 13,53	115 124 129 134 139 144	2°52′ 2°6′ 1°44′ 1°22′ 1°1′ 0°40′
–	–	15	1,5 (1)	14,026 14,350	13,376 13,918	13,59 14,06	145 155	1°57′ 1°16′
16	–	–	2 1,5 1 0,75 0,5	14,701 15,026 15,350 15,513 15,675	13,835 14,376 14,918 15,188 15,495	14,12 14,59 15,06 15,30 15,53	156 167 178 184 189	2°29′ 1°49′ 1°11′ 0°53′ 0°35′

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** $d_2 = D_2$	**внутр ен. гайки** $d_1 = D_1$	**расчетн. винта** d_p		
–	–	17	1,5	16,026	15,376	15,59	191	1°42′
			(1)	16,350	15,918	16,06	203	1°7′
–	18	–	2,5	16.376	15.294	15.65	192	2°47′
			2	16.701	15.835	16.12	204	2°11′
			1,5	17.026	16.376	16.59	216	1°36′
			1	17.350	18.918	17.06	228	1°3′
			0,75	17.513	17.188	17.30	235	0°47′
			0,5	17.675	17.495	17.53	241	0°31′
20	–	–	2.5	18.376	17.294	17.65	245	2°29′
			2	18.701	17.835	18.12	258	1°57′
			1.5	19.026	18.376	18.59	271	1°26′
			1	19.350	18.918	19.06	285	1°22′
			0.75	19.513	19.188	19.30	292	0°42′
			0.5	19.675	19.495	19.53	300	0°28′
–	–	22	2.5	20.376	19.294	19.65	303	2°18′
			2	20.701	19.835	20.12	318	1°46′
			1.5	21.026	20.376	20.59	333	1°18′
			1	21.350	20.918	21.06	348	0°51′
			0.75	21.513	21.188	21.30	356	0°38′
			0.5	21.675	21.495	21.53	364	0°25′
24	–	–	3	22.051	20.752	21.18	352	2°29′
			2	22.701	21.835	22.12	384	1°36′
			1.5	23.026	22.376	22.59	401	1°11′
			1	23.350	22.918	23.06	418	0°47′
			0.75	23.513	23.188	23.30	426	0°35′
–	–	25	2	23.701	22.835	23.12	420	1°33′
			1.5	24.026	23.376	23.59	437	1°8′
			0.75	24.350	23.918	24.06	455	0°45′

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		
–	–	(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;

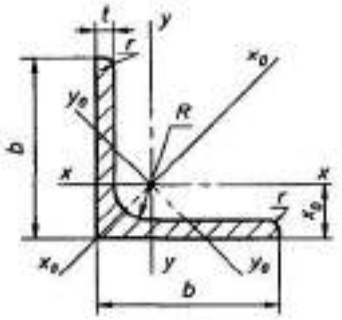


Рисунок 1

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.

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный
горный университет»

С. В. Исаков, О. В. Мусихина, Р. С. Ганиев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОМЕХАНИКА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
130400.65 – «ГОРНОЕ ДЕЛО»
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ»

Екатеринбург
2013

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического факультета
«__» _____ 2013 г.

Председатель комиссии
_____ доц. В. П. Тюлькин

С. В. Исаков, А. Д. Стариков, Р. С. Ганиев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Геомеханика»
для студентов специальности
130403 – «Открытые горные работы» (ОГР)
направления 130400 – «Горное дело»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2013

Р е ц е н з е н т: Лель Ю. И., профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой разработки месторождений открытым способом УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом (протокол № 267 от 06 марта 2012 г.) и рекомендовано к изданию в УГГУ.

Исаков С. В., Стариков А. Д., Ганиев Р.С.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геомеханика» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы (ОГР)» направления 130400 – «Горное дело». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 29 с.

Учебно-методическое пособие включает методики выполнения лабораторных работ, варианты заданий и справочные сведения для расчетов параметров уступов и бортов карьера.

Учебно-методическое пособие может быть использовано в курсовом и дипломном проектировании.

© Исаков С. В., Мусихина О. В.,
Ганиев Р. С., 2013
© Уральский государственный горный
университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 5

1.1. Данные инженерно-геологического районирования 5

1.2 Физико-механические свойства пород 7

1.3 Определение расчетных характеристик 11

2 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВЫХ УГЛОВ ДЛЯ УЧАСТКОВ БОРТА 13

3. КОНСТРУКЦИЯ ПОГАШЕННОГО БОРТА КАРЬЕРА 16

ЛИТЕРАТУРА: 22

ПРИЛОЖЕНИЯ 23

Приложение 1 – Физико-механические свойства горных пород 24

Приложение 2 – Коэффициент запаса устойчивости 28

1. ПОДГОТОВКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Подготовка исходных данных выполняется в три этапа:

1. Инженерно-геологическое районирование.
2. Определение физико-механических свойств пород по каждому участку.
3. Вычисление расчетных характеристик.

1.1. Данные инженерно-геологического районирования

Массив горных пород, как в плане, так и в разрезе, как правило, не однороден. Поэтому после детального изучения горно-геологических факторов в области карьерного поля выделяют участки массива (в плане и в разрезе) со сходными инженерно-геологическими характеристиками. Это позволяет иметь единый подход к решению вопросов устойчивости борта карьера. Такая процедура носит название ***инженерно-геологическое районирование***[1].

В ходе инженерно-геологического районирования борта проектируемого карьера установлено, что породный массив сложен тремя типами горных пород (рис. 1.1), которые располагаются горизонтальными слоями выдержанной мощности (m_1, m_2 и m_3).Таким образом, погашенный борт карьера включает в себя три участка (таблица 1.1). В пределах каждого участка породный массив считается изотропным[2].

Рис.1.1. Схема инженерно-геологического районирования борта карьера

[1] В более широком смысле, под **инженерно-геологическим районированием** понимают последовательное деление территории на соподчинённые части, характеризующиеся всё более высокой степенью однородности по инженерно-геологическим условиям.

[2] **Изотропная среда** — такая область пространства (в данном случае, массива горных пород), физические свойства которой не зависят от направления.

Таблица 1.1 Геологическое строение погашенного борта карьера

№	Породы	Мощность, м
1	Покрывающие (песчано-глинистые отложения)	m_1
2	Выветрелые (сильнотрещиноватые скальные породы)	m_2
3	Свежие (средне или малотрещиноватые скальные породы)	m_3

Расчетная высота погашенного борта ($H_б$, м) равняется конечной глубине открытых горных работ (глубине карьера). В нашем случае:

$$H_б = m_1 + m_2 + m_3, \text{ м.} \quad (1.1)$$

Высота рабочего уступа ($h_у$, м) и высота погашенного борта связаны следующим соотношением:

$$H_б = h_у \cdot n_{гор.}, \text{ м,} \quad (1.2)$$

где $n_{гор.}$– число горизонтов в карьере, шт.

Данные инженерно-геологического районирования приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Данные инженерно-геологического районирования по вариантам

№ варианта	Глубина карьера (H), м	Высота рабочего уступа ($H_у$), м	Мощность слоя пород, м			Коэффициент запаса устойчивости (H)
			Покрывающие, M_1	Выветрелые, M_2	Свежие, M_3	
1	55	5	10	15	30	1,25
2	72	9	27	18	27	1,25
3	120	10	10	10	100	1,30
4	80	10	20	30	30	1,20
5	130	13	13	26	91	1,30
6	65	5	20	20	25	1,35
7	90	10	20	20	50	1,35
8	90	15	30	15	45	1,30
9	77	7	21	28	28	1,40
10	66	6	18	24	24	1,25
11	96	12	24	24	48	1,35
12	91	13	26	26	39	1,35
13	135	15	15	30	90	1,30
14	126	14	14	28	84	1,40
15	108	12	12	36	60	1,20
16	144	12	12	36	96	1,35
17	66	6	24	24	18	1,40
18	65	5	20	25	20	1,30
19	91	13	26	26	39	1,30
20	72	9	18	18	36	1,25
21	90	10	20	20	50	1,35
22	117	13	13	26	78	1,25
23	78	13	26	26	26	1,30
24	108	12	24	36	48	1,35
25	90	15	15	30	45	1,30
26	112	14	28	28	56	1,30
27	132	11	11	22	99	1,25
28	64	8	24	16	24	1,15
29	99	11	22	33	44	1,40

30	98	14	14	28	56	1,30

1.2 Физико-механические свойства пород

Состояние окружающего породного массива характеризуют определенными физико-механическими свойствами.

Достоверные сведения о физико-механических свойствах горных пород позволяют заблаговременно составить представление о характере возможных деформаций и степени устойчивости обнажений массива, а также служат основанием для разработки и внедрения наиболее эффективных методов разрушения горных пород при ведении горных работ, креплении и поддержании горных выработок.

Под механическими свойствами горных пород понимают характеристики, определяющие способность пород противодействовать деформированию и разрушению в сочетании со способностью упруго или пластически деформироваться под действием внешних механических сил

При оценке устойчивости откосов ключевым вопросом является выбор расчетных показателей. К расчетным показателям физико-механических свойств относятся:

- **удельный вес** (ψ) – отношение веса вещества к занимаемому им объёму, $H/м^3$;
- **угол внутреннего трения** (ρ) – показатель сил трения возникающих в горных породах при явлениях сдвига (градусы);
- **коэффициент структурного ослабления** (λ) – параметр, характеризующий степень отличия прочности породного массива от прочности образца горной породы;
- **коэффициент сцепления** (k) – величина, характеризующая сопротивление горных пород сдвигу, обусловленное силами сцепления[3] частиц горных пород между собой, Па.

Физико-механические свойства пород для каждого из участков борта приведены в таблице 1.3.

[3] Сцепление в массиве в скальных породах обуславливается силами связей между частицами породы, а в рыхлых обусловлено капиллярным натяжением воды, находящейся в породе. Основной характеристикой сцепления является **коэффициент сцепления.**

Таблица 1.3 Физико-механические свойства пород по вариантам

варианты с 1 по 10-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, т/м^3	2,13	1,76	1,96	1,80	1,80	2,00	1,94	2,04	2,02	1,96
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	100	4	13	2	3	7	10	1	12	13
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	27,0	14,0	30,0	30,0	26,0	15,0	35,0	18,0	9,0
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, т/м^3	2,64	2,38	3,20	2,56	2,75	2,57	2,56	2,50	2,40	3,00
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	1000	1200	1400	2200	2400	2850	1800	2050	3200	2750
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	35,0	36,0	36,0	36,0	32,0	28,0	37,0	36,0	36,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,10	0,03	0,07	0,04	0,07	0,06	0,08	0,02	0,10	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, т/м^3	3,00	2,58	3,43	2,62	2,80	2,63	2,60	2,76	2,64	3,11
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	2500	3050	3600	4250	3230	5600	2850	3630	6200	3000
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	35,0	36,0	36,0	36,0	32,0	28,0	37,0	36,0	36,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,20	0,06	0,11	0,07	0,12	0,13	0,16	0,03	0,17	0,14

Продолжение 1 таблицы 1.3

варианты с 11 по 20-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, т/м^3	1,90	1,64	1,80	1,76	1,90	1,75	1,96	1,99	1,96	1,92
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	14	16	6	11	3	2	2	5	18	5
– угол внутреннего трения ρ, град.	35	23	28	29	22	33	31	26	13	35
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, т/м^3	2,31	2,83	3,00	2,56	2,50	3,00	2,61	2,85	2,91	2,60
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	1600	2600	2600	1200	2270	2300	2100	2000	1800	2100
– угол внутреннего трения ρ, град.	32,0	32,0	33,0	33,0	37,0	35,5	33,5	30,0	32,0	35,5
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, т/м^3	2,50	2,86	3,02	2,73	2,56	3,23	2,82	2,95	3,17	2,70
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	2500	3530	3650	2100	3950	3500	3800	4600	3000	3730
– угол внутреннего трения ρ, град.	35,0	32,0	33,0	33,0	37,0	35,5	33,5	30,0	32,0	35,5
– коэффициент структурного ослабления λ	0,07	0,13	0,17	0,11	0,09	0,04	0,15	0,12	0,18	0,17

Окончание таблицы 1.3

варианты с 21 по 30-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1. Покрывающие породы										
– плотность γ, т/м^3	1,91	2,02	2,19	2,11	2,20	1,98	1,96	1,99	2,00	1,94
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	5	60	43	110	31	22	2	5	7	10
– угол внутреннего трения ρ, град.	9,0	29,0	28,0	35,0	27,0	16,0	31,0	26,0	26,0	15,0
2. Выветрелые скальные породы										
– плотность γ, т/м^3	2,63	2,50	2,83	3,00	2,64	2,83	3,00	2,56	2,83	2,63
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	2300	700	2600	2300	1000	2600	2600	1200	2600	2300
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	30,0	32,0	35,5	35,0	32,0	33,0	33,0	32,0	31,0
– коэффициент структурного ослабления λ	0,04	0,07	0,09	0,06	0,06	0,02	0,10	0,06	0,12	0,09
3. Свежие породы скальные										
– плотность γ, т/м^3	2,75	2,70	2,86	3,23	3,00	2,86	3,02	2,73	2,86	2,75
– коэффициент сцепления пород в образце *k*, кПа	5820	2200	3530	3500	2500	3530	3650	2100	3530	5820
– угол внутреннего трения ρ, град.	31,0	37,0	32,0	35,5	35,0	32,0	33,0	33,0	32,0	31
– коэффициент структурного ослабления λ	0,07	0,13	0,17	0,11	0,09	0,04	0,15	0,12	0,18	0,17

Для реальных инженерных расчетов исходные данные принимаются по результатам испытаний проб в процессе геологоразведочных работ, либо по справочным данным (Приложение 1).

1.2.1 Удельный вес связан с плотностью породы (γ, т/м^3) формулой:

$$\psi = \gamma \cdot g, \text{ кН} \qquad (1.3)$$

где γ – плотность горной породы (принимаем по таблице 1.3), т/м^3;

g – ускорение свободного падения, g =9,8 м/с^2.

Так как в различных методиках и справочниках используются различные единицы измерения, всегда внимательно смотрите, какие единицы измерения использованы в каждом конкретном случае.
Например, в формуле (1.3), плотность горной породы дана в т/м^3 в то время, как единицей СИ для плотности является кг/м^3 (1 т/м^3 = 1 000 кг/м^3), в результате рассчитанный удельный вес измеряется в **кило**ньютонах (1 кН = 1 000 Н).

1.2.2 Угол внутреннего трения (ρ), коэффициент структурного ослабления (λ), а так же коэффициент сцепления породы в образце (*k*) принимаем по таблице 1.3:

1.2.3 Коэффициент сцепления пород в массиве ($k_м$) всегда значительно меньше сцепления пород в образце.

Причиной этого является разупрочнение пород за счет трещин. Степень снижения характеризуется коэффициентом структурного ослабления (λ).

Коэффициент сцепления пород в массиве ($k_м$) определяется по формуле:

$$k_м = k \cdot \lambda, \text{ кПа} \qquad (1.5)$$

Так как в рыхлых и мягких породах разупрочнение пород за счет трещин не происходит, то для покрывающих пород принимаем λ = 1.
Соответственно $k_м = k$.

ПРИМЕР 1.1

По результатам инженерно-геологического районирования установлено, что породный массив сложен тремя типами горных пород, которые располагаются горизонтальными слоями выдержанной мощности:

1. Покрывающие породы:

k = 5 кПа;
ρм= 29°;
$\psi = 25{,}0$ кН;
$k_м = 5$ кПа.

2. Выветрелые породы:

k = 883,75 кПа;
ρм = 33°;
$\psi = 26{,}5$ кН;
$k_м$ =70,7 кПа.

3. Свежие породы:

ρм = 35°;
$\psi = 28{,}03$ кН;
$k_м = 98{,}0$ кПа.

Высота борта: $H_б = m_1 + m_2 + m_3 = 16 + 24 + 32 = 72$ м.

1.3 Определение расчетных характеристик

Переход от исходных прочностных характеристик к расчетным необходим по следующим причинам:

- Исходные характеристики прочности образцов определяются с погрешностью (обычно ±7 %).
- Породы при выветривании изменяют свойства; то же при действии воды. Сопротивление уменьшается до 20-30 %.
- Неточность учета трещин (λ).
- Неточность учета динамических нагрузок от взрыва ±15÷20 %.
- Ошибки при расчетах ±5÷6 %.
- Детальность разведки (пробы, образцы) не превышает 5-6 % от всего массива.

Коэффициент запаса устойчивости – отношение суммы всех сил, удерживающих откос в равновесии, к сумме всех сдвигающих сил, стремящихся вывести его из равновесия; действие этих сил во всех инженерных методах переносится на потенциальную (наиболее напряженную) поверхность скольжения. Для откосов эта величина принимается в пределах от 1,0 до 1,5; зависит от достоверности исходных данных при расчете, ответственности откоса и срока службы [1].

В данной работе коэффициент запаса устойчивости (η) принимаем по заданию (таблица 1.2).

В нормах технологического проектирования для отдельных участков бортов карьера в зависимости от физико-механических свойств пород и срока службы значение коэффициента запаса устойчивости рекомендуется в пределах 1,2÷2,0 (Приложение 2).

Для учета коэффициента запаса устойчивости его значение вводят в прочностные характеристики.

1.3.1 Расчетный коэффициент сцепления пород ($k_{\text{р}}$):

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta}, \tag{1.6}$$

где η – коэффициент запаса устойчивости (берем из таблицы 1.2).

1.3.2 Расчетное значение угла внутреннего трения:

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right). \tag{1.7}$$

ПРИМЕР 1.2

Коэффициент запаса устойчивости (η) принят 1,20 (для откоса одиночного уступа).

Расчетные показатели

1. Покрывающие породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{5}{1{,}2} = 4{,}17 \ \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}29°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}55}{1{,}2}\right) = 24{,}8°.$$

2. Выветрелые породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{70{,}7}{1{,}2} = 58{,}92 \ \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}33°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}65}{1{,}2}\right) = 28{,}4°.$$

3. Невыветрелые породы:

$$k_{\text{р}} = \frac{k_{\text{м}}}{\eta} = \frac{98{,}0}{1{,}2} = 81{,}67 \ \ \text{кг/м}^2;$$

$$\rho_{\text{р}} = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}\rho}{\eta}\right) = \text{arctg}\left(\frac{\text{tg}35°}{1{,}2}\right) = \text{arctg}\left(\frac{0{,}70}{1{,}2}\right) = 30{,}3°.$$

2 РАСЧЕТ УСТОЙЧИВЫХ УГЛОВ ДЛЯ УЧАСТКОВ БОРТА

Расчет устойчивых углов производится для **каждого** участка борта.

⚠ Данный расчет не учитывает давление, оказываемое на участок борта вышележащими слоями, поэтому дает лишь приближенную оценку. Рассечет борта карьера, сложенного различными типами пород, надо производить по средневзвешенным значениям характеристик горных пород.

2.1 Определяем высоту щели вертикального отрыва (H_{90})

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{р}} \cdot \text{ctg}\left(45° - \rho_{\text{р}}/2\right)}{\psi}, \text{м} \qquad (2.1)$$

где ψ– удельный вес горной породы, кН;

$k_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент сцепления пород, кПа;

$\rho_{\text{р}}$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

2.2 Определяем условную высоту откоса (H')

$$H' = \frac{H_{\text{у}}}{H_{90}} \qquad (2.2)$$

где H_y – высота участка борта или уступа, м.

2.3. Используя справочные данные (таблица 2.1) или графические зависимости (рис. 2.1) устойчивого угла борта (α) от расчетного угла внутреннего трения ($\rho_{\text{р}}$) и полученной условной высоты откоса (H'), определяем устойчивый угол борта карьера.

2.4. Рассчитанную по условию устойчивости форму погашенного борта карьера отобразить графически (рис. 2.2).

Таблица 2.1 – Значения устойчивых углов откоса плоского борта карьера

Условная высота откоса (H')	Углы откоса борта при расчете			
	20	25	30	35
1,0	90,0	90,0	90,0	90,0
1,5	83,0	84,0	84,5	85,0
2,0	75,8	77,3	78,1	79,6
2,5	68,2	71,0	72,5	74,4
3,0	61,8	65,2	68,0	70,2
3,5	56,3	60,2	64,0	66,5
4,0	51,3	56,0	60,1	63,6
5,0	44,0	49,6	53,6	58,5
6,0	39,1	45,0	50,0	54,8
7,0	36,8	41,9	47,1	52,2
8,0	33,6	39,6	45,2	50,2
9,0	31,7	38,0	43,9	48,6
10,0	30,3	36,8	42,6	47,4
11,0	29,7	36,7	41,6	46,4
12,0	29,0	36,0	40,7	45,6
18,0	26,2	32,3	37,7	42,7
20,0	25,5	31,7	37,1	42,1
24,0	24,7	30,3	36,5	40,9
28,0	–	29,7	35,7	40,3

ПРИМЕР 2.1

Высота щели вертикального отрыва:

1. Покрывающие породы:

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{р}}\cdot\text{ctg}\left(45° - \rho_{\text{р}}/2\right)}{\psi} = \frac{2\cdot 4{,}17\cdot\text{ctg}(45° - 24{,}8°/2)}{25{,}0} = \frac{2\cdot 4{,}17\cdot 1{,}56}{25{,}0} = 0{,}51, \text{м}.$$

2. Выветрелые породы:

$$H_{90} = \frac{2\cdot 58{,}92\cdot\text{ctg}(45° - 28{,}4°/2)}{26{,}5} = \frac{2\cdot 58{,}92\cdot 1{,}68}{26{,}5} = 7{,}47, \text{м}.$$

3. Невыветрелые породы:

$$H_{90} = \frac{2\cdot 81{,}67\cdot\text{ctg}(45° - 30{,}3°/2)}{27{,}2} = \frac{2\cdot 81{,}67\cdot 1{,}74}{27{,}2} = 10{,}45, \text{м}.$$

Условная высота откоса:

1. Покрывающие породы:

$H' = H_{\text{у}}/H_{90} = 16/0{,}51 = 31{,}4.$

2. Выветрелые породы:

$H' = 24/7{,}47 = 3{,}2.$

3. Невыветрелые породы:

$H' = 32/10{,}45 = 3{,}1.$

Устойчивый угол борта карьера определяем, используя графические зависимости:

1. Покрывающие породы: при $\rho_{\text{р}}$ = 24,8° и H' = 31,4 м α = 27°.
2. Выветрелые породы: при $\rho_{\text{р}}$ = 28,4° и H' = 3,2 м α = 66°.
3. Невыветрелые породы: при $\rho_{\text{р}}$ = 30,3° и H' = 3,1 м α = 69°.

Рассчитанная по условию устойчивости форма погашенного борта карьера изображена на рис. 2.2.

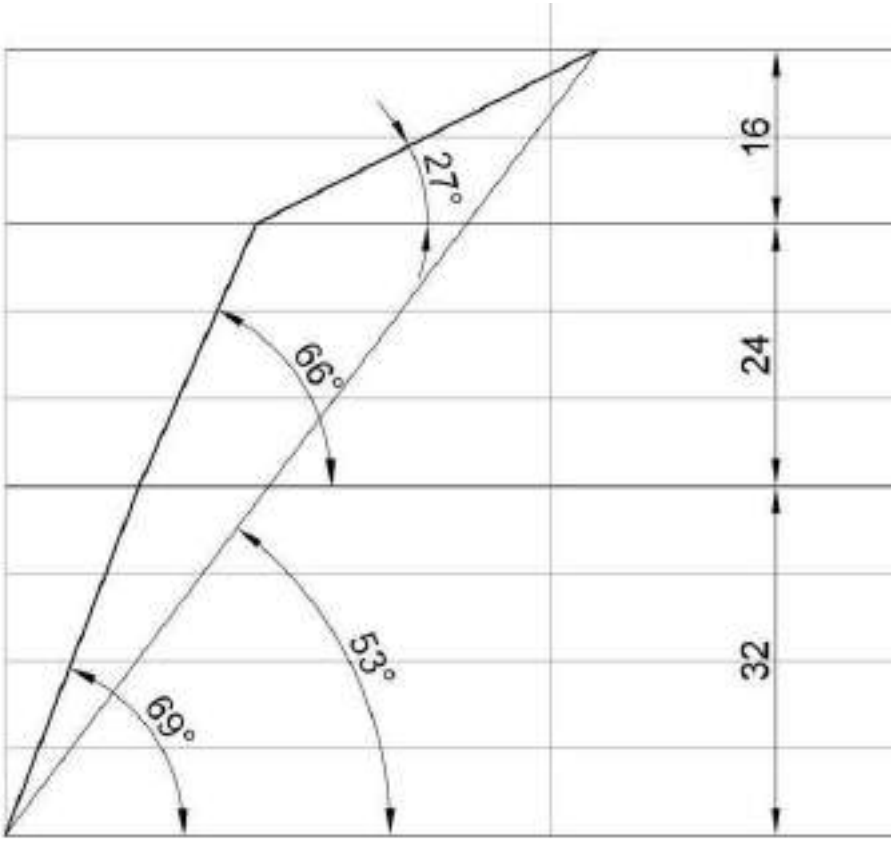


Рис. 2.2. Форма погашенного борта карьера, рассчитанная по условию устойчивости

3. КОНСТРУКЦИЯ ПОГАШЕННОГО БОРТА КАРЬЕРА

Одним из основных мероприятий, обеспечивающих безопасную работу на нижних горизонтах глубоких карьеров, является организация берм и очистка их от осыпей. Расстояние между смежными бермами при погашении уступов и постановке их в предельное положение, ширина, конструкция и порядок обслуживания предохранительных берм определяются проектом.

3.1. Рассчитаем устойчивые углы для сдвоенных, строенных и т. д. уступов, общей высотой не более 45 м. Результаты расчетов оформим в виде таблицы (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1 Расчет устойчивого угла откоса для уступов различной высоты

Высота уступа, м	Покрывающие породы		Выветрелые породы		Невыветрелые породы	
	H'	α	H'	α	H'	α
h_y	$H' = \frac{h_y}{H_{90}}$		$H' = \frac{h_y}{H_{90}}$		$H' = \frac{h_y}{H_{90}}$	
$h_y \cdot 2$	$H' = \frac{h_y \cdot 2}{H_{90}}$		$H' = \frac{h_y \cdot 2}{H_{90}}$		$H' = \frac{h_y \cdot 2}{H_{90}}$	
$h_y \cdot 3$			$H' = \frac{h_y \cdot 3}{H_{90}}$		$H' = \frac{h_y \cdot 3}{H_{90}}$	
$h_y \cdot 4$					$H' = \frac{h_y \cdot 4}{H_{90}}$	

3.1. Разместим на борту карьера бермы очистки, руководствуясь следующими соображениями:

– Ширина бермы очистки должна быть такой, чтобы обеспечивалась ее механизированная очистка [1], т. е. не менее 8 м.

Бермы шириной 8 м рекомендуется оставлять на нижних горизонтах, срок существования которых составляет не более 4-5 лет. На средних и верхних горизонтах ширину берм следует увеличивать до 10-12 м, учитывая, что с течением времени часть бермы осыпается.

– Вертикальное расстояние между бермами (учитывая транспортные) не должна быть более чем 45-50 м [2].
– Угол откоса уступа между бермами принимаем по таблице 3.1

Из-за организации берм очистки происходит выполаживание борта в целом, что не желательно по экономическим соображениям. Противодействовать этому можно размещая бермы на самых пологих участках борта с одновременным увеличением углов откосов уступов (конечно не выше устойчивых значений) на этих участках. Так как устойчивый угол откоса одиночного уступа круче, чем сдвоенного, такой подход, зачастую, позволяет разместить берму очистки без значительного выполаживания борта. Пример такого размещения бермы показан на рисунке 3.1.

а) б)

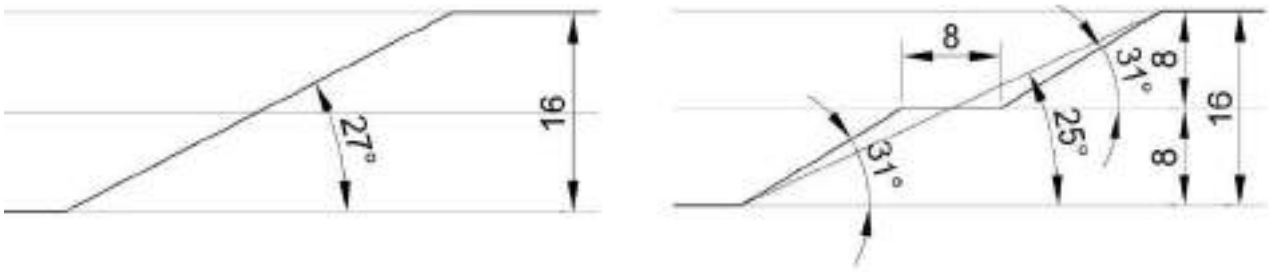


Рис.3.1. Профили бортов карьеров:
а – без бермы очистки; б – размещение бермы очистки

Как видно из рисунка 3.1, после размещения бермы шириной 8 м, угол откоса борта изменился всего на 2°.

При погашении уступов, постановке их в предельное положение необходимо соблюдать общий угол откоса бортов, установленный проектом. Во всех случаях ширина предохранительной бермы должна быть такой, чтобы обеспечивалась ее механизированная очистка.
Поперечный профиль предохранительных берм должен быть горизонтальным или иметь уклон в сторону борта разреза (карьера). Бермы, по которым происходит систематическое передвижение рабочих, должны иметь ограждение и регулярно очищаться от осыпей, кусков породы и посторонних предметов. Допускается в соответствии с проектом применение берм с продольным уклоном, в том числе совмещенных с транспортными.

При выборе углов погашения уступов в скальных породах следует помнить, что если угол погашенного уступа меньше 60-65°, то для его постановки в предельное положение необходимы специальные мероприятия. С точки зрения практики оптимальным является угол откоса погашенного уступа в диапазоне 60÷80°.

3.2. Для участков борта, а так же отдельных уступов, угол откоса или высота которых увеличились, следует произвести расчеты устойчивости согласно главе 2.

Если расчеты выявили неустойчивые участки борта, следует их выположить до устойчивых значений.

3.3. Выполняем чертеж конструкции борта карьера в масштабе (рис. 3.2).

3.4. После разработки конструкции борта, определяем угол его откоса – конструктивный угол.

Угол откоса борта – угол между горизонталью и линией, соединяющей нижнюю бровку нижнего уступа и верхнюю бровку верхнего уступа (рис. 3.3).

Угол откоса борта определяется по чертежу одним из двух способов:

1 – измеряется транспортиром;

2 – вычисляется как арктангенс отношения высоты борта (глубины карьера) к его горизонтальному проложению:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_б}{L_б}\right) \qquad (3.1)$$

где $H_б$ – высота борта, м;

$L_б$ – длина горизонтального проложения борта, м.

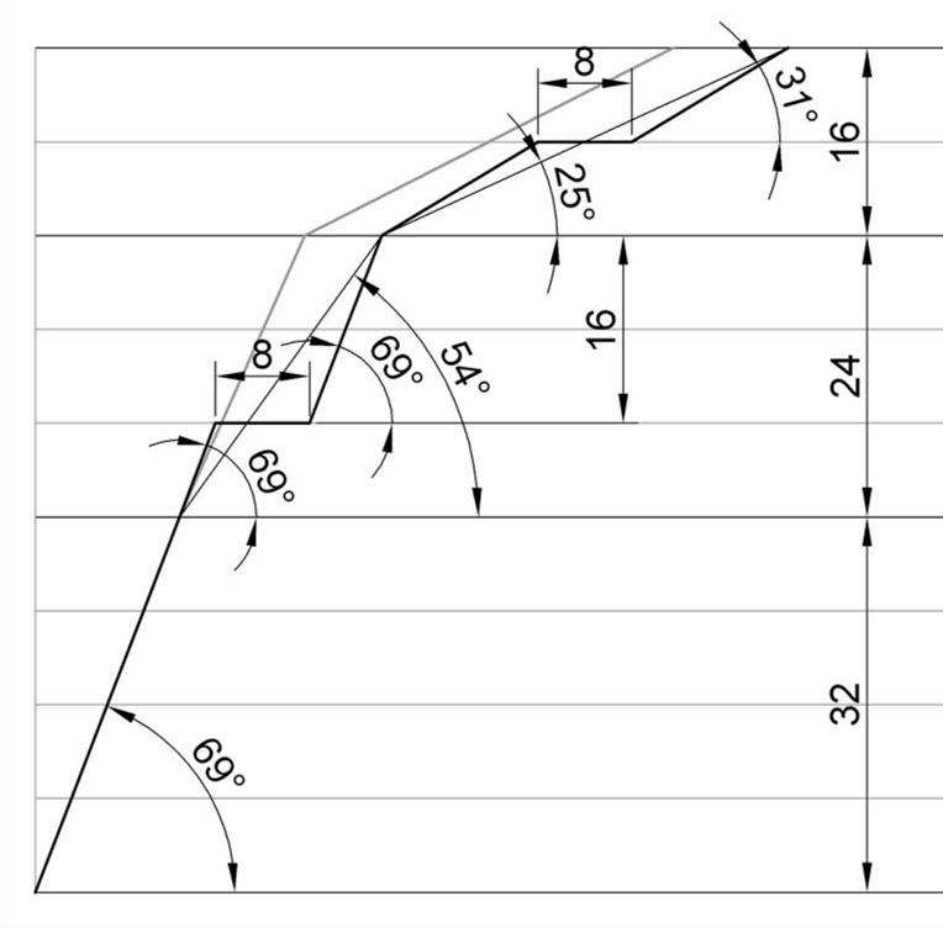


Рис. 3.2 Конструкция погашенного борта карьера

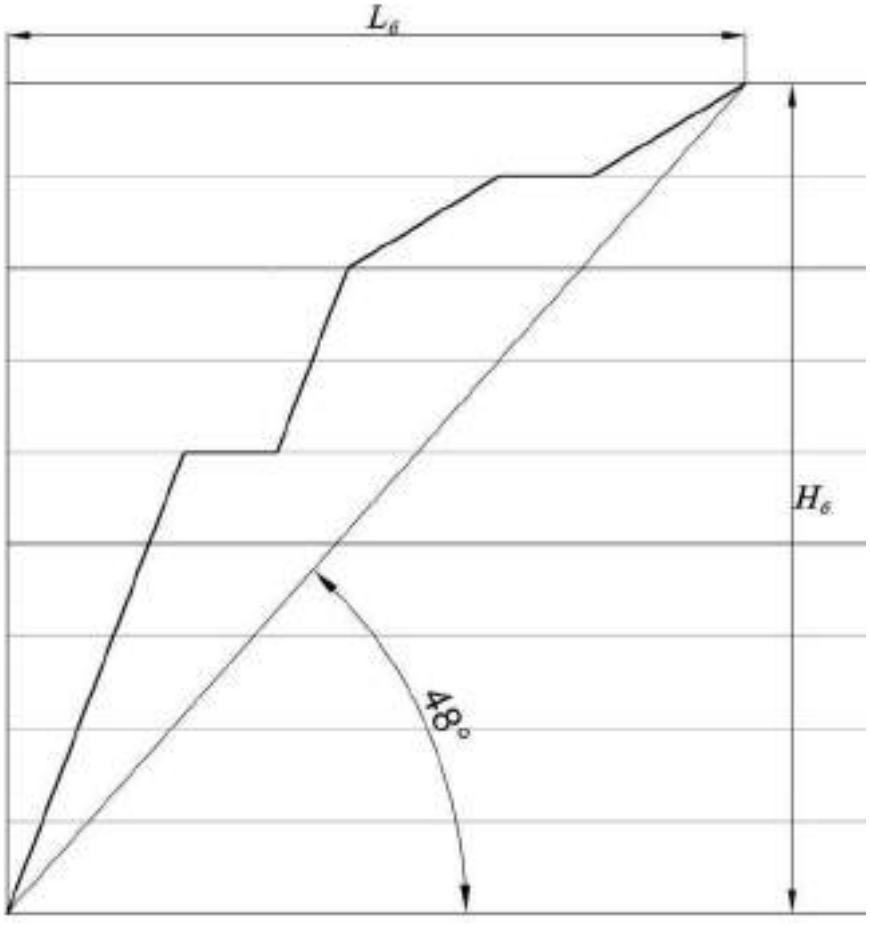


Рис. 3.3 Угол откоса борта

ПРИМЕР 3.1

Устойчивые углы для сдвоенных, строенных и т. д. уступов представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Расчет устойчивого угла откоса для уступов различной высоты

Высота уступа, м	Покрывающие породы ($\rho_р = 24{,}8°$)		Выветрелые породы ($\rho_р = 28{,}4°$)		Невыветрелые породы ($\rho_р = 30{,}3°$)	
	H'	α	H'	α	H'	α
8	$H' = \frac{8}{0{,}51} = 15{,}7$	31°	$H' = \frac{8}{7{,}47} = 1{,}1$	80°	$H' = \frac{8}{10{,}45} = 0{,}8$	80°
15	$H' = \frac{8 \cdot 2}{0{,}51} = 31{,}4$	25°	$H' = \frac{16}{7{,}47} = 2{,}1$	69°	$H' = \frac{16}{10{,}45} = 1{,}5$	80°
24			$H' = \frac{8 \cdot 3}{7{,}47} = 3{,}1$	66°	$H' = \frac{24}{10{,}45} = 2{,}3$	74°
32					$H' = \frac{8 \cdot 4}{10{,}45} = 3{,}1$	69°

Принимаем ширину бермы очистки равной 8 м.

Разместим бермы очистки на наиболее пологих участках борта с таким расчетом, чтобы вертикальное расстояние между ними, а так же дном карьера не превышало 45-50 м.

В нашем случае, рационально разместить бермы на горизонтах -8 м, и -32 м (рис. 3.4).

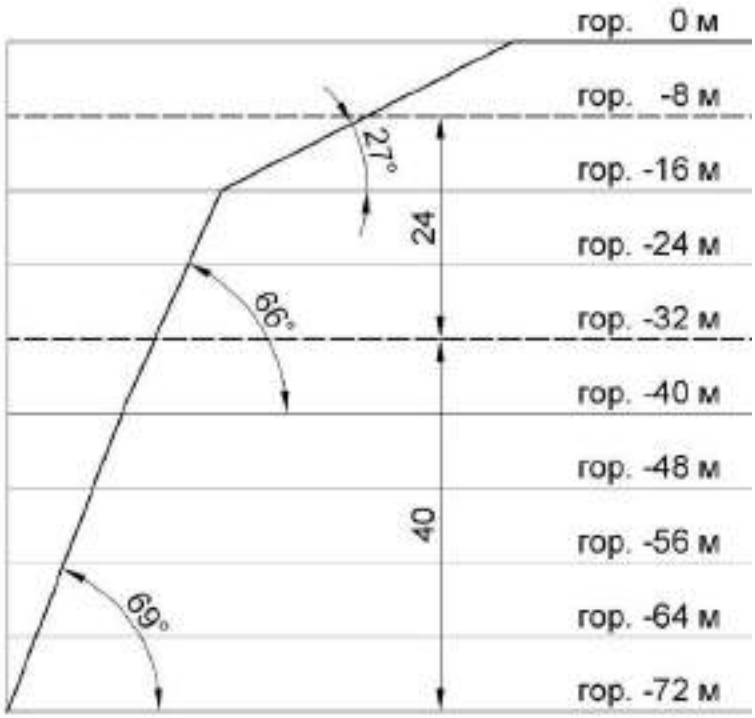


Рис. 3.4. Выбор горизонтов для размещения берм очистки

Берма на горизонте -8 м размещается на участке борта находящимся в покрывающих породах высотой 16 м и устойчивым углом откоса равным 27° (рис. 3.1 а). При этом высота уступа в карьере равна 8 м, т. е. участок борта фактически представляет собой два объединенных уступа.

Устанавливаем расчетом, что для уступа высотой 8 м в данных породах устойчивый угол равняется 31°.

Размещаем берму шириной 8 м между восьми метровыми уступами с углами откосов равными 31° (рис. 3.1 б). Результирующий угол на участке борта составит 25°, что не превышает расчетного значения для данного участка (27°). Так как и углы откосов отдельных уступов (31°), и участка в целом (25°), не превышают рассчитанных устойчивых значений, принимаем данную конструкцию борта.

Берма на горизонте -32 м разделяет участок выветрелых пород на два уступа: одинарный – h_y = 8 м и сдвоенный – h_y = 16 м. Расчетный устойчивый угол в выветрелых породах для высоты уступа 16 м равен 77°.

Так как угол погашения уступов нижнего участка (свежие породы) не может быть более 69°, то и для участка выветрелых пород примем такой же угол погашения – 69°. Результирующий угол на участке борта составит 54°, что меньше устойчивого значения – 66°.

На участке невыветрелых пород берм очистки размещать не будем. Угол погашения уступа – 69°, результирующий угол откоса участка – 69°.

Так как и углы откосов отдельных уступов, и участков, не превышают рассчитанных устойчивых значений, принимаем данную конструкцию борта.

Окончательная конструкция погашенного борта карьера показана на рис. 3.5.

Измеряем на чертеже значения длину горизонтального проложения – $L_б = 64{,}1$ м (рис. 3.6).

Вычисляем значения конструктивного угла откоса борта:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{H_б}{L_б}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{72}{64{,}1}\right) = 48{,}3° \approx 48°.$$

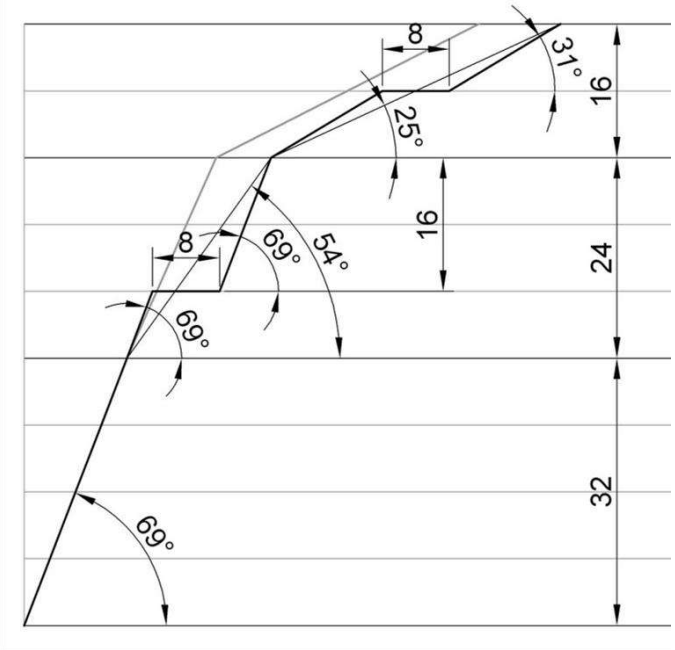


Рис. 3.5 Рассчитанная конструкция погашенного борта карьера

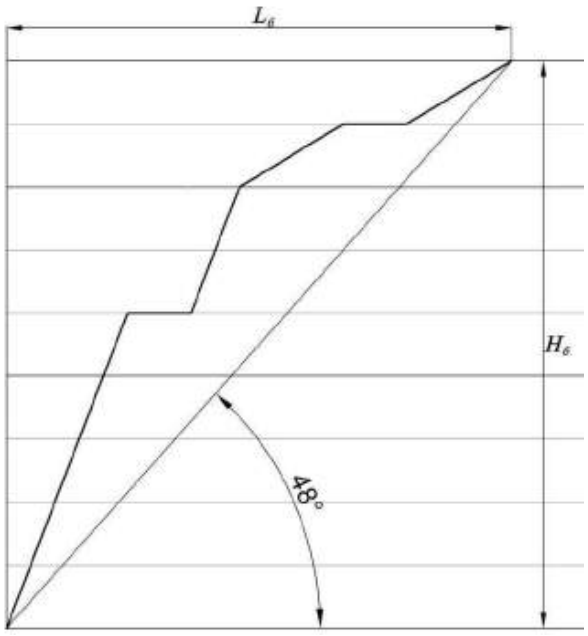


Рис. 3.6. Определение конструктивного угла откоса борта

ЛИТЕРАТУРА:

1. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.
2. Фисенко Г. Л. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов Л. 1962.
3. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости (утв. Госгортехнадзором СССР 21.07.1970).
4. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л: ВНИМИ, 1972, -166 с.
5. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. – М: Недра, 1975, -279 с.
6. Черчинцева Т. С. Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Основы геомеханики» для студентов специальности 090500. – Магнитогорск: МГТУ, 2004, -43 с.
7. Шелест А. Т., Беляев В. Л. Геомеханика: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 2001, -186 с.
8. Гальперин А. М. Геомеханика открытых горных работ. – М.: МГТУ, 2003 г.
10. Обоснование параметров устойчивых откосов борта карьера и его уступов /Методические указания/ - Магнитогорск МГТУ, 2003, -12 с.
11. Зотеев О. В., Осинцев В. А. Геомеханика. Учеб. пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1997.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
I. Крепкие породы						
Изверженные (K > 300 кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,62		–	425	36,5	–
Кварцевые порфиры	2,56	2,64	0,36	395	37,0	0,40
Сиениты	2,76		0,39	560	32,0	0,50
Гранодиориты	2,63	2,78	0,39	560	32,0	0,50
Порфириты	3,02		0,50	365	33,0	0,45
Габбро-диориты	2,70			373	35,5	
Габбро	3,11			300	36,0	
Габбро-диабазы	2,86			353	32,0	0,80
Диабазы	2,95			460	30,0	
Перидотиты	2,80			323	36,0	0,70
Пироксениты	3,23			350	35,5	
Метаморфические и осадочные (K > 200 кГ/см^2)						
Кварциты	2,64	2,84	0,50	350-700	36,0	0,5-0,7
Джеспилиты	3,43			360	36,0	0,40
Роговики	2,58			305	35,0	0,40
Роговики гидрогематитовые	3,17			300	32,0	0,40
Сланцы кремнисто-глинистые	2,82		0,24	380	33,5	0,30
Сланцы кварцево-хлорито-серицитовые	2,73			210	33,0	0,30
Филлиты, туффиты	2,87			300	28,0	0,40
Серпентиниты	2,7-3,1		0,40	230-300	35,0	0,6-1,0
Скарны	2,75		0,28	587	31,0	0,4-0,5
Кварцевые песчаники	2,50	2,65	2,50	250	35,0	0,5-1,5
Известняки	2,70	2,77	0,14	220	33	0,3-1,0

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
II. Породы средней прочности						
Изверженные слабовыветрелые (K > 300 кГ/см^2)						
Гранитоиды	2,56			220	36,5	0,3-0,5
Кварцевые порфиры	2,50	2,64	0,20	227	34	0,3-0,5
Сиениты, сиенито-диориты, диориты	2,50	2,66	1,00	205	32	0,3-0,5
Гранодиориты, гранодиорит-порфиры	2,57	2,75	1,05	285	36,5	0,50
Порфириты	3,00			260	37,0	
Габбро-диориты	3,00			210	36,0	
Габбро	2,83			275	35,0	
Габбро-диабазы	2,98			260	36,5	
Диабазы	2,75			200-260	36-37	
Спилиты				240	36	0,70
Изверженные выветрелые (K = 20-200 кГ/см^2)						
Сиенито-диориты				120	32	
Кератофиры				165	33	
Гранодиорит-порфиры	2,40	2,74	0,90	180	36	03-0,5
Порфириты				170	31	
Габбро-диориты	2,66			180	36	
Диабазы				70	34	
Метаморфические (K = 20-200 кГ/см^2)						
Кварциты	2,61	2,78	0,40	156	34	0,5-0,7
Кварциты каолинизированные	2,24	2,59	0,94	48	30	0,2-0,3
Сланцы песчано-глинистые	2,78			180	37	0,40
Сланцы хлорито-кварцевые и хлоритовые	2,86			140	35	0,30
Филлиты				152	27	0,30

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Тальково-карбонатная порода	2,89			115	30	
Магнетиты	4,32			190	34	0,2-0,3
Серпентиниты выветрелые	2,50			84	34	0,2-0,3
Серпентиниты рассланцованные, сильновыветрелые	2,50			23	33	0,05-0,3
Осадочные (K = 20-200 кГ/см^2)						
Известняки	2,44-2,67	2,83	0,1-4,0	140-165	27-32	0,3-0,8
Известняки выветрелые	2,37			73	32	
Песчаники аркозовые	2,46			175	38	
Песчаники глинистые	2,67			170	37	
Песчаники с карбонатным цементом	2,57	2,68	2,27	170	36	0,40
Песчаники с глинистожелезистым цементом	2,31	2,70	2,70	87	36	0,30
Песчаники	2,53	2,75		50-90	35	0,3-0,8
Алевролиты	2,51	2,72	4,00	35-70	33	0,35-0,7
Аргиллиты	2,45	2,80	8,00	40	29	0,2-0,45
Уголь	1,26-1,58		5,00	28	36	0,03-0,6
III. Слабые породы (K < 20 кГ/см^2)						
Сильновыветрелые						
Габбро-диориты	2,40			14,3	36	
Сланцы	2,12		18,0	1,2-13,6	26-30	
Песчаники				7,5	36	
Диабазы	2,07		19,6	3,2	34	
Доломиты, сидериты	2,00		31,6	1,39	32	
Осадочные						
Песчаники	2,11	2,65	11,0	11,0	35	
Алевролиты	2,13	2,48	20,0	3-17	31	
Аргиллиты	2,02	2,67	18,0	3-10	29	

Литологическое наименование горных пород	Физико-механические характеристики					
	Объёмный вес, г/см^2	Удельный вес, г/см^2	Влажность, %	Сцепление в образце, кГ/ см^2	Угол внутреннего трения, град	Размер элементарного структурного блока, м
Песок разнозернистый	2,04	2,65	16,5	0,0-0,24	35	
Песок среднезернистый	1,75	2,64	17,0	0,1-0,15	33-34	
Песок мелкозернистый	1,96	2,68	23,0	01-0,35	31-32	
Песок тонкозернистый	1,80	2,66	17,0	0,28	30	
Песок глинистый уплотненный	2,08	2,65	18,0	0,45-0,8	26-32	
Песок глинистый мелкозернистый	1,80		40,0	0,4-0,70	28-30	
Песок глинистый тонкозернистый	1,99	2,67	25,0	0,35-0,6	26-28	
Супесь	1,80	2,66	13,0	0,17	30-34	
Суглинок пылеватый лёссовидный	1,76	2,68	16,0	0,35-0,65	27-32	
Суглинок пылеватый	1,90	2,69	21,0	0,23-0,4	22-27	
Лёссы	1,76			1,05	29	
Мел трещиноватый	1,90	2,64	31	1,40	35	
Мел переотложенный	1,92	2,70	26	0,5	35	
Глина брекчиевидная	2,19		15	1,6-7,6	28	
Глина бокситовая	2,20		13	1,25-4,1	27	
Глина опоковидная	1,64	2,55	46	1,55	23	
Глина песчаная	2,02	2,70	22	0,5-1,25	18-28	
Глина плотная	1,98	2,69	25	1,3-3,5	16-25	
Глина песроцветная	1,96	2,70	27	0,8-1,5	14-18	
Глина коры выветривания	1,94	2,78	26	1,00	15-17	
Глина плотная пылеватая	1,96	2,7	25	0,6-1,75	9-15	
Глина плотная лигнитовая	1,96	2,43-2,98	30	1,75	13	
Глина жирная	1,91	2,64	26	0,50	90	

Приложение 2 – Коэффициент запаса устойчивости

Характеристика бортов	Коэффициент η в зависимости от срока	
	до 5 лет	> 5 лет
Нерабочий борт из-за глины или трещины породы	1,2	1,3
Нерабочий борт из-за песчаника или гравелистых пород	1,15	1,2
Рабочий борт	1,2	–
Откосы рабочих уступов и отвалов	1,2	–
Откосы уступов нерабочего борта: глинистые, трещиноватые породы	1,5	2,0
Откосы уступов нерабочего борта: песчаник и гравелистые породы	1,15	1,2

Учебное издание

Сергей Владимирович Исаков
Ольга Владимировна Мусихина
Руслан Салаватович Ганиев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ НЕРАБОЧЕГО БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Геомеханика»
для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР)
направления 130400 – «Горное дело»

Редактор *С. Ф. Правдин*
Корректура, компьютерная верстка *С. Н. Важениной*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. ____. Тираж 150. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный
горный университет»

С. В. Исаков, А. Л. Костин, Я. В. Лушников

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОМЕХАНИКА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
130400.65 – «ГОРНОЕ ДЕЛО»
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ОТКРЫТЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ»

Екатеринбург
2014

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического факультета
«__» _____ 2014 г.

Председатель комиссии
_____ доц. В. П. Тюлькин

С. В. Исаков, А. Л. Костин, Я. В. Лушников

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Геомеханика»
для студентов специальности
130400.65 – «Горное дело»
специализации «Открытые горные работы»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2014

И 85

Р е ц е н з е н т: Лель Ю. И., профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой разработки месторождений открытым способом УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом (протокол № 290 от 21 мая 2014 г.) и рекомендовано к изданию в УГГУ.

С. В. Исаков, А. Л. Костин, Я. В. Лушников

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА:учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геомеханика» для студентов специальности 130400.65 – «Горное дело» специализации «Открытые горные работы». Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. 29 с.

Учебно-методическое пособие включает методики выполнения лабораторных работ, варианты заданий и справочные сведения для расчетов параметров уступов и бортов карьера.

Учебно-методическое пособие может быть использовано в курсовом и дипломном проектировании.

© Исаков С. В., А. Л. Костин, Я. В. Лушников, 2014
© Уральский государственный горный университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ _____ 5

1. Средневзвешенные расчетные данные _____ 6

2. Построение поверхности скольжения _____ 14

3. Расчет удерживающих и сдвигающих сил _____ 17

Литература _____ **Ошибка! Закладка не определена.**

ПРИЛОЖЕНИЯ _____ 24

Приложение 1 – Исходные данные для самостоятельных занятий ____ 25

Приложение 2 – Определение центра тяжести _____ 29

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры должны владеть основами метода расчетов устойчивости бортов карьеров, так как эта проблема имеет огромное экономическое значение помимо безопасности работ. Уменьшение угла погашения борта карьера даже на 1 градус влечет значительное увеличение объемов вскрыши. С другой стороны, увеличение угла может привести к обвалам, оползням, нарушению ритма работы карьера, к экономическому ущербу.

Институт ВНИМИ разработал методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров[1]. Методика предлагает двенадцать типовых расчетных схем, в том числе некоторые схемы включают по два, четыре варианта условий залегания пород. Выбор схемы расчета зависит от формы поверхности скольжения, метода сложения поверхностных и объемных сил, криволинейности бортов в разрезе и плане.

В данной работе используется методика для определения максимально допустимой высоты вертикального откоса и ширины призмы обрушения при благоприятном залегании поверхностей ослабления: пласты падают в сторону массива, горизонтальны, вертикальны или падают в сторону выемки под углом, меньшим угла внутреннего трения по контактам слоев $\rho_к$.

В более сложных условиях следует применять методики, в которых учитываются горнотехнические факторы: например, угол откоса α, глубина H, направления простирания пластов относительно падения β, дополнительные нагрузки от оборудования, дополнительные нагрузки от сейсмических воздействий взрывов, криволинейность бортов.

Проверка устойчивости производится в следующем порядке:

1. Определение средневзвешенных расчетных данных.
2. Построение поверхности скольжения на профиле откоса борта.
3. Построение эпюры удерживающих и сдвигающих сил.
4. Определение расчетного коэффициента запаса устойчивости и сравнение его с нормативным.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными для лабораторной работы являются результаты лабораторной работы «Определение оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера» [2].

По согласованию с преподавателем или при использовании данного методического пособия в самоподготовке студентов можно использовать данные из ПРИЛОЖЕНИЯ 1

1. Средневзвешенные расчетные данные

Расчетные величины при горизонтальном расположении слоев определяются как средневзвешенные.

⚠ Во всех дальнейших расчетах следует использовать расчетные значения характеристик горных пород.

1.1 Усредненный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \text{кН/м}^3, \quad (1.1)$$

где m_1, m_2 и m_3 – мощности слоя покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, м;

ψ_1,ψ_2 и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, кН/м^3.

1.2 Средневзвешенный коэффициент сцепления ($k_{ср}$):

$$k_{ср} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}, \text{МПа}, \quad (1.2)$$

где l_1, l_2иl_3 – длины участков линии скольжения соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, м;

k_1, k_2и k_3 – коэффициенты сцепления в монолите соответственно в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, МПа.

Для того чтобы определить значения l_1, l_2 и l_3 необходимо построить упрощенную схему линии скольжения. Дугу линии скольжения проводят следующим образом (рис.1.1):

А. Строим упрощенную схему борта карьера высотой $H_б$ и углом откоса $\varphi_б^к$ (рис.1.1,А).

Б. От верхней бровки откоса (точка В)по верхней площадке отмеряем расстояние равное 0,25·$H_б$. (рис.1.1,Б).

В. Из точки С проводим луч под углом сдвига наиболее прочных пород Θ_0 к вертикали. Из точки А проводим луч под углом Θ_0 к откосу АВ (рис.1.1,В).

$$\Theta_0 = 45° - \frac{\rho_3}{2} \quad (1.3)$$

где ρ_3 – угол внутреннего трения пород нижнего слоя, в данном случае - невыветрелых пород.

Г. Из точек А и С строим перпендикуляры к лучам. Точку пересечения перпендикуляров обозначим О (рис.1.1, Г).

Д. Из точки А до пересечения с верхней площадкой строим дугу с центром в точке О и радиусом ОА(рис.1.1, Д).

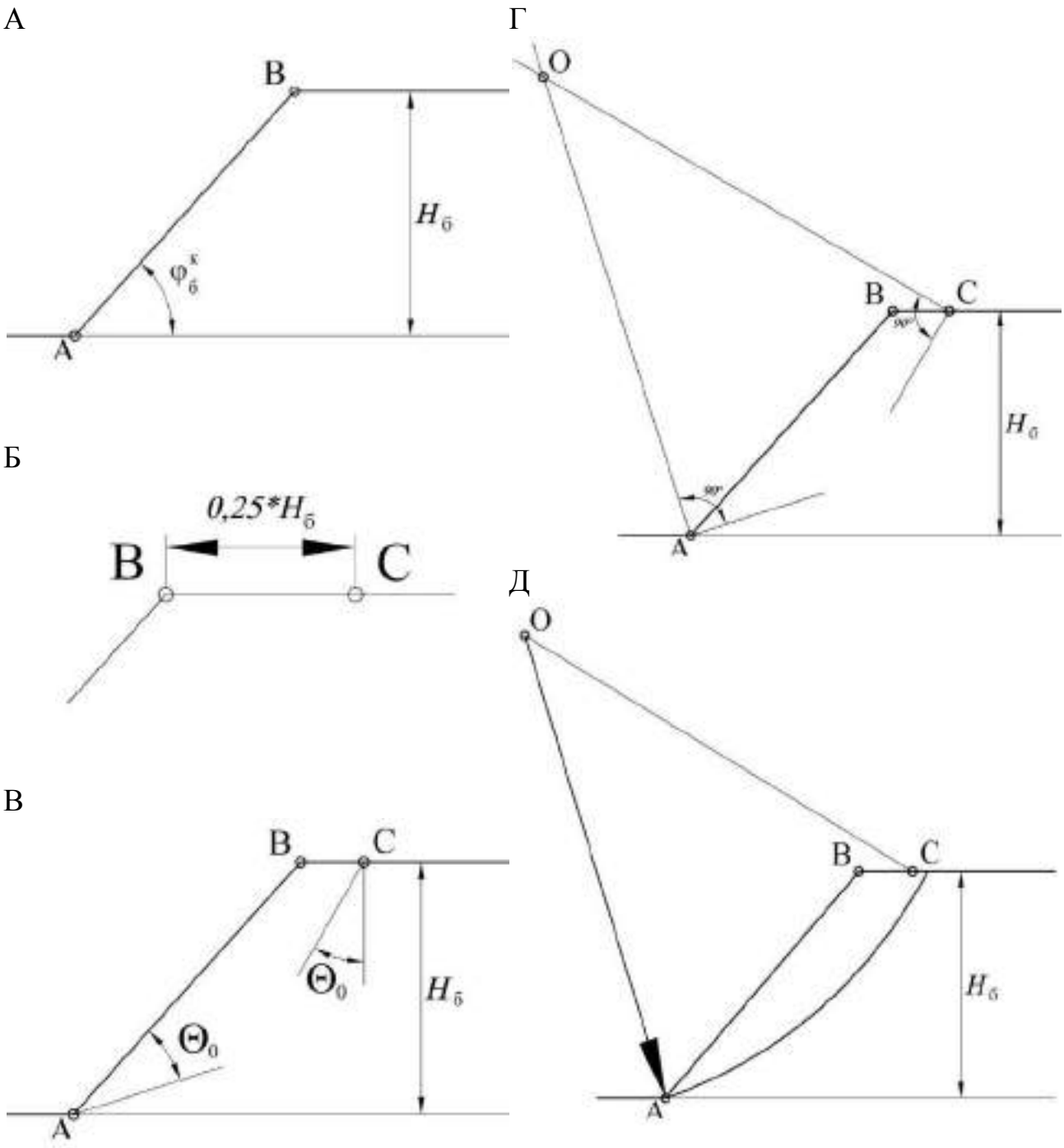


Рис. 1.1Порядок построения упрощенной схемы линии скольжения

На получившейся схеме измеряем величины l_1, l_2иl_3 (рис. 1.2).

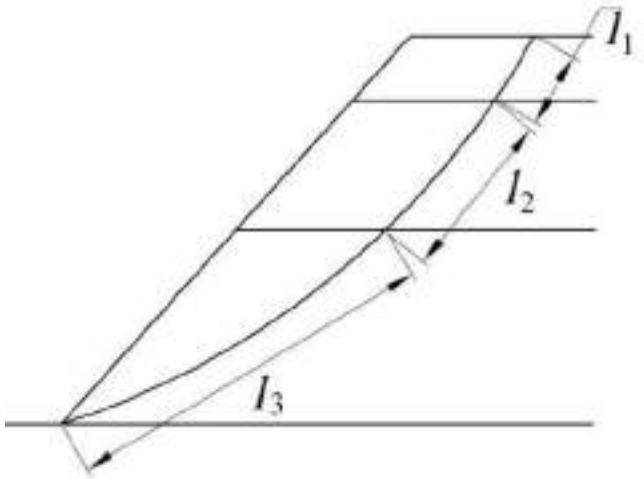


Рис. 1.2 Порядок построения упрощенной схемы линии скольжения

1.3 Усредненный угол внутреннего трения ($\rho_{ср}$):

$$\rho_{ср} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3} \qquad (1.4)$$

где σ_1, σ_2 и σ_3 – нормальные напряжения, действующие на участках соответственноl_1, l_2и l_3,Па. Их значения вычисляются по формуле (1.5);

ρ_1, ρ_2 и ρ_3 – углы внутреннего трения соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород.

1.3.1 Для определения величин σ_1, σ_2 и σ_3 производятся дополнительные построения (рис.1.3):

А. Из концов отрезков l_1,l_2иl_3восстанавливаем вертикальные линии, которые делят призму ABD на блоки (рис.1.3, А).

Б. Для каждого блока находим центр тяжести (см. Приложение 2) и проецируем его на линию скольжения (рис. 1.3, Б).

В. Проводим лучи из центра дуги (точка О) через полученные точки. Они является направлением действия нормальных сил σ_1, σ_2 и σ_3(рис. 1.3,В).

Г. Определим углы β_1, β_2 и β_3соответственно между направлениями σ_1, σ_2 и σ_3 и вертикалью (рис. 1.3,Г).

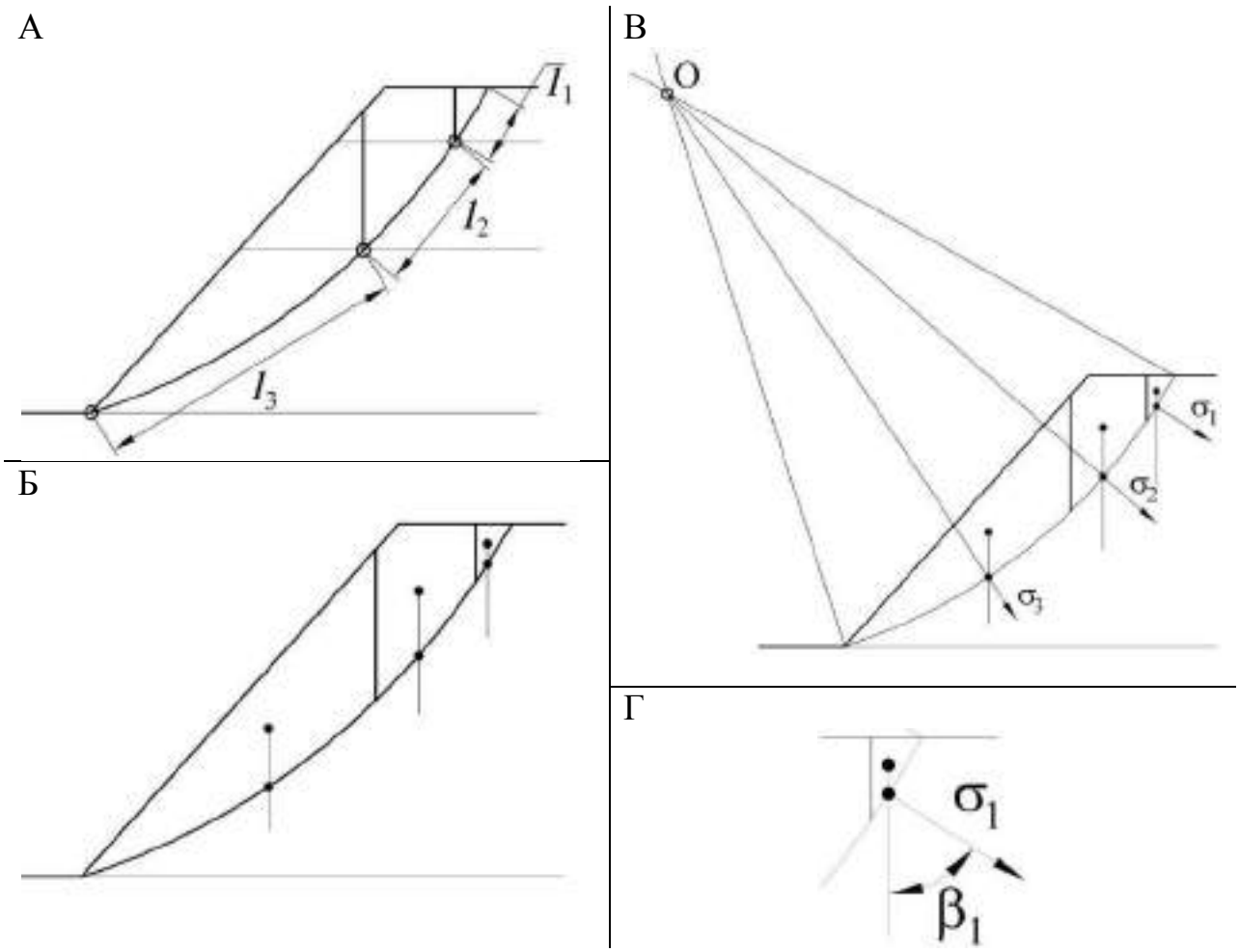


Рис. 1.3.Схема определения нормальных напряжений,действующихна расчетных участках

Величины σ_1, σ_2 и σ_3 определим по формуле:

$$\sigma_i = \psi_i^{\text{блока}} \cdot h_i \cdot \cos^2 \beta_i, \text{ Па}, \quad (1.5)$$

где $\psi_i^{\text{блока}}$ – средняя плотность *i*-го вертикального блока, кг/м^3. Вычисляется по формуле (1.6);

h_i – высота *i* блока, м (см. рис. 1.4).

1.3.2 Средний удельный вес вертикального *i*-го блока ($\psi_i^{\text{блока}}$)

$$\psi_i^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_i^1 + \psi_2 \cdot S_i^2 + \psi_3 \cdot S_i^3}{S_i^1 + S_i^2 + S_i^3} \quad (1.6)$$

гдеS_i^1, S_i^2 и S_i^3– площадь соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород в вертикальном блоке *i*, м^2 (см. рис. 1.5);

ψ_1, ψ_2 и ψ_3 – удельный вес соответственно покрывающих, выветрелых и невыветрелых пород, Н/м^3.

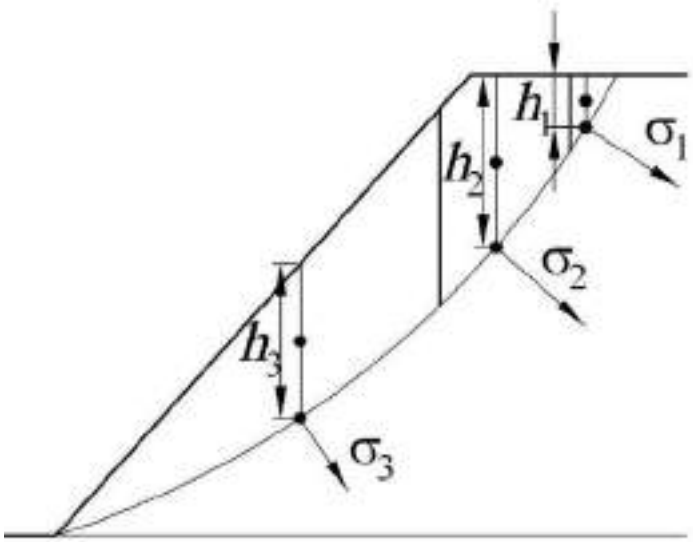
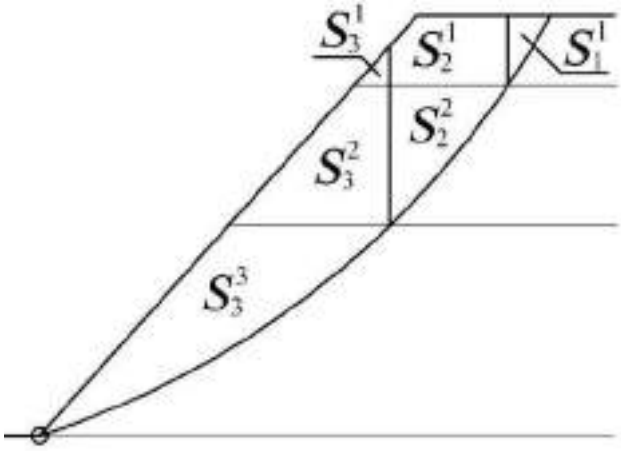


Рис. 1.4.Схема определения значений высоты блоков



Блок 1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1}$$

Блок 2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2}$$

Блок 3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3}$$

Рис. 1.5 Пример определения значений средних удельных весов вертикальных блоков

ПРИМЕР 1

Определим средневзвешенные величины:

1.1 Средневзвешенный удельный вес ($\psi_{ср}$):

$$\psi_{ср} = \frac{\psi_1 \cdot m_1 + \psi_2 \cdot m_2 + \psi_3 \cdot m_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{25{,}0 \cdot 16 + 26{,}5 \cdot 24 + 27{,}2 \cdot 32}{16 + 24 + 32} =$$

$$= \frac{399{,}84 + 636{,}00 + 870{,}40}{72} = 26{,}5, \frac{кН}{м^3}.$$

1.2 Средневзвешенный коэффициент сцепления:

Для того, что бы определить длины участков линии скольжения в покрывающих, выветрелых и невыветрелых породах, строим упрощенную схему линии скольжения (рис.1.6).

На получившейся схеме измеряем величины l_1=14,21, l_2= 31,4и l_3 =70,11.

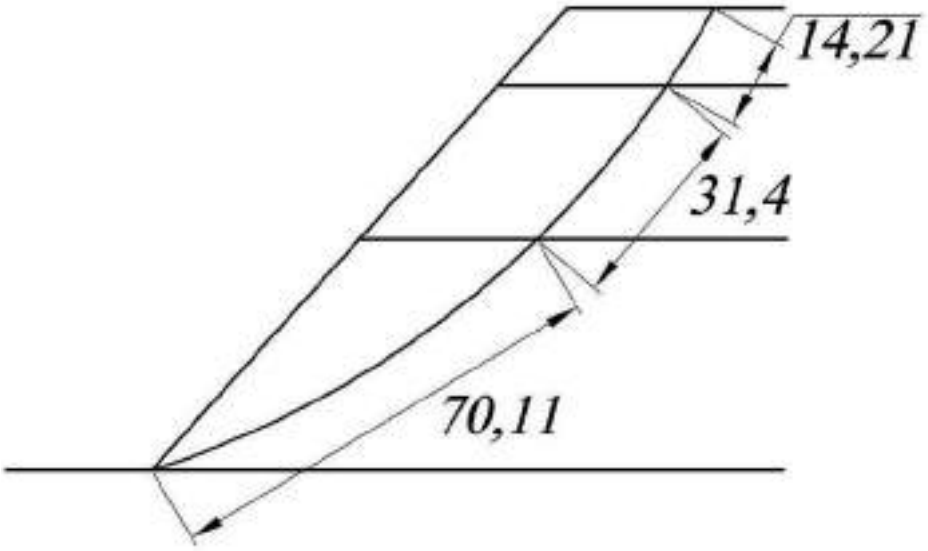


Рис.1. 6 Пример определения длин участков линии скольжения в различных типах пород

Вычисляем средневзвешенный коэффициент сцепления:

$$k_{ср} = \frac{k_1 \cdot l_1 + k_2 \cdot l_2 + k_3 \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{4{,}17 \cdot 14{,}21 + 58{,}92 \cdot 31{,}4 + 81{,}67 \cdot 70{,}11}{14{,}21 + 31{,}4 + 70{,}11} =$$

$$= \frac{59{,}26 + 1850{,}09 \ + 5725{,}88}{115{,}72} = \frac{7635.23}{115{,}72} = 65{,}9, кПа.$$

1.3 Средневзвешенный угол внутреннего трения ($\rho_{ср}$):

Для определения величин нормальных напряжений на участках производим дополнительные построения (рис.1.7):

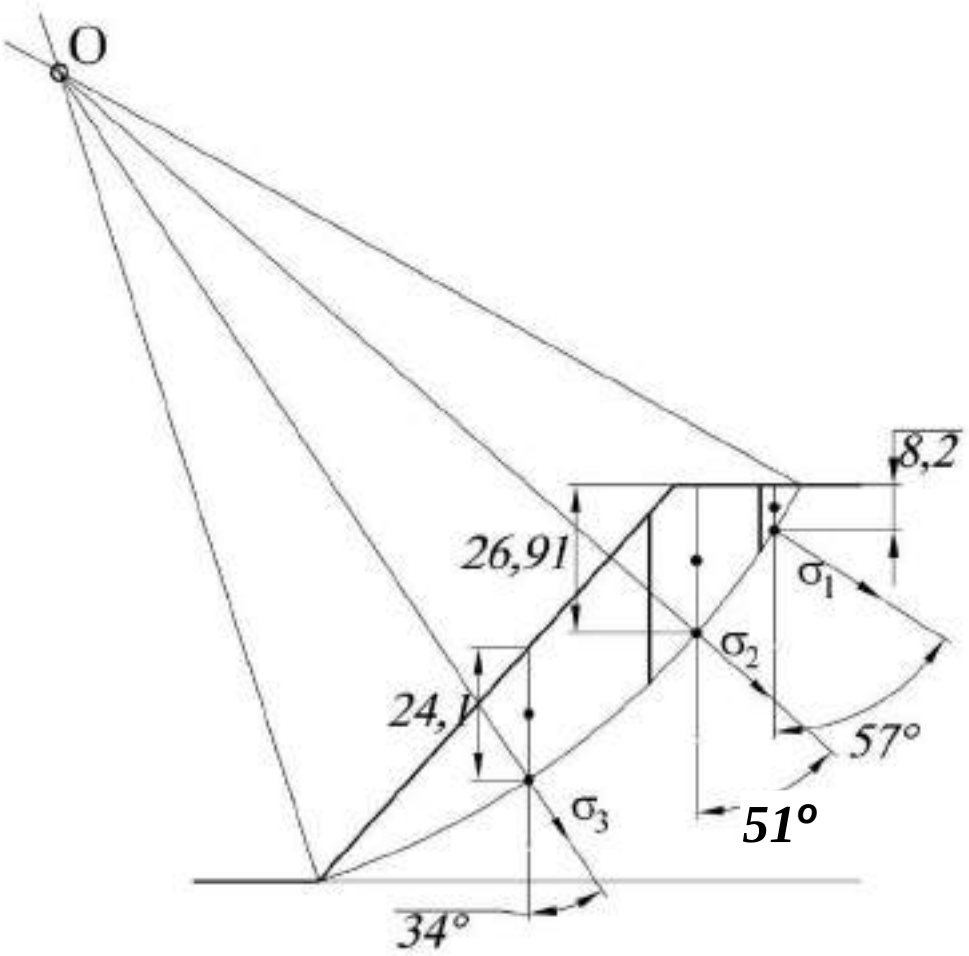


Рис. 1.7 Пример определения величин нормальных напряжений

Площади, занимаемые соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами в первом, втором и третьем вертикальных блоках указаны на рис. 1.8.

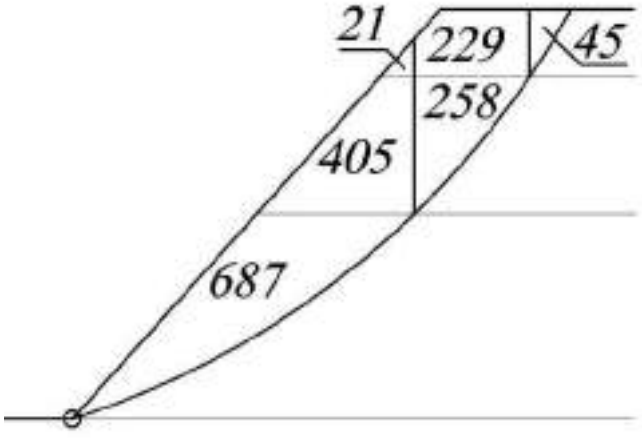


Рис. 1.8 Пример определения площадей, занимаемых соответственно покрывающими, выветрелыми и невыветрелыми породами, распределенных по вертикальным блокам

Средняя плотность каждого вертикального блока равна:

Блок №1

$$\psi_1^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_1^1}{S_1^1} = \frac{25{,}0 \cdot 45}{45} = 25{,}0 \text{ кН.}$$

Блок №2

$$\psi_2^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_2^1 + \psi_2 \cdot S_2^2}{S_2^1 + S_2^2} = \frac{25{,}0 \cdot 229 + 26{,}5 \cdot 258}{229 + 258} = \frac{5725{,}00 + 6837{,}00}{487} =$$

$$= 25{,}8, \text{кН.}$$

Блок №3

$$\psi_3^{\text{блока}} = \frac{\psi_1 \cdot S_3^1 + \psi_2 \cdot S_3^2 + \psi_3 \cdot S_3^3}{S_3^1 + S_3^2 + S_3^3} = \frac{25{,}0 \cdot 21 + 26{,}5 \cdot 405 + 27{,}2 \cdot 687}{21 + 405 + 687} =$$

$$= \frac{525 + 10732{,}5 + 18686{,}40}{1113} = 26{,}9 \text{ кН.}$$

Углы β_1, β_2 и β_3 равны соответственно 51°, 49° и 34° (см. рис.1.7).
Высота первого блока – $h_1 = 8{,}2$,м; второго – $h_2 = 26{,}91$,м;третьего – $h_3 = 24{,}1$, м (см. рис.1.7).

Определим величины σ_1, σ_2 и σ_3:

$$\sigma_1 = \psi_1^{\text{блока}} \cdot h_1 \cdot \cos^2 \beta_1 = 25{,}0 \cdot \ 8{,}2 \cdot \cos^2 51° = \ \ 81{,}19, \text{кПа;}$$

$$\sigma_2 = \psi_2^{\text{блока}} \cdot h_2 \cdot \cos^2 \beta_2 = 25{,}8 \cdot 26{,}9 \cdot \cos^2 49° = 298{,}72, \text{кПа;}$$

$$\sigma_3 = \psi_3^{\text{блока}} \cdot h_3 \cdot \cos^2 \beta_3 = 26{,}9 \cdot 24{,}1 \cdot \cos^2 34° = 445{,}57, \text{кПа.}$$

Средневзвешенный угол внутреннего трения равен:

$$\rho_{\text{ср}} = \text{arctg} \frac{\text{tg}\,\rho_1 \cdot l_1 \cdot \sigma_1 + \text{tg}\,\rho_2 \cdot l_2 \cdot \sigma_2 + \text{tg}\,\rho_3 \cdot l_3 \cdot \sigma_3}{l_1 \cdot \sigma_1 + l_2 \cdot \sigma_2 + l_3 \cdot \sigma_3} =$$

$$= \text{arctg} \frac{\text{tg}\,29° \cdot 14{,}1 \cdot 81{,}19 + \text{tg}\,33° \cdot 31{,}4 \cdot 298{,}72 + \text{tg}\,35° \cdot 70{,}11 \cdot 445{,}57}{14{,}1 \cdot 81{,}19 + 31{,}4 \cdot 298{,}72 + 70{,}11 \cdot 445{,}57} =$$

$$= \text{arctg} \frac{634{,}56 + 6091{,}32 + 21873{,}72}{1144{,}78 + 9379{,}81 + 31238{,}91} = \text{arctg} \frac{2859960{,}21}{4176349{,}97} =$$

$$= \text{arctg}\,0{,}685 = 34{,}4°$$

2. Построение поверхности скольжения

Предварительно рассчитывается высота щели вертикального отрыва (H_{90}) и ширина призмы возможного обрушения (a).

2.1 Высота щели вертикального отрыва

$$H_{90} = \frac{2k_{ср} \cdot \mathrm{ctg}\left(45° - \rho_{ср}/2\right)}{\psi_{ср}}, \text{м} \qquad (2.1)$$

где $\psi_{ср}$– средневзвешенный удельный вес, кН;

$k_{ср}$ – средний расчетный коэффициент сцепления пород, МПА;

$\rho_р$ – расчетное значение угла внутреннего трения, градусы.

2.2 Ширина призмы возможного обрушения

$$a = \frac{2H_б\left(1 - \mathrm{ctg}\alpha \cdot \mathrm{tg}\left(\left(\alpha + \rho_р\right)/2\right)\right) - 2H_{90}}{\mathrm{ctg}\left(45 - \rho_р/2\right) + \mathrm{tg}\left(\left(\alpha + \rho_р\right)/2\right)}, \text{м} \qquad (2.2)$$

где $H_б$ – высота борта карьера, м;

α –результирующий угол откоса борта;

ρ – угол внутреннего трения пород, градусы;

H_{90} – глубина щели вертикального отрыва, м.

Построение наиболее вероятной линии скольжения производится в следующем порядке:

А. От верхней бровки (точка В) верхнего уступа карьера (рис.2.1, А) откладывается величина призмы обрушения (a = ВС);

Б. Из точек В и С вертикально откладываются высоты (H_{90}) – точки В' и С' (рис.2.1, Б);

В. Из точек В' и С' проводятся линии под углом $\Theta_1 = 45° + \rho_{ср}/2$ к горизонту (рис.2.1, В); точку на пересечении этих линий обозначим буквой D.

Г. Из точки D восстанавливается перпендикуляр к отрезку С’D до взаимного пересечения в точке О с перпендикуляром, восстановленным из точки А к направлению AN составляющему с откосом угол$\Theta_0 = 45° - \rho_{ср}/2$(рис.2.1, Г);

Д. Радиусом R=OA=OD проводится дуга окружности AD с центром в точке О, и линия ADC’C является искомой поверхностью скольжения (рис. 2.1, Д).

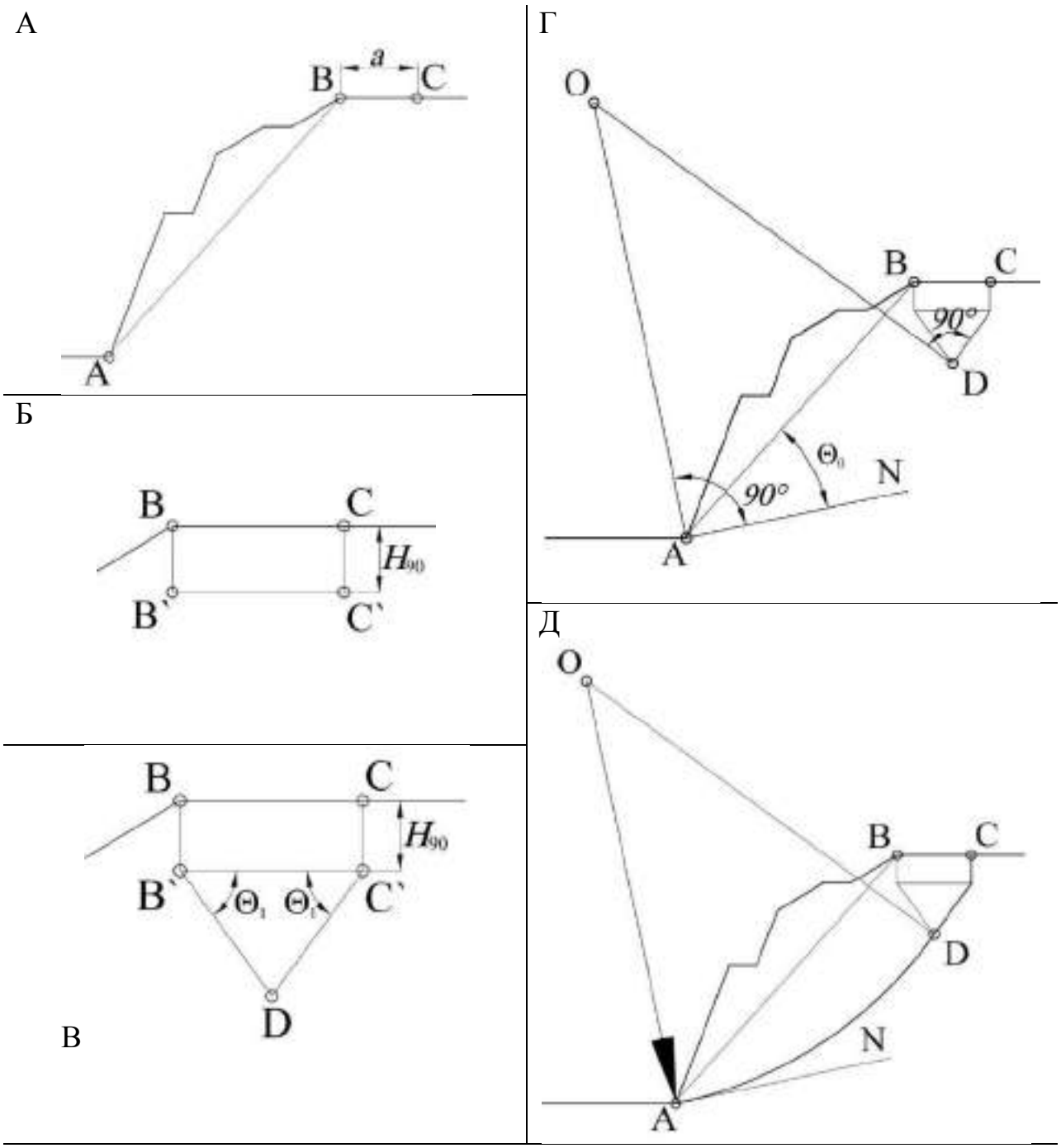


Рис.2.1 Схема построения линии скольжения

ПРИМЕР 2

Высота щели вертикального отрыва:

$$H_{90} = \frac{2k_{\text{ср}} \cdot \text{ctg}\left(45° - \frac{\rho_{\text{ср}}}{2}\right)}{\gamma_{\text{ср}}} = \frac{2 \cdot 65{,}9 \cdot \text{ctg}\left(45° - \frac{34{,}4}{2}\right)}{26{,}5} = \frac{2 \cdot 65{,}9 \cdot \text{ctg}27{,}8°}{26{,}5} = 9{,}43 \text{ , м.}$$

Ширина призмы возможного обрушения:

$$2a = \frac{2H_{\text{б}}\left(1 - \text{ctg}\alpha \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)\right) - 2H_{90}}{\text{ctg}\left(45 - \frac{\rho}{2}\right) + \text{tg}\left(\frac{\alpha+\rho}{2}\right)}$$

$$= \frac{2 \cdot 72\left(1 - \text{ctg}48° \cdot \text{tg}\left(\frac{48°+34{,}4°}{2}\right)\right) - 2 \cdot 9{,}43}{\text{ctg}\left(45 - \frac{34{,}4°}{2}\right) + \text{tg}\left(\frac{48°+34{,}4°}{2}\right)}$$

$$= \frac{144 \cdot (1 - \text{ctg}48° \cdot \text{tg}41{,}2°) - 18{,}86}{\text{ctg}\,27{,}8° + \text{tg}\,41{,}2°} = \frac{11{,}61}{2{,}77} = 4{,}19 \text{ , м.}$$

Строим наиболее вероятную линию скольжения (рис.2.2.):

⚠ Возможны иные варианты построения линии скольжения, которые зависят от геометрических параметров откоса и свойств пород. Например, могут отсутствовать прямолинейный участок и верхняя горизонтальная площадка призмы скольжения [3]

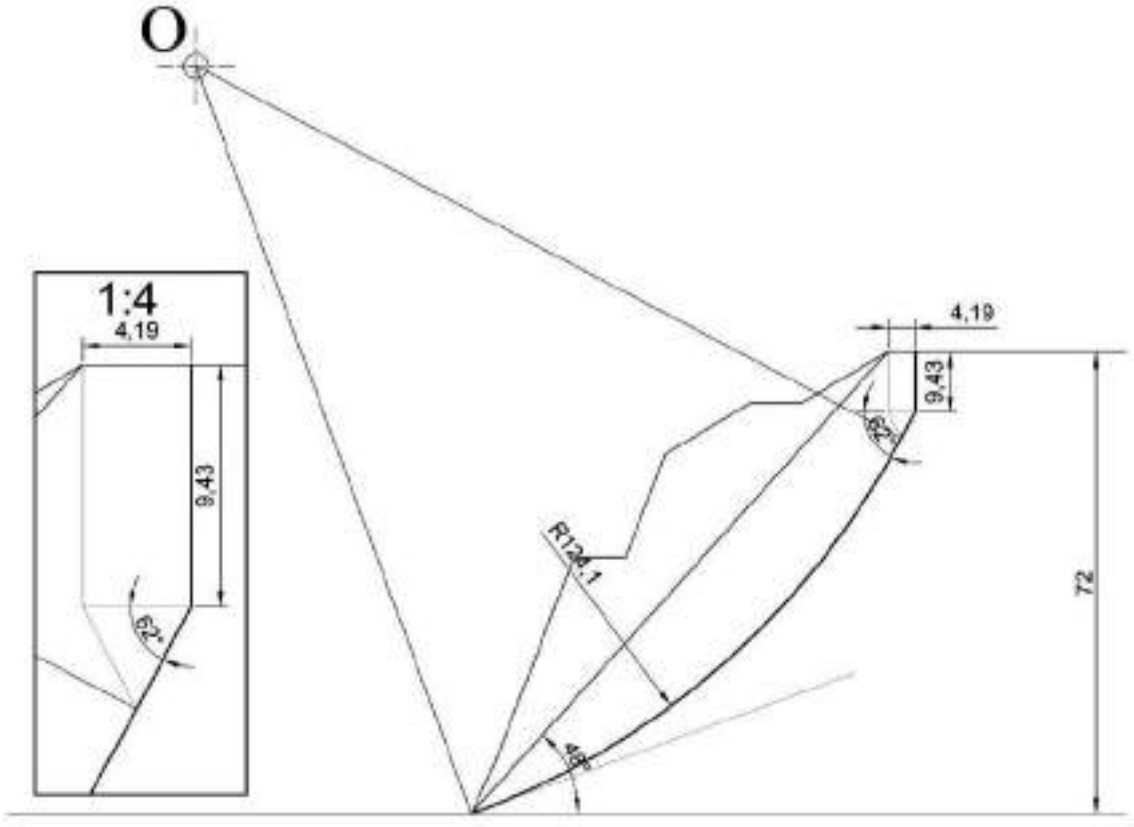


Рис.2.2Пример построения линии скольжения

3. Расчет удерживающих и сдвигающих сил

3.1. Горная масса выше поверхности скольжения (призма обрушения) разбивается на ряд вертикальных блоков (рис.3.1). Причем, чем больше блоков, тем точнее будут расчеты. Для данного учебного расчета достаточно разбить призму скольжения на 6-8 блоков(рис. 3.1).

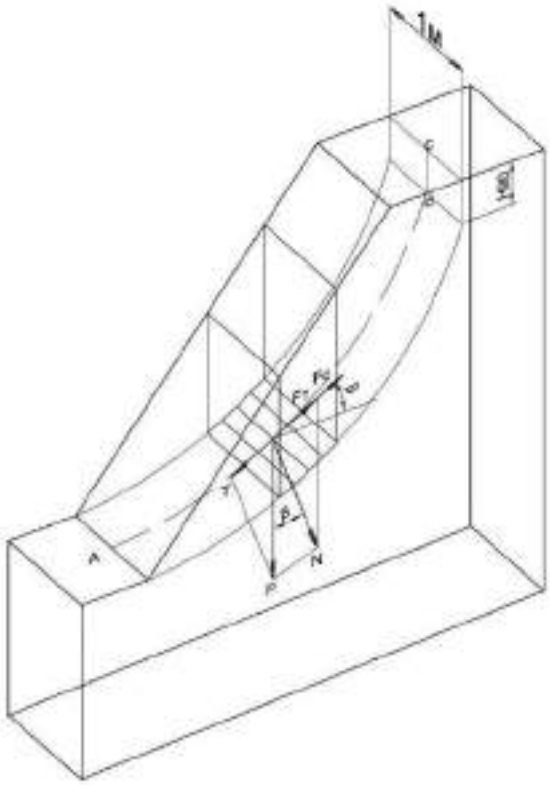


Рис.3.1. Силы, действующие в блок

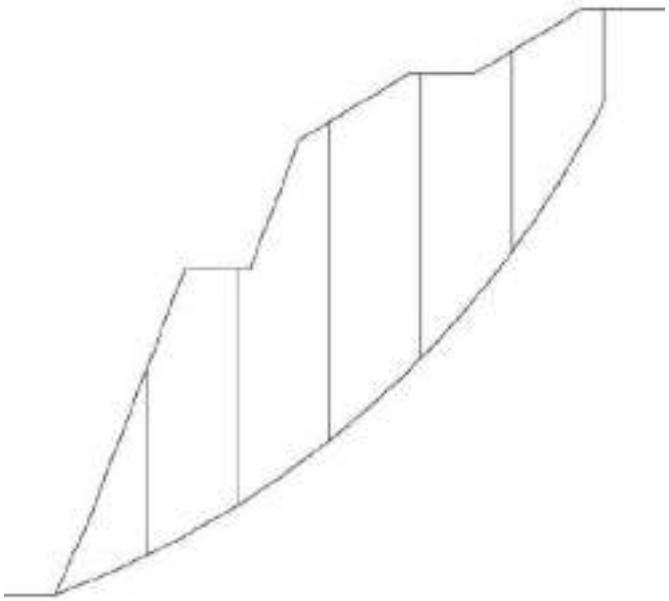


Рис.3.2. Разбивка массива на блоки

Желательно соблюдать правило: в основании одного блока должна находиться порода одного типа[4].

Необходимые для расчета данные получают замером их на чертеже.

3.2. Вес горной массы в блоке j (P_j), действующий на поверхность скольжения (рис.3.3), можно представить как:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{кН}, \qquad (3.1)$$

гдеS_j– площадь вертикального блока на сечении (рис. 3.4) м^2;

$\psi_{ср}$– средневзвешенный удельный вес, кН/м^3.

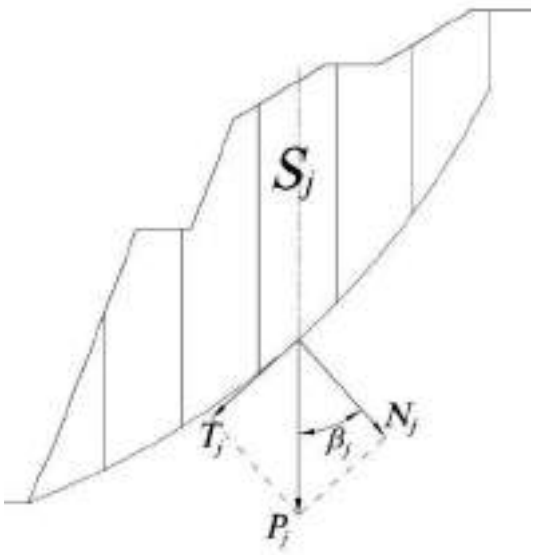


Рис.3.3

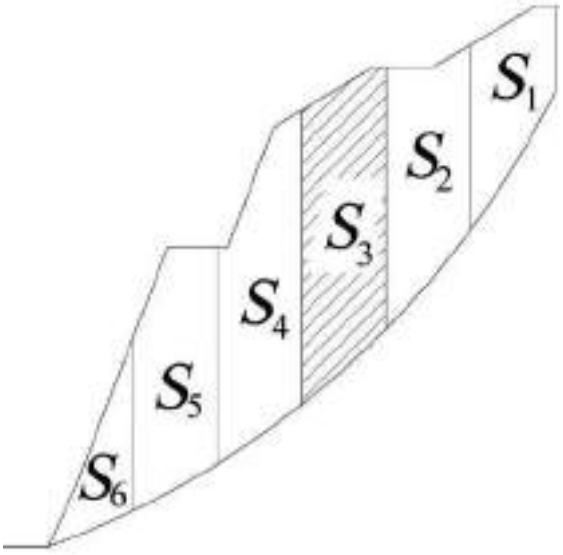


Рис.3.4

3.3. По каждому блоку j определяется касательная (T_j) и нормальная (N_j), составляющие вектора силы тяжести P_j(рис.3.4):

Для этого в каждом блоке (j) измеряется угол (β_i) между векторами P и N. Значения сдвигающей и удерживающей сил вычисляются соответственно по формулам (3.2) и (3.3).

$$N_j = P_j \cdot \cos(\beta_j), \text{кН} \quad (3.2)$$

$$T_j = P_j \cdot \sin(\beta_j), \text{кН} \quad (3.3)$$

гдеP_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j –угол между векторами P и N, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

3.4. Определяем значения удерживающих сил в каждом блоке.

Сила трения ($F_j^{\text{тр}}$):

$$F_j^{\text{тр}} = N_j \cdot \text{tg}(\rho_{\text{ср}}), \text{кН} \quad (3.4)$$

где N_j– нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{\text{ср}}$–усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

Сила сцепления ($F_j^{\text{сц}}$):

$$F_j^{\text{сц}} = k_j \cdot l_j, \quad \text{кН} \quad (3.5)$$

где k_j– сцепление в блоке j, кПа (1 000 кПа = 1 МПа);

l_j – длина основания блока, м.

⚠ Сцепление в блоке принимается равным сцеплению в том типе пород, в которых находится основание блока (см. пример 3)

Полученные значения записываем в таблицу 3.1.

3.5. По данным таблицы 3.1 вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения.

3.6. Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости:

$$\eta_{\text{р}} = \frac{\sum F_j^{\text{тр}} + \sum F_j^{\text{сц}}}{\sum T_j} \qquad (3.6)$$

3.7. Делаем вывод:

Еслирассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше или равен единице, то это означает, что борт устойчив.

Если меньше, то возможно обрушение борта. В этом случае необходимо принять меры по выхолаживанию или укреплению борта.

Таблица 3.1 Расчет сил по линии скольжения

№ блока (J)	Площадь блока J,(S_J), м^2	Угол наклона (β_J), град.	Сила тяжести в блоке P_J, кН	Нормальная сила (N_J), кН	Касательная сила (T_J),кН	Сила трения ($F_J^{\text{тр}}$), кН	Сцепление в блоке J (K_J), кПа	Длина основания блока(L_J), м	Сила сцепления ($F_J^{\text{сц}}$), кН
1									
2									
3									
4									
5									
6									
…									
n									
$\sum_{\text{сил}}$					$\sum_{j=1}^{n} T_j$	$\sum_{j=1}^{n} F_j^{\text{тр}}$			$\sum_{j=1}^{n} F_j^{\text{сц}}$

ПРИМЕР 3:

Разбиваем призму обрушения на семь вертикальных блоков. Первый сверху блок опирается на покрывающие породы, второй и третий на выветрелые, а последующие на свежие скальные породы (рис.3.5).

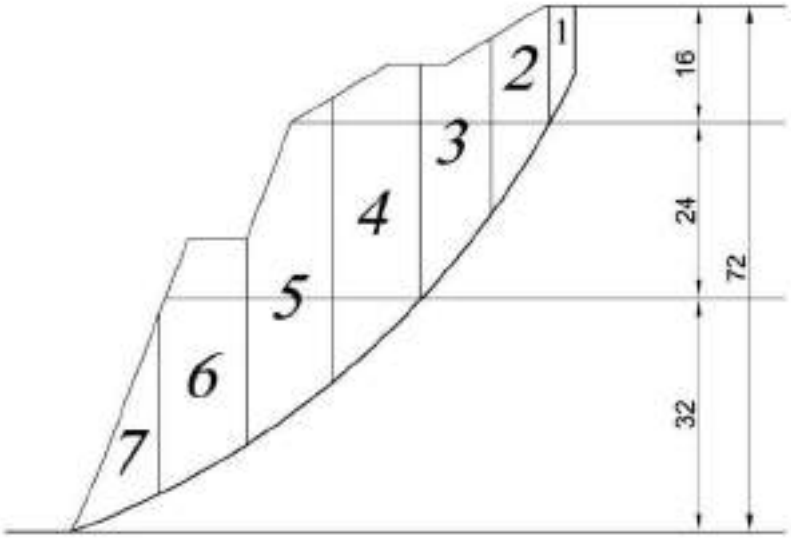


Рис.3.5Расчет удерживающих и сдвигающих сил.
Шаг 1 – разбиение призмы обрушения на вертикальные блоки

По чертежу определяем площадь каждого блока. Результаты измерений записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем вес горной массы в каждом блоке по формуле:

$$P_j = S_j \cdot \psi_{ср}, \text{кН},$$

гдеS_j – площадь вертикального блока на сечении, м^2;

$\psi_{ср}$ –усредненный удельный вес, кН/м^3.

Результаты вычислений записываем в таблицу 3.2.

Из точки О (см. п. 1.2.) проводим лучи через середину основания каждого из блоков (рис.3.6,А). Направление этих лучей соответствует направлению нормальной составляющий вектора силы тяжести(см. рис.3,3).

Из середины основания каждого блока проводим вниз вертикальную линию (рис.3.6, Б). Направление этих лучей соответствует направлению вектора силы тяжести (см. рис.3.4).

Измеряем угол между направлениями нормальной составляющей и вектором силы тяжести (рис.3.6, В). Результаты измерений заносим в таблицу 3.2.

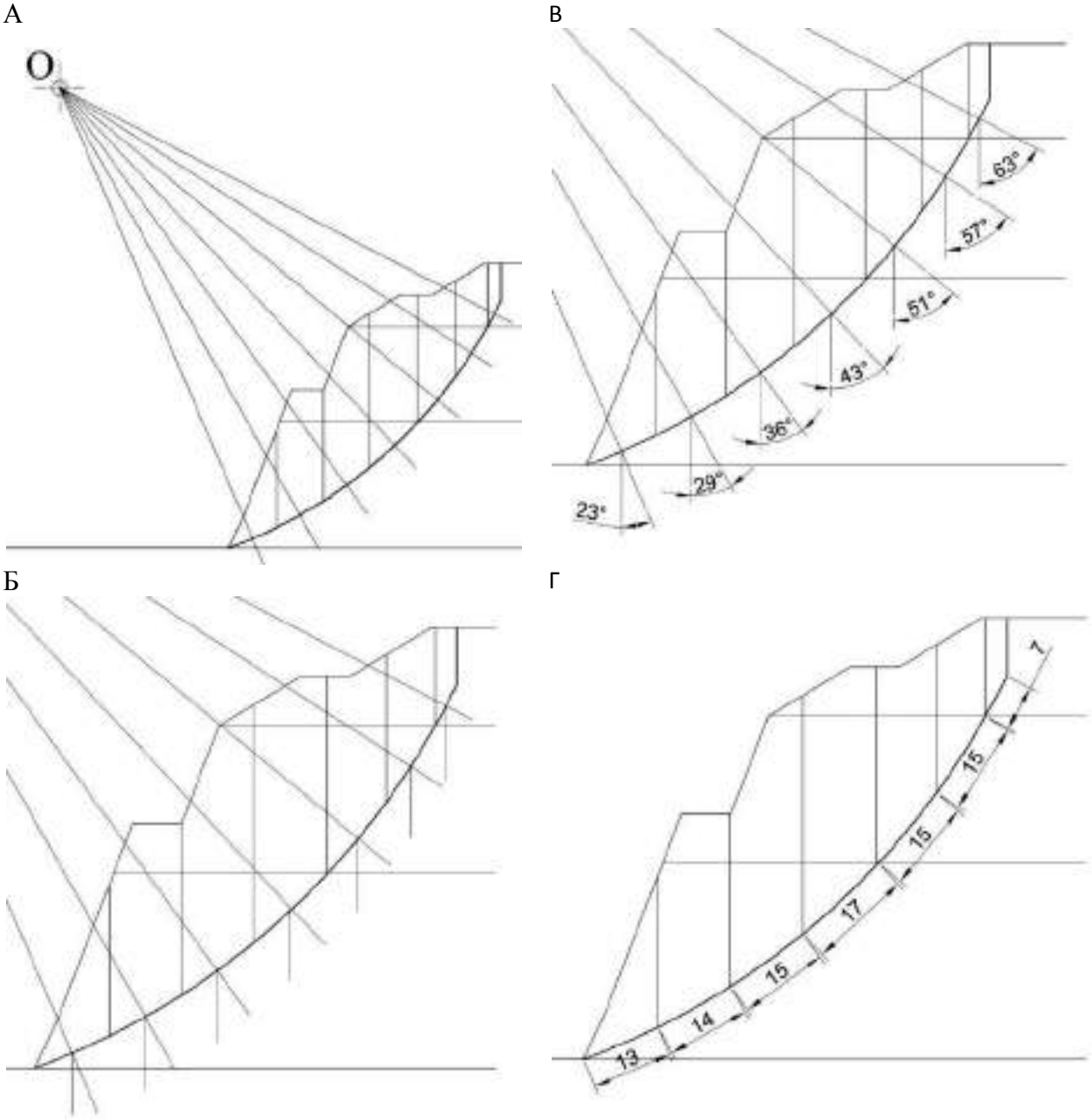


Рис. 3.6 Определение сдвигающих и удерживающих сил

Для каждого блока вычисляем значение нормальной составляющей вектора силы тяжести (N_j) по формуле:

$$N_j = P_j \cdot \cos(\beta_j), \text{кН},$$

где P_j – вес горной массы в блоке j, кН;

β_j – угол между векторами P_j, и N_j, градусы.

Результаты расчетов заносим в таблицу3.2.

Для каждого блока вычисляем значение касательной составляющей вектора силы тяжести (T_j) по формуле:

$$T_j = P_j \cdot \sin(\beta_j), \text{кН}.$$

Результаты расчетов заносим в таблицу3.2.

Значение силы трения ($F_j^{\text{тр}}$) вычисляем по формуле:

$$F_j^{\text{тр}} = N_j \cdot \text{tg}(\rho_{\text{ср}}), \text{кН},$$

где N_j – нормальная составляющая силы тяжести, кН;

$\rho_{\text{ср}}$ – усредненный угол внутреннего трения, градусы.

Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Заносим в таблицу 3.2. значение сцепления для каждого блока:

для первого блока (покрывающие породы) – 4,2 кПа;

для блоков 2 и 3 (выветрелые породы) – 58,9 кПа;

для блоков с 4 по 7 (свежие породы) – 81,7 кПа.

На чертеже измеряем длины основания каждого блока (рис.3.6, Г). Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем значение силы сцепления ($F_j^{\text{сц}}$) по формуле:

$$F_j^{\text{сц}} = k_j \cdot l_j\,, \qquad \text{кН}$$

где k_j – сцепление в блоке j, кПа;

l_j – длина основания блока, м.

Полученные значения записываем в таблицу 3.2.

Вычисляем суммы удерживающих и сдвигающих сил по всей линии скольжения (см. таблицу 3.2)

Таблица 3.2 Пример расчета сил по линии скольжения

№ блока (J)	Площадь блока J,(S_J), м^2	Угол наклона (β_J), град.	Сила тяжести в блоке P_J, кН	Нормальная сила (N_J), кН	Касательная сила(T_J), кН	Сила трения ($F_J^{\text{тр}}$), кН	Сцепление в блоке J (K_J), кПа	Длина основания блока(L_J), м	Сила сцепления ($F_J^{\text{сц}}$), кН
1	45	63	1192,5	541,4	1062,5	370,7	4,2	7,0	29,2
2	162	57	4293,0	2338,1	3600,4	1601,0	58,9	15,0	883,8
3	265	51	7022,5	4419,4	5457,5	3026,0	58,9	15,0	883,8
4	439	43	11633,5	8508,2	7934,0	5825,7	81,7	17,0	1388,4
5	427	36	11315,5	9154,4	6651,1	6268,2	81,7	15,0	1225,1
6	354	29	9381,0	8204,8	4548,0	5617,9	81,7	14,0	1143,4
7	141	23	3736,5	3439,5	1460,0	2355,1	81,7	13,0	1061,7
$\sum$сил					30713,5	25064,6			6615,4

Вычисляем значение коэффициента запаса устойчивости.

$$\eta_{\text{р}} = \frac{\sum F_j^{\text{тр}} + \sum F_j^{\text{сц}}}{\sum T_j} = \frac{25064{,}6 + 6615{,}4}{30713{,}5} = \frac{31680{,}0}{30713{,}5} = 1{,}03$$

ВЫВОД:

Так как, в данном случае, рассчитанный коэффициент запаса устойчивости больше единицы, можно утверждать, что борт устойчив.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. - Л: ВНИМИ, 1972, -166 с.
2. С. В. Исаков, О. В. Мусихина, Р. С. Ганиев. Методические указания по определению оптимальных параметров конструкции нерабочего борта карьера. г. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2014 г.–27 с.
3. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости (утв. Госгортехнадзором СССР 21.07.1970).
4. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. - М: Недра, 1975, -279 с.
5. Черчинцева Т.С. Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Основы геомеханики» для студентов специальности 090500. – Магнитогорск: МГТУ, 2004,-43с.
6. Шелест А.Т., Беляев В.Л. Геомеханика: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 2001,-186 с.
7. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. - М.: МГТУ, 2003 г.
9. Обоснование параметров устойчивых откосов борта карьера и его уступов /Методические указания/ - Магнитогорск МГТУ, 2003, -12с.
10. Фисенко Г.Л. Руководство по определению оптимальных углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов Л. -1962.
11. Зотеев О. В., Осинцев В.А. Геомеханика. Учеб. пособие. -Екатеринбург: УГГГА, 1997.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Исходные данные для самостоятельных занятий

В ходе инженерно-геологического районирования борта проектируемого карьера установлено, что породный массив сложен тремя типами горных пород (рис. П1), которые располагаются горизонтальными слоями выдержанной мощности (m_1, m_2 и m_3).Таким образом, погашенный борт карьера включает в себя три участка (таблица П1). В пределах каждого участка породный массив считается изотропным[1].

Рис.П1 Схема инженерно-геологического районирования борта карьера

Так как точность определения прочностных характеристик в реальных условиях ограничена высокой изменчивостью горных пород, то в геомеханических расчетах производят переход от исходных прочностных характеристик к расчетным.

Расчетные значения физико-механических свойств пород для каждого из участков борта приведены в таблице П1.

[1]**Изотропная среда** — такая область пространства (в данном случае, массива горных пород), физические свойства которой не зависят от направления.

Таблица П1 Физико-механические свойства пород по вариантам

варианты с 1 по 10-й

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметры нерабочего борта карьера										
Высота H, м										
Угол откоса $\varphi_б^к$., град.										
Коэффициент запаса устойчивости η										
Тип пород и их расчетные характеристики										
1. Покрывающие породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_1, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_1, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_1, град.										
2. Выветрелые скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										
3. Свежие скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										

Продолжение 1таблицы П1

варианты с 11 по 20-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметры нерабочего борта карьера										
ВысотаH, м										
Угол откоса $\varphi_б^к$., град.										
Коэффициент запаса устойчивости η										
Тип пород и их расчетные характеристики										
1. Покрывающие породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_1, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_1, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_1, град.										
2. Выветрелые скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										
3. Свежие скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										

Окончание таблицы П1

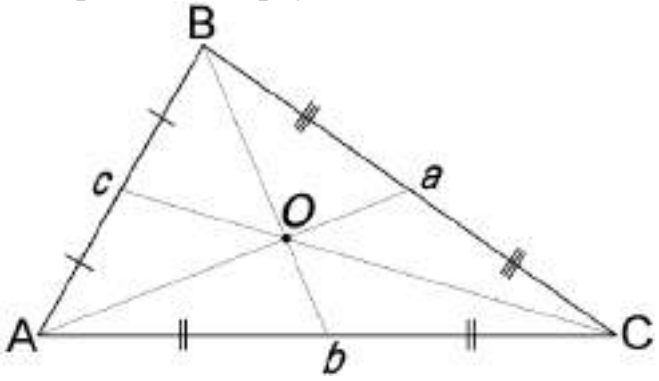
варианты с 21 по 30-й

Тип пород и их свойства	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметры нерабочего борта карьера										
Высота H, м										
Угол откоса $\varphi_{б.}^{к}$, град.										
Коэффициент запаса устойчивости η										
Тип пород и их расчетные характеристики										
1. Покрывающие породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_1, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_1, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_1, град.										
2. Выветрелые скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										
3. Свежие скальные породы										
– мощность слоя пород m_1, м										
– удельный вес ψ_2, кН										
– расчетный коэффициент сцепления пород k_2, кПа										
– расчетный угол внутреннего трения ρ_2, град.										

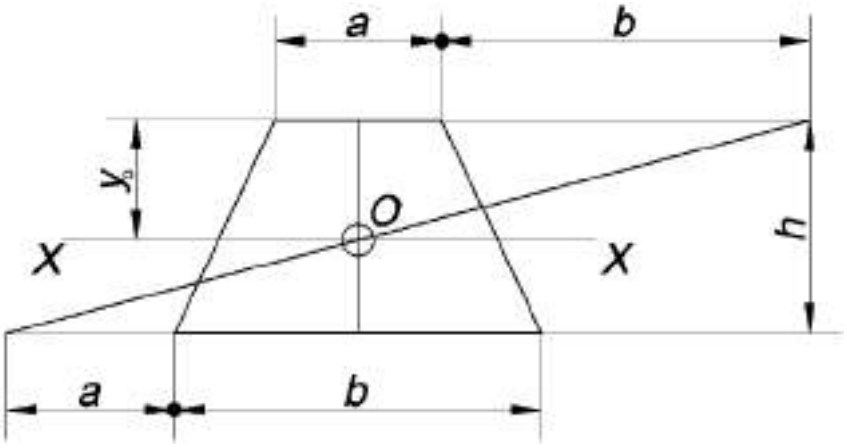
Для реальных инженерных расчетов исходные данные принимаются по результатам испытаний проб в процессе геологоразведочных работ, либо по справочным данным (Приложение 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 –ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ

Центр тяжести треугольника



Центр тяжести трапеции



$$y_o = \frac{h}{3} \cdot \frac{2b + a}{a + b}$$

Учебное издание

Сергей Владимирович Исаков
Александр Львович Костин
Ярослав Владимирович Лушников

ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Геомеханика»
для студентов специальности
130400.65 – «Горное дело»
специализации «Открытые горные работы»

Редактор *С. Ф. Правдин*
Корректура, компьютерная верстка *С. Н. Важениной*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. _____. Тираж 150. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 19.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 6

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.09.02 «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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 и выполните рекомендованные упражнения. 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Тема 1: Основные положения гидромеханизации открытых разработок

1. Процессы гидромеханизации при производстве открытых горных работ, при разработке россыпных месторождений, при добыче строительных материалов.
2. Физико-механические свойства пород, обуславливающие эффективность гидромеханизации: плотность, пористость, естественная влажность, пластичность глинистой составляющей пород, удельное сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент разрыхления, абразивность.
3. Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси, способы его отражения. Неоднородность гранулометрического состава. Модуль крупности песчаной составляющей ПГС.
4. Принципиальная схема гидромониторной разработки, состав основного оборудования.
5. Принципиальная схема земснарядной разработки, основные части землесосного снаряда.

Тема 2: Теория и основные процессы гидромониторной разработки месторождений полезных ископаемых (МПИ) открытым способом

6. Гидромониторы.
7. Расчёт необходимого количества рабочих гидромониторов.

8. Структура и параметры гидромониторной струи.
9. Параметры забоя при гидромониторном размыве. Определение среднего удельного расхода воды для размыва.
10. Классификация схем водоснабжения гидравлических установок. Расчёт необходимого количества напорной воды.
11. Деривационное водоснабжение гидравлических установок. Основные ГТС при деривационном водоснабжении.
12. Насосное водоснабжение гидравлических установок. Основное оборудование насосного водоснабжения.
13. Трубы, арматура и фасонные части водоводов.
14. Рабочие характеристики насосов и водоводов при напорном водоснабжении.
15. Перемещение твёрдых частиц потоком воды - гидротранспорт породы. Режим транспортирования твёрдых частиц породы.
16. Характеристика пульпы. Критическая скорость транспортирования пульпы.
17. Порядок расчёта напорного гидротранспорта пульпы.
18. Выбор типа грунтового насоса. Определение необходимого расхода и напора пульпы.
19. Технология гидроотвалообразования. Классы ответственности гидроотвалов как ГТС.
20. Строение гидроотвала. Расчёт вместимости гидроотвала.
21. Водоснабжение сооружения на гидроотвале.
22. Расчёт осаждения минеральных частиц в прудке-отстойнике гидроотвала.
23. Сущность и классификация способов вскрытия при гидромониторной разработке. Системы гидромониторной разработки.
24. Система гидромониторной разработки встречным забоем: схема, условия применения, характеристика.
25. Системы гидромониторной разработки попутным забоем: схемы, условия применения, характеристика.

Тема 3: Теория и основные процессы разработки МПИ землесосными снарядамиц

26. Основные технологические параметры землесосного снаряда: подача, напор, глубина черпания, класс Речного Регистра, типы грунтозаборного устройства. Геометрические размеры корпуса земснаряда.
27. Типы грунтовых насосов земснарядов. Основные рабочие параметры, их взаимозависимость. Сущность кавитации при перекачивании гидросмесей.
28. Виды механических и гидравлических рыхлителей при грунтозаборе землесосными снарядами.
29. Оборудование перемещения земснаряда.
30. Пульповоды и водоводы земснаряда.
31. Технология выемки грунта в забое земснаряда с механическим рыхлителем.
32. Склады и штабели ПГС при земснарядной разработке: способы намыва, карты намыва, водосбросные сооружения.

Тема 4-5: Вскрытие и системы гидромеханизированной разработки МПИ. Основные процессы разработки МПИ дражным способом.

33. Классификация и основные части драги. Забой драги.
34. Характеристика основных узлов и оборудования драги: понтон, черпаки и черпаковая рама.
35. Оборудование обогащения песков на драге: барабанный дезинтегратор, шлюзы, отсадочные.

36. Транспортно-отвальное оборудование драги. Маневрирование драги в забое.
37. Размещение эфельного отвала в дражном разрезе. Подэфеливание. Условия нормальной работы (без подэфеливания).
38. Расчёт производительности драги.
39. Расчёт длины черпаковой драги по условию полноты выемки песков.
40. Вскрытие и системы дражной разработки россыпных месторождений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Ялтанец, И.М. Гидромеханизированные и подводные горные работы. Кн. 1. - Разработка пород гидромониторами и землесосными снарядами: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело". - М.: МГГУ, 2006. - 546 с.	21
2	Багазеев В. К., Валиев Н. Г. Гидромеханизация: Разработка песчано-гравийных месторождений землесосными снарядами: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2006. - 152 с.	30
3	Нурок Г. А. Процессы и технология гидромеханизации открытых горных работ. - М.: Недра, 1985. - 472 с.	22
4	Лешков В. Г. Современная техника и технология дражных работ. - М.: Недра, 1971. -288 с.	24

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
5	Ялтанец, И.М. Справочник по гидромеханизации. -М.:Изд. «Горная книга», 2008. – 673с.	3
6	Бессонов Е. А. Технология и механизация гидромеханизированных Справочное пособие для инженеров и техников. - М.: Центр, 1999. – 544 с.	2
7	Лезгинцев Г. М. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчетов. - М.: Наука, 1968. - 220 с. _	44

3.3 Нормативные правовые акты

1. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ-06-111-03). Книга 2 [Текст]
   - Москва НПО ОБТ, 2003
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях, объектах строительства подземных сооружений, склонных и опасных по горным ударам (06-329-99), утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 24.11.99, №86.
3. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче / Роскомдрагмет, Иргоредмет; утв. 21.12.1993.-Иркутск, 1994,-266 с.

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

1. Российская государственная библиотека www.rsl.ru. Leninka.ru
2. Федеральный портал «Российское образование» www.katalog.ru

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ»

Тема 1: Основные положения гидромеханизации открытых разработок (ОГР)

Процессы гидромеханизации при производстве открытых горных работ, при разработке россыпных месторождений, при добыче строительных материалов.

Физико-механические свойства пород, обуславливающие эффективность гидромеханизации: плотность, пористость, естественная влажность, пластичность глинистой составляющей пород, удельное сцепление, угол внутреннего трения, коэффициент разрыхления, абразивность.

Гранулометрический состав песчано-гравийной смеси, способы его отражения. Неоднородность гранулометрического состава. Модуль крупности песчаной составляющей ПГС.

Принципиальная схема гидромониторной разработки, состав основного оборудования.

Принципиальная схема земснарядной разработки, основные части землесосного снаряда.

Тема 2: Теория и основные процессы гидромониторной разработки месторождений полезных ископаемых

Гидромониторы.

Расчёт необходимого количества рабочих гидромониторов.

Структура и параметры гидромониторной струи.

Параметры забоя при гидромониторном размыве. Определение среднего удельного расхода воды для размыва.

Классификация схем водоснабжения гидравлических установок. Расчёт необходимого количества напорной воды.

Деривационное водоснабжение гидравлических установок. Основные ГТС при деривационном водоснабжении.

Насосное водоснабжение гидравлических установок. Основное оборудование насосного водоснабжения. Трубы, арматура и фасонные части водоводов. ,

Рабочие характеристики насосов и водоводов при напорном водоснабжении, j. Перемещение твёрдых частиц потоком воды - гидротранспорт породы. Режим транспортирования твёрдых частиц породы.

Характеристика пульпы. Критическая скорость транспортирования пульпы.

Порядок расчёта напорного гидротранспорта пульпы.

Выбор типа грунтового насоса. Определение необходимого расхода и напора воды.

Технология гидрообразования. Классы ответственности гидроотвалов как ГТС.

Строение гидроотвала. Расчёт вместимости гидроотвала.

Водосбросные сооружения на гидроотвале.

Расчёт осаждения минеральных частиц в прудке-отстойнике гидроотвала.

Тема 3: Теория и основные процессы разработки МПИ землесосными снарядами

Основные технологические параметры землесосного снаряда: подача, напор, глубина разработки, класс Речного Регистра, типы грунтозаборного устройства. Геометрические размеры корпуса земснаряда.

Типы грунтовых насосов земснарядов. Основные рабочие параметры, их взаимозависимость. Сущность кавитации при перекачивании гидросмесей.

Виды механических и гидравлических рыхлителей при грунтозаборе землесосными снарядами. Оборудование перемещения земснаряда.

Пульповоды и водоводы земснаряда.

Технология выемки грунта в забое земснаряда с механическим рыхлителем.

Склады и штабели ПГС при земснарядной разработке: способы намыва карты намыва, водосбросные сооружения.

Тема 4: Вскрытие и системы гидромеханизированной разработки МПИ

Сущность и классификация спосооов вскрытия при гидромониторной разработке. Системы гидромониторной разработки.

Система гидромониторной разработки встречным забоем: схема, условия применения, характеристика.

Системы гидромониторной разработки попутным забоем: схемы, условия применения, характеристика.

Тема 5: Основные процессы разработки МПИ дражным способом

Классификация и основные части драги. Забой драги.

Характеристика основных узлов и оборудования драги: понтон, черпаки и черпаковая рама.

Оборудование обогащения песков на драге: барабанный дезинтегратор, шлюзы, отсадочные.

Транспортно-отвальное оборудование драги. Маневрирование драги в забое.

Размещение эфельного отвала в дражном разрезе. Подэфеливание. Условия нормальной работы (без подэфеливания)

Расчёт производительности драги.

Расчёт длины черпаковой рамы драги по условию полноты выемки песков.

Вскрытие и системы дражной разработки россыпных месторождений.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.В.09.03 МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н.; Стариков А.Д., к.т.н., доцент;

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ 3
1. Сбор случайных данных 3
2. Первичная обработка одномерной информации 4
3. Построение гистограммы распределения 5
4. Определение эмпирических моментов 7
5. Проверка правильности статистической гипотезы о соответствии распределения случайной величины нормальному закону 10
ПРИЛОЖЕНИЯ 15

ВВЕДЕНИЕ

Цель выполнения работы

Освоение методов сбора и обработки случайных данных.

Краткая теория

Проблема статической обработки информации многогранна. Задачи, связанные с ней, имеются и в области управления технологическими процессами, и в области управления производством в целом, они актуальны также в экономике, социологии при проведении научно-экспериментальных исследований и т.д.

Сама обработка информации необходима для того, чтобы иметь возможность управлять ходом процессов и явлений. На управляемые процессы воздействует бесчисленное множество случайных факторов, которые невозможно учесть, поэтому обработка информации должна иметь статистический характер. Задачей этой статистической обработки является выявление тенденций в развитии тех или иных процессов и явлений и повышении достоверности получаемых сведений.

Задача статистической обработки информации является весьма сложной, многоплановой и требующей больших временных и материальных затрат. Поэтому важна обоснованность требований, предъявляемых к качеству статистической обработки информации-достоверности и оперативности.

ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Сбор случайных данных

Случайные величины - величины, способные принимать в результате опыта то или иное неизвестное заранее значение.

С вероятностной точки зрения случайная величина полностью описана в том случае, если для каждого конкретного значения *(x)*, случайной величины (*X)* указана вероятность его появления *(p)*.

Различают два типа случайных величин:

- непрерывная величина может быть описана только функцией распределения вероятностей

- дискретная величина - таблицей, связывающей конкретное значение случайной величины с вероятностью появления этого значения. Графически дискретная величина наиболее часто изображается с помощью полигона частот или гистограммы.

Сбор случайных данных осуществить в зависимости от указаний преподавателя одним из двух способов:

а) Получить заранее подготовленные исходные данные в соответствии с вариантом;

б) Выбрать явление, характеризующееся случайной величиной предположительно подчиняющееся нормальному закону распределения (например, антропологические данные – рост, вес и т.п.). Согласовать свой выбор с преподавателем. Провести не менее 20 опытов (измерений), результаты записать в виде таблицы.

2. Первичная обработка одномерной информации

2.1. Построить график реализации случайной величины x (рис.1)

2.2. По графику определяют максимальное и минимальное значение случайной величины x_{min} и x_{max}.

2.3. Вычислить разброс ряда по формуле:

$$R = x_{max} - x_{min}$$

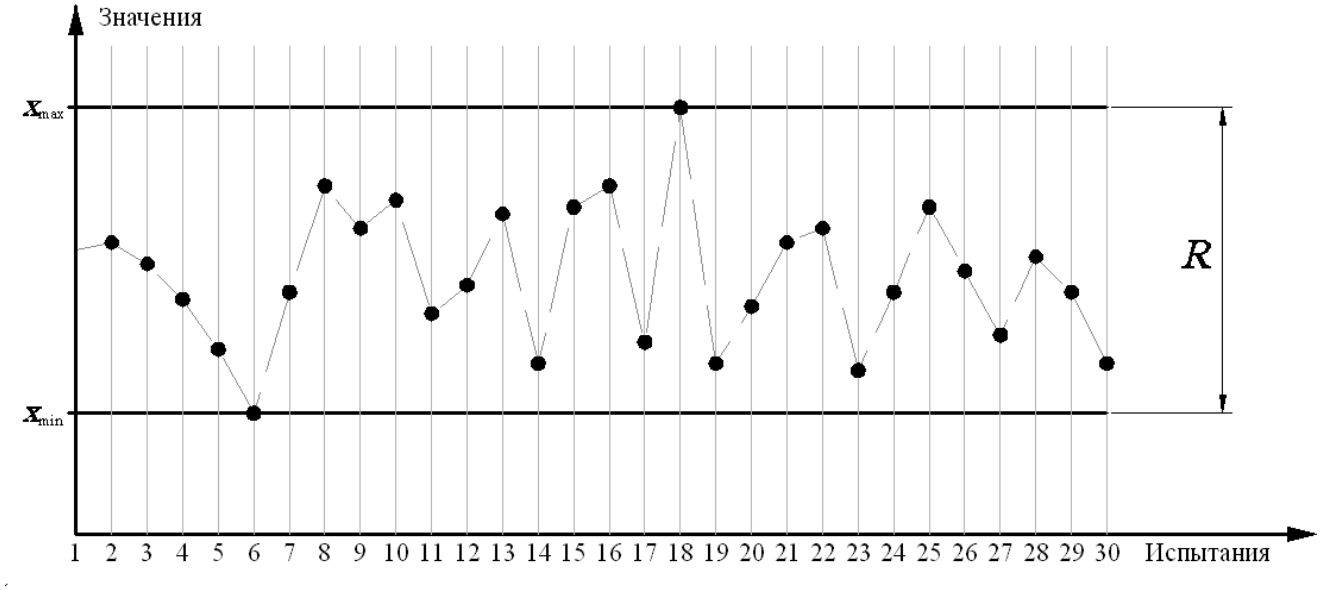


Рис.1. Пример графика реализации случайной величины

3. Построение гистограммы распределения

Гистограммой называется полигон частот для случайных величин, сгруппированных по интервалам возможных значений

3.1. Определить количество интервалов:

Величины интервалов определяются эмпирическими правилами:

- в каждый интервал должно попасть не менее 5 наблюдений,
- общее количество интервалов должно быть не менее 5-7.

Ориентировочное значение числа интервалов может быть определено по формуле Г.А. Стерджесса:

$$n = 1 + 3.322 * lg\ (N) \qquad (3.1)$$

где N - количество измерений (объем выборки).

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа и проверяется на вхождение в пределы от 5 до 7 (рис.2).

3.2. Вычислить размер интервала:

$$h = R / n \qquad (3.2)$$

3.3. Определить границы интервалов и вписать соответствующие значения в табл.1. столбец I.

3.4. Определить значения середин интервалов и вписать в табл.1. столбец II.

3.5. На график реализации случайной величины нанести горизонтали соответствующие границам интервалов (рис.2.). Частоту попадания случайной величины в каждый интервал ($x_э$) подсчитать и зафиксировать в табл.1. столбец III. Пример заполнения табл. 1. приведен в табл.2.

3.6. По данным столбца III, табл.1. построить гистограмму распределения случайной величины (рис.3.).

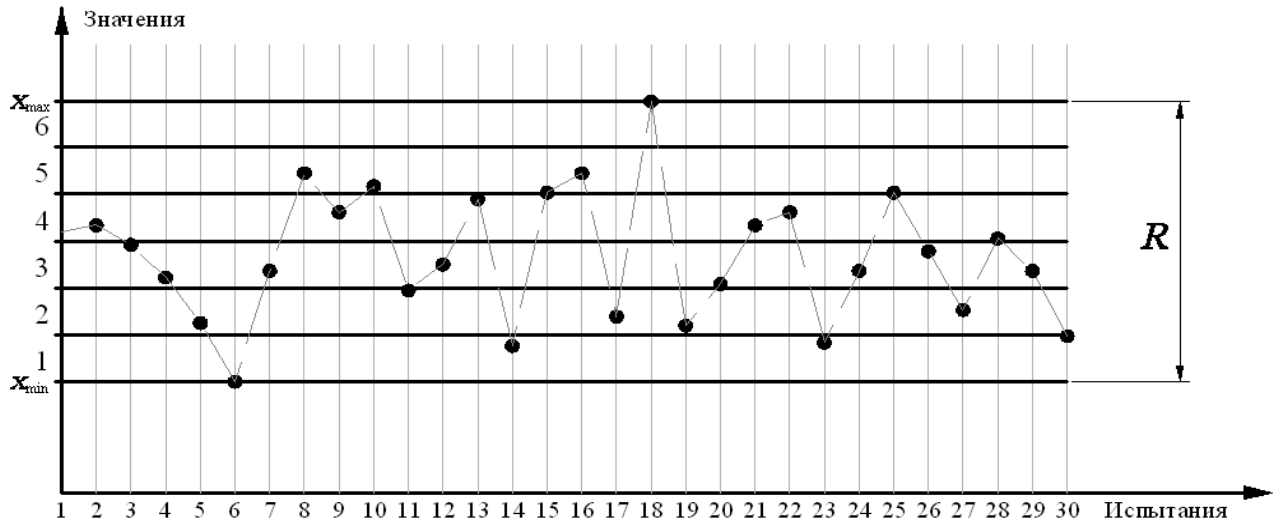


Рис.2. Пример графика реализации случайной величины
с нанесенными границами интервалов (n’ = 6)

Пример 1:

В результате серии из 5 опытов получен следующий ряд реализации случайной величины:

1;2;3;4;5

В этом случае:

Xmin=1

Xmax=5

$R = x_{max} - x_{min} = 5 - 1 = 4$

$n' = 1+3{,}322 \cdot \lg 5 = 3{,}000043 \approx 3$

$h = 4/3 = 1{,}333(3) \approx 1{,}34$

Таким образом, получаем три интервала:*

[1.00;2.34) или (-∞; 2.34)

[2.34;3.68)

[3.68;5.02) или [3.68; +∞)

Середины интервалов:

1 интервал – (1.00+2.34)/2 = 1.67

2 – (2.34+3.68)/2 = 3.01

3 – (3.68+5.02)/2 = 4.35

* [- число входит в интервал;
) - число не входит в интервал.

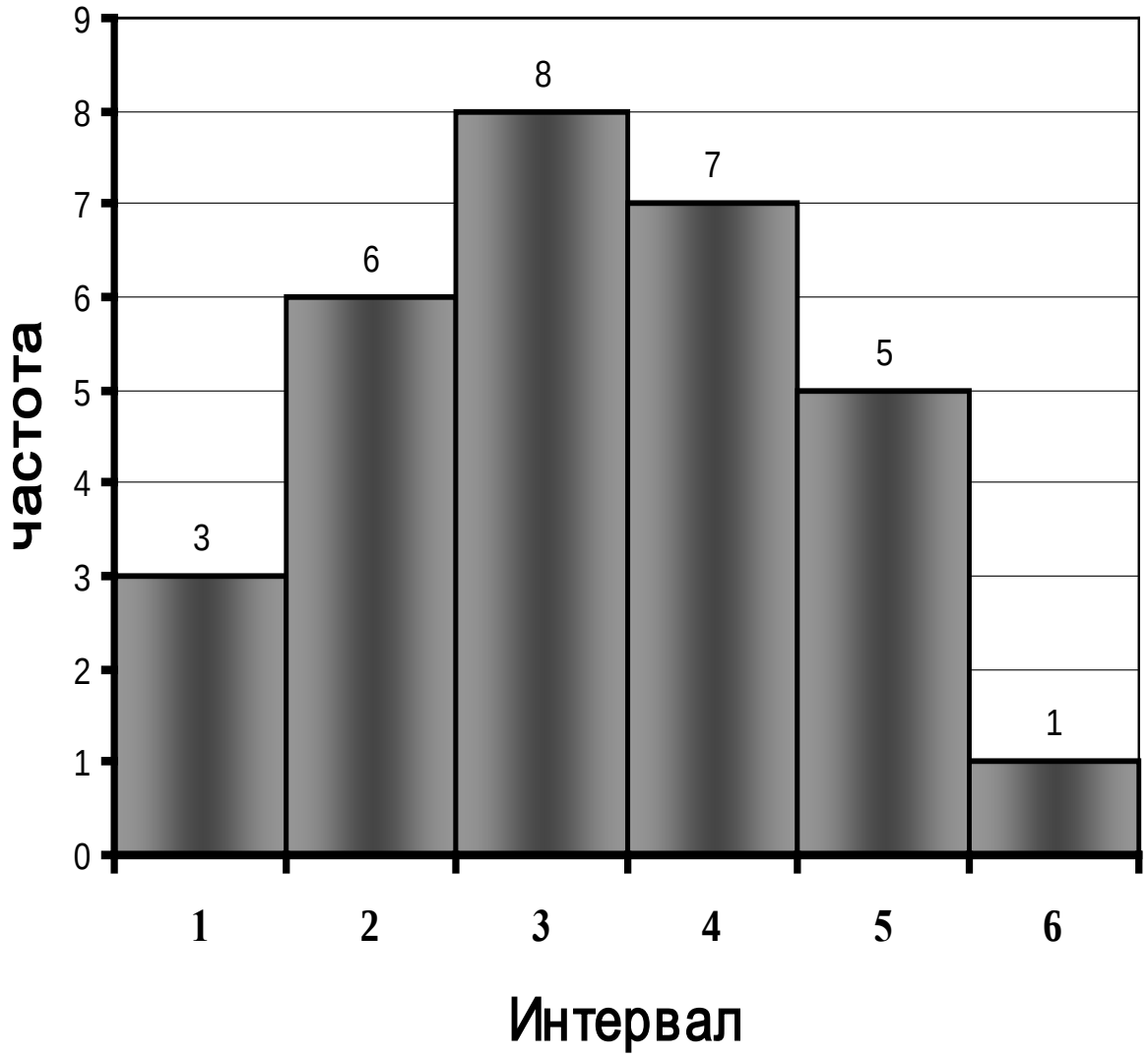


Рис.3. Гистограмма распределения случайной величины

4. Определение эмпирических моментов

Эмпирическим моментом *k*-го порядка называется математическое ожидание *k*-х степеней разностей случайной величины и какой-либо константы:

$$\mu_k = M\left[(x_i - c)^k\right] \qquad (4.1)$$

Если константа с совпадает с началом отсчета значений случайной величины, то момент распределения называют начальным, если константа с равна математическому ожиданию случайной величины, то такой момент называется центральным. В

случае условного выбора значения константы говорят об условном моменте распределения.

4.1. Математическим ожиданием случайной величины называется сумма произведений всех значений случайной величины на их вероятности. Математической ожидание является начальным моментом первого порядка:

$$M(x) = \mu_1 = M\left[(x_i - 0)^1\right] = \Sigma x_i \cdot p(x_i) \approx \frac{\Sigma x_i}{N} \qquad (4.2)$$

4.2. Центральный момент второго порядка является дисперсией. Под дисперсией случайной величины понимается математическое ожидание квадрата разности между случайной величиной и ее математическим ожиданием:

$$D(x) = \mu_2 = M\left[(x_i - M(x))^2\right] \approx \frac{\Sigma(x_i - M(x))^2}{N} \qquad (4.3)$$

4.3. Для практических целей также широко используются среднеквадратическое (стандартное) отклонение σ:

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \qquad (4.4)$$

4.4. Асимметрия характеризует меру скошенности кривой плотности распределения относительно от ее максимума (моды*)

- Если асимметрия равна нулю, то кривая плотности распределения симметрична относительно своего максимума.
- Положительная асимметрия говорит о том, что распределение случайной величины характеризуются повышенной частотой появления значений больших, чем значение, соответствующее наиболее вероятному (максимуму кривой плотности распределения вероятностей).
- Отрицательная асимметрия, напротив, свидетельствует о большем количестве отрицательных отклонений.

---

* ***Мода*** - наиболее вероятное значение случайной величины. В тех случаях, когда кривая плотности распределения, построенная по результатам проведенных измерений, имеет несколько локальных максимумов, то говорят о полимодальном распределении случайной величины. Это может быть обусловлено как неверно выбранным интервалом группирования при построении гистограммы или малым количеством измерений, не отражающим генеральную совокупность, так и грубыми ошибками измерений или регистрацией в одной выборке значений, обусловленных различными факторами.

Ассиметрия – центральный момент третьего порядка:

$$A(x) = \mu_3 = M\left[\left(x_i - M(x)\right)^3\right] \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^3}{N} \qquad (4.5)$$

4.5. Эксцесс используется для характеристики островершинности кривой плотности распределения. Эксцесс – центральный момент четвертого порядка:

$$Э(x) = \mu_4 = M\left[\left(x_i - M(x)\right)^4\right] \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^4}{N} \qquad (4.6)$$

<u>Пример 2</u>:

*Для упрощения процесса вычислений эмпирических моментов удобно воспользоваться таблицей (см. табл.3.). В этом случае значения в столбцах начиная с III определяется путем умножения предыдущего столбца на столбец II (III = II * II, IV = III * II, V = IV * II).*

При проведении вычислений можно воспользоваться электронными таблицами. Пример организации вычислений в среде MS Excel приведен на рис.4.

Полученные таким образом значения сумм Σx, $\Sigma(x\text{-}xcp)^2$, $\Sigma(x\text{-}xcp)^3$ и $\Sigma(x\text{-}xcp)^4$ подставляются в соответствующие формулы для определения эмпирических моментов.

В данном случае:

$$M(x) = \mu_1 \approx \frac{\Sigma x_i}{N} = \frac{15}{5} = 3$$

$$D(x) = \mu_2 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^2}{N} = \frac{10}{5} = 2$$

$$\sigma = \sqrt{D(x)} = \sqrt{2} \approx 1{,}41$$

$$A(x) = \mu_3 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^3}{N} = \frac{0}{5} = 0$$

То что A = 0, означает, что кривая плотности распределения симметрична относительно своего максимума.

$$Э(x) = \mu_4 \approx \frac{\Sigma\left(x_i - M(x)\right)^4}{N} = \frac{34}{5} = 6{,}8$$

Таблица 3.

Результаты вычисления эмпирических моментов

Измерение	x	(x-M(x))	$(x- M(x))^2$	$(x- M(x))^3$	$(x- M(x))^4$
	I	II	III	IV	V
1.	1	-2	4	-8	16
2.	2	-1	1	-1	1
3.	3	0	0	0	0
4.	4	1	1	1	1
5.	5	2	4	8	16
∑	15	0	10	0	34
∑ / N	3	0	2	0	6,8

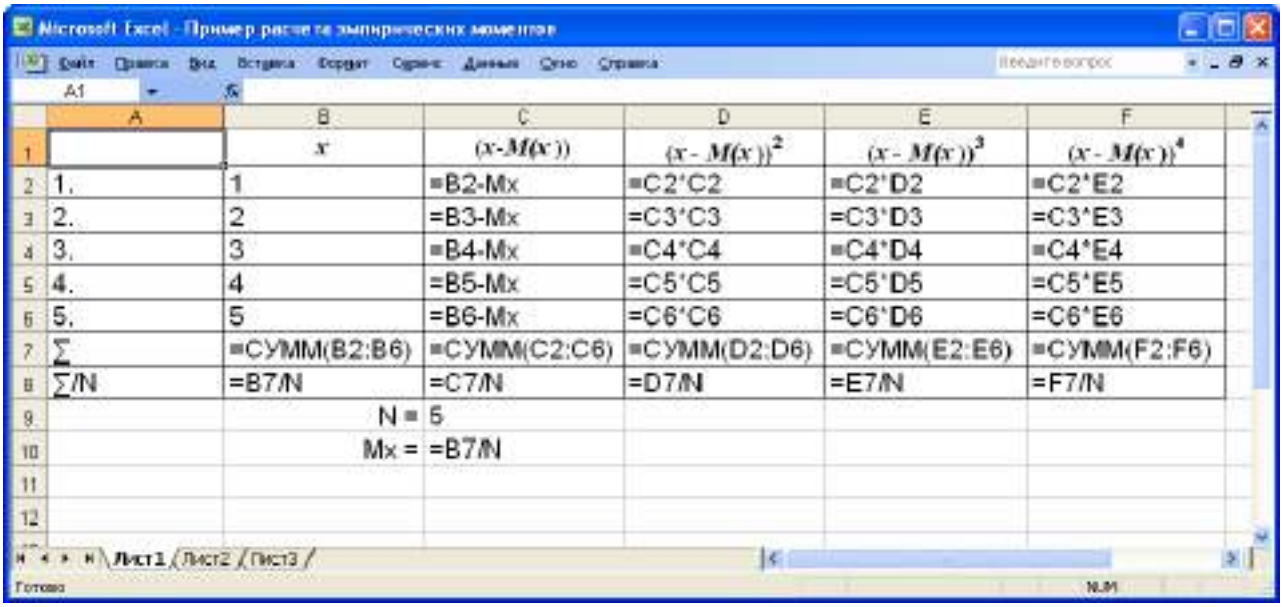


Рис. 4. Пример расчета данных для определения эмпирических моментов с использованием среды MS Excel

5. Проверка правильности статистической гипотезы о соответствии распределения случайной величины нормальному закону

Закон распределения - любое соотношение, устанавливающее связь между значением случайной величины и вероятностью ее появления.

Нормальным называется распределение вероятностей непрерывной случайной величины, которое описывается плотностью вероятности:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \qquad (5.1)$$

где a – математическое ожидание случайной величины.

Нормальный закон распределения также называется законом Гаусса.

График плотности нормального распределения называется нормальной кривой или кривой Гаусса (рис.5.).

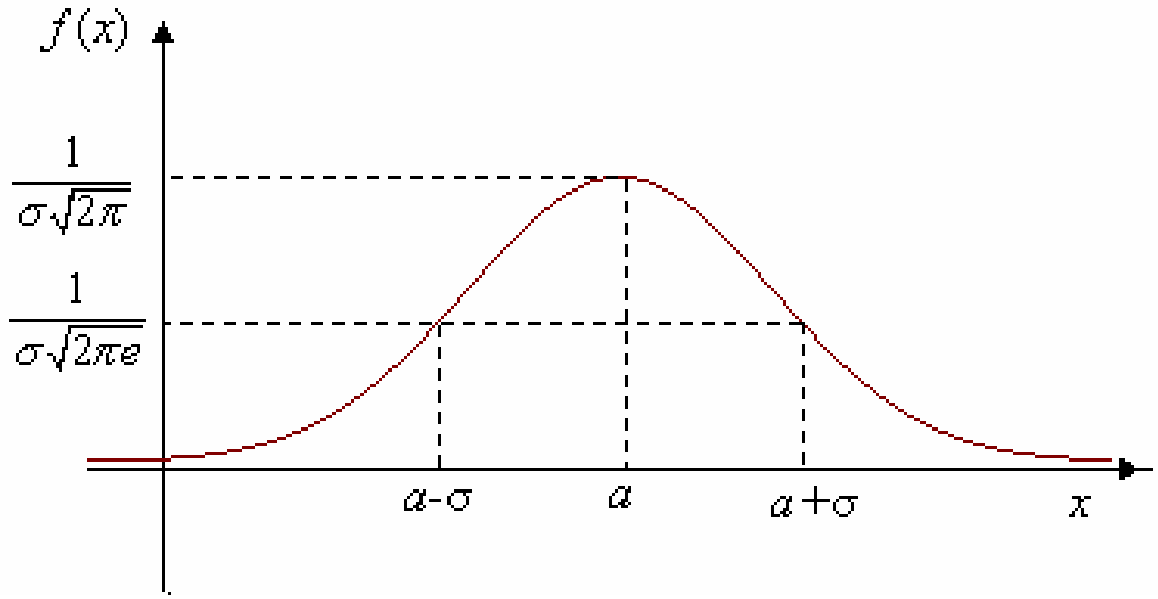


Рис. 5. Кривая нормального распределения

Часто необходимо знать закон распределения генеральной совокупности. Если он неизвестен, но есть основания предположить, что он имеет определенный вид (назовем его «З»), выдвигают гипотезу: генеральная совокупность распределена по закону «З». Таким образом, в этой гипотезе речь вдет о виде предполагаемого распределения.

Статистической называют гипотезу о виде неизвестного распределения или о параметрах известных распределений.

В качестве количественной оценки согласия выбранного теоретического закона распределения с полученной кривой обычно используется критерий А.Н. Колмогорова.

5.1. На основании формы гистограммы распределения случайной величины принимается или отвергается статистическая гипотеза

о соответствии распределения случайной величины нормальному закону. Для этого:

- производится визуальное сравнение формы полученной гистограммы с формой кривой нормального распределения (рис.5.).
- если форма гистограммы близка к форме нормального распределения, делается вывод о принятии статистической гипотезы, в противном случае гипотеза отвергается.

В учебных расчетах проверка гипотезы должна быть продолжена независимо от результатов полученных при выполнении пунктов 5.1. и 5.2., а в описании хода работы после этих пунктов должны быть сделаны соответствующие выводы.

5.2. Вычисляются относительные значения ассиметрии (*А'*) и эксцесса (*Э'*):

$$A'' = \frac{A}{\sigma^3}, \quad Э' = \frac{Э}{\sigma^4} - 3. \qquad (5.2)$$

Если значения *А'* и *Э'* близки к нулю, делается вывод о принятии статистической гипотезы, в противном случае гипотеза отвергается.

5.3. Производится проверка статистической гипотезы с использованием критерия А.Н. Колмогорова.

В столбец IV табл.1. заносятся значения параметра *t*, рассчитанные для каждого интервала по формуле:

$$t = \frac{c - A}{\sigma}, \qquad (5.3)$$

где *c* – середина интервала.

Используя функцию Лапласа (5.4), вычисляются теоретические значения функции распределения для каждого интервала и фиксируются в табл.1. столбец V:

$$F(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \qquad (5.4)$$

где *e* – основание натурального логарифма, *e* ≈ 2,718;

π - число «пи», $\pi \approx 3{,}14$.

Рассчитываются значения теоретических частот попадания случайной величины в интервал (x_m):

$$x_m = F(t) \cdot N \qquad (5.5)$$

Полученные значения округляются до меньшего целого и фиксируются в столбце VI табл.1.

Вычисляются накопленные эмпирические (полученные в результате опыта) и теоретические частоты (столбцы VII, VIII табл.1).

В столбце IX табл.1. приводятся разности накопленных теоретических и эмпирических частот.

Вычисляется величина λ:

$$\lambda = \frac{D}{\sqrt{N}}, \qquad (5.6)$$

где $D = \max\left|x_э - x_m\right|$ - максимум модуля разности между эмпирической и теоретической накопленными частотами (максимальное из значений столбца IX, табл. 1).

Вычисляется критерий Колмогорова:

$$P(\lambda) = 1 - \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-k^2\lambda^2} \qquad (5.7)$$

Значения функции P(λ) приведены в табл. 4.

Таблица 4.

λ	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**	**λ**	**P(λ)**
0,37	1,000	0,47	0,980	0,57	0,901	1,30	0,068
0,38	0,999	0,48	0,975	0,58	0,890	1,40	0,040
0,39	0,998	0,49	0,970	0,59	0,877	1,50	0,022
0,40	0,997	0,50	0,964	0,60	0,864	1,60	0,012
0,41	0,996	0,51	0,957	0,70	0,711	1,70	0,006
0,42	0,995	0,52	0,950	0,80	0,544	1,80	0,003
0,43	0,993	0,53	0,941	0,90	0,393	1,90	0,001
0,44	0,990	0,54	0,933	1,00	0,270	2,00	0,001
0,45	0,987	0,55	0,923	1,10	0,178	2,10	0,000
0,46	0,984	0,56	0,912	1,20	0,120		

Если полученное значение критерия Колмогорова больше чем 0.5, то делается вывод о правильности статистической гипотезы – распределение случайной величины соответствует нормальному закону.

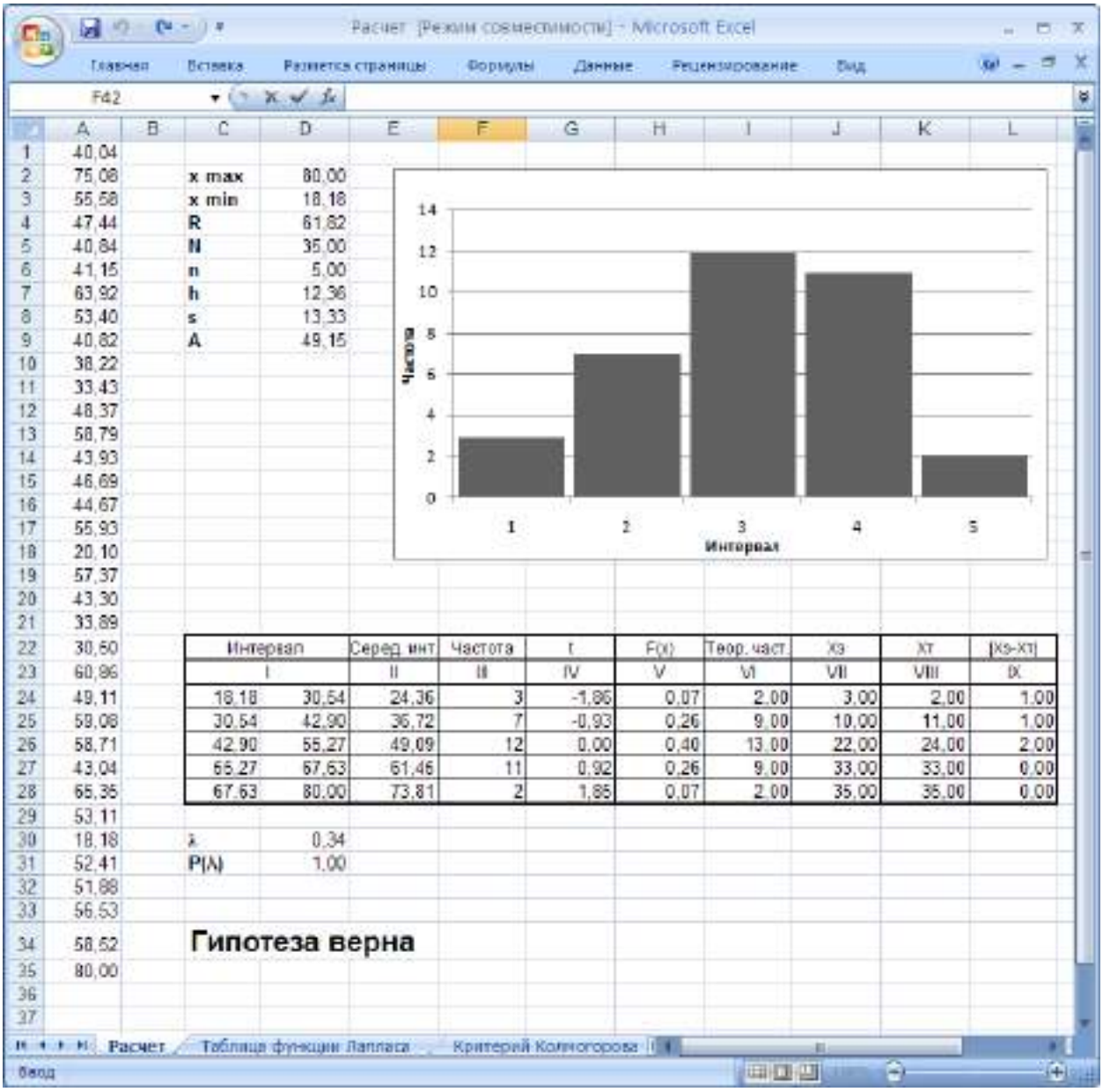
Если значение $P(\lambda)$ меньше 0,5 – гипотеза ошибочна. В этом случае в качестве гипотезы принимается предположение о соответствии распределение случайной величины другому закону распределения и проводится процедура проверки соответствующая этому закону.

	В учебных расчетах при не подтверждении гипотезы работа прекращается, в отчете по расчетно-графической работе делается соответствующий вывод.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Пример проверки статистической
гипотезы с использованием среды MS Excel



1	40,04										
2	75,08		x max	80,00							
3	55,58		x min	18,18							
4	47,44		R	61,82							
5	40,84		N	35,00							
6	41,15		n	5,00							
7	63,92		h	12,36							
8	53,40		s	13,33							
9	40,82		A	49,15							
10	38,22										
11	33,43										
12	48,37										
13	58,79										
14	43,93										
15	46,69										
16	44,67										
17	55,93										
18	20,10										
19	57,37										
20	43,30										
21	33,89										
22	30,50		Интервал		Серед инт	Частота	t	F(x)	Теор. част	Хэ	Хт	[Хэ-Хт]
23	60,86		I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
24	49,11		18,18	30,54	24,36	3	-1,86	0,07	2,00	3,00	2,00	1,00
25	59,08		30,54	42,90	36,72	7	-0,93	0,26	9,00	10,00	11,00	1,00
26	58,71		42,90	55,27	49,09	12	0,00	0,40	13,00	22,00	24,00	2,00
27	43,04		55,27	67,63	61,46	11	0,92	0,26	9,00	33,00	33,00	0,00
28	65,35		67,63	80,00	73,81	2	1,85	0,07	2,00	35,00	35,00	0,00
29	53,11											
30	18,18		λ	0,34								
31	52,41		P(λ)	1,00								
32	51,88											
33	56,53											
34	58,52		Гипотеза верна									
35	80,00											
36												
37												

Приложение 2

Набор случайных величин для самостоятельных занятий

5	52	37	63	53	49	44	69	64	60	36	66	58	51	42	17	30	45	34	35
35	56	48	44	26	54	62	63	51	42	67	59	76	72	51	34	49	39	66	38
45	30	57	26	14	71	41	41	53	57	65	59	49	38	60	49	48	75	60	31
51	85	60	44	36	56	50	27	58	50	34	75	34	70	58	42	47	28	77	57
59	46	41	53	57	60	59	49	33	45	65	23	51	56	47	31	75	71	52	44
37	61	65	46	50	68	21	88	53	25	51	37	65	55	56	37	65	33	32	60
40	34	6	27	63	66	38	32	52	17	32	48	60	57	52	28	48	37	58	42
37	44	36	89	48	93	31	55	30	48	72	25	69	42	39	61	47	37	55	54
37	60	52	70	40	37	54	58	53	44	50	29	60	54	55	57	63	34	53	67
31	67	66	60	35	43	29	29	55	64	52	48	47	42	49	50	35	43	60	43
54	76	28	67	56	43	31	50	39	42	71	52	56	32	50	45	50	62	50	46
60	50	45	62	52	45	76	55	36	45	33	60	75	54	21	43	26	55	33	65
36	55	44	43	45	56	63	63	51	54	63	69	34	55	46	40	34	66	27	47
69	62	60	54	45	66	39	66	39	40	52	82	26	29	51	47	30	40	69	39
74	65	51	65	58	46	40	11	51	75	46	39	53	40	57	74	48	68	13	73
66	27	63	56	58	63	51	57	34	57	59	61	22	67	56	58	29	52	74	27
39	51	69	31	69	48	29	62	36	79	61	67	38	48	10	60	32	46	43	87
56	56	70	48	71	56	35	55	53	47	74	52	53	51	40	46	44	23	62	37
48	57	46	65	53	37	75	67	46	84	37	69	53	48	55	58	25	42	40	46
44	59	60	59	60	34	37	41	57	70	45	51	32	70	38	51	56	48	57	30
59	37	58	54	56	52	31	52	25	79	49	78	59	51	57	58	45	46	25	63
54	61	46	44	65	74	55	92	26	52	66	46	42	41	21	54	46	19	22	48
62	49	53	53	53	64	57	44	15	41	44	39	61	45	67	32	59	55	69	36
55	37	54	41	40	59	62	36	58	49	29	63	66	33	42	53	49	61	37	59
45	62	39	55	39	38	78	41	20	61	35	25	15	44	56	44	47	47	30	52
66	49	30	52	58	62	66	66	42	67	56	60	64	61	67	70	70	51	48	31
57	63	35	34	25	44	19	80	56	26	71	55	47	20	40	46	56	62	20	64
54	31	82	60	35	48	58	95	61	55	55	74	57	42	53	42	52	58	40	52
55	70	53	71	50	50	48	68	73	36	40	38	59	73	55	24	55	23	52	52
56	47	47	38	57	35	50	50	63	48	11	44	45	33	64	59	68	56	56	51
67	61	24	47	73	28	35	38	32	53	32	55	53	57	59	71	57	42	63	45
45	42	32	37	25	61	61	68	6	48	47	63	49	50	60	39	52	30	71	69
52	26	51	62	58	20	59	52	71	67	62	42	46	49	26	56	3	61	60	38
42	49	67	29	31	34	34	71	43	45	63	25	63	39	69	40	41	38	39	65
69	55	52	70	51	59	98	78	67	65	34	45	41	36	79	60	59	22	56	63
48	14	39	47	35	71	50	40	60	70	38	22	61	39	52	63	66	43	51	86
43	69	37	73	33	66	69	48	39	55	52	55	47	18	66	34	41	42	57	52
60	44	69	49	61	25	55	20	57	78	50	58	41	64	56	54	41	65	48	60
47	72	46	51	15	79	67	48	58	44	54	50	52	24	45	39	73	66	77	54
53	38	41	52	67	40	42	59	67	39	37	48	68	53	22	89	27	55	40	36
47	72	54	42	49	46	75	52	65	62	63	54	67	43	73	41	74	59	33	61
62	62	56	42	62	71	65	40	50	20	28	22	44	59	47	36	42	36	60	33
40	53	44	52	56	67	72	74	31	35	52	63	69	28	67	64	46	52	57	48
44	39	49	58	74	57	82	39	51	39	69	49	43	51	53	44	44	36	42	38
44	24	49	19	65	55	52	54	53	61	55	58	61	67	35	47	62	20	48	24
66	44	39	42	25	87	36	28	38	42	62	56	29	40	34	38	52	36	55	31
62	10	55	55	54	54	37	80	39	24	39	40	46	62	41	69	45	59	38	26
37	41	44	51	42	38	31	31	58	65	57	64	12	50	54	73	42	54	60	67
31	47	21	57	40	36	39	37	66	61	25	49	26	76	29	52	77	53	68	47
47	75	54	37	47	44	55	63	11	31	46	41	43	64	66	43	37	52	49	89
47	54	61	29	35	38	30	43	49	55	44	29	54	34	41	64	48	88	38	31
39	42	49	43	47	61	65	46	47	59	59	30	29	60	65	55	45	49	30	47

Сергей Владимирович Исаков
Андрей Дмитриевич Стариков

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОДНОМЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А. Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.09.04 ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация

№3 «Открытые горные работы»

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Кокунин Р.В., к.т.н.
Кокунина Л.В., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией горно-технологического факультета
РМОС	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

1. Методические указания к организации самостоятельной работы студента 3

2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 4

3. Рекомендуемая литература 6

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 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы – 69 часов, заочной – 119 часов.

По курсу «Технология добычи природного камня» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий.

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

Контрольные вопросы и упражнения предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «*Технология добычи природного камня*». Она содержит названия 6 основных тем с указанием основных вопросов и разделов 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. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомиться со структурой темы.

2. По конспекту лекций освоить каждый структурный элемент темы.

3. При необходимости использовать указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы можно получить у преподавателя.

4. Ответить на контрольные вопросы и выполнить рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернуться к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектировать материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

6. Решить указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.

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 И УПРАЖНЕНИЯ

Тема 1. Введение

Цели, задачи дисциплины. История развития, краткое описание направлений развития камнедобывающей отрасли.

Вопросы для самоконтроля:

1. Области применения природного камня.
2. История и направления развития добычи природного камня.

Тема 2. Горные породы как объект разработки и общие сведения о строительных материалах из них

Виды горных пород. Генезис. Горнотехнические условия. Оценка и разведка месторождений облицовочного камня.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие виды горных пород применяются в качестве облицовочного камня.
2. Генезис, условия формирования по видам горных пород, горнотехнические условия, пригодные для разработки месторождений на облицовочный камень.
3. Особенности оценки и разведки месторождений на облицовочный камень.

Тема 3. Основные требования к геологической документации, предъявляемой для подготовки проекта разработки месторождения

Нормативные документы, требования к документации, по геологической оценке, и разведке месторождений облицовочного камня. Работа с документацией по оценке и разведке месторождений облицовочного камня. Выбор исходных данных для проектирования карьеров.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Нормативные документы, основные требования к параметрам оценки и разведки облицовочного камня.

2. Основные принципы работы с документацией по оценке и разведке месторождений на облицовочный камень.

3. Основные документы и методика для формирования исходных данных для проектирования карьеров облицовочного камня.

Тема 4. Схемы вскрытия и способы производства вскрышных работ на месторождениях природного облицовочного камня.

Виды вскрытия с применением транспортных и бестраншейных схем вскрытия месторождений облицовочного камня. Безвзрывные способы подготовки вскрышных пород к выемке. Методы предохранительного взрывания на выветрелых горных породах.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Схемы вскрытия, применяемых при разработке месторождений облицовочного камня.

2. Принципы и технология траншейного и бестраншейного вскрытия месторождений облицовочного камня.

3. Способы подготовки вскрышных пород к выемке.

4. Особенности, технологии безвзрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке.

5. Особенности, технологии взрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке.

Тема 5. Технология подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня.

Способы, основанные на механическом резании горных пород. Резание горных пород специальными методами: струей воды высокого давления, термогазоструйными и плазменными горелками, лазерными установками. Способы подготовки блоков к выемке методом сплошного бурения. Способы подготовки камня к выемке бурением по контуру с последующим механическим и взрывным откалыванием. Управление действием взрыва на массив. Принципы комбинации способов подготовки камня к выемке.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на механическом резании и области их применения.

2. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на бурении горных пород и области их применения.

3. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на альтернативных методах разрушения горных пород и области их применения.

4. Комбинированные способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня и области их применения.

Тема 6. Технологические процессы на добыче блочного камня. Погрузочно-транспортные операции.

Процессы подготовки к выемке облицовочного камня: подготовка к выемке, пассировка, погрузка, транспортирование, складирование кондиционного сырья. Погрузка, транспортирование и складирование некондиции.

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Виды технологических процессов и их особенности на добыче блочного камня.

2. Механизмы, оборудование и техника, применяемая в процессах подготовки к выемке облицовочного камня.

3. Пассировка блочного камня, ее значение, основные требования, учет кондиционных блоков.

4. Некондиционная горная масса, погрузка, транспортирование складирование и учет.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков Г. В. Технология подготовки к выемке вскрышных пород на месторождениях природного камня: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 82 с.

2. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня. – М.: Издательство РАСХН, 2005. – 245 с.

3. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. Учебное пособие / Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка. – СПб.: Санкт-Петербургский горный ин-т,1997. – 428 с.

4. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. – М.: Изд-во МГГУ, 2009. – 622 с.

5. Бычков Г.В. Нетрадиционные схемы вскрытия месторождений природного камня и их классификация // Добыча, обработка, применение природного камня: сб. научн. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2003. - С. 41 – 56.

6. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня. М.: Изд-во РАСХН, 2005. – 245 с.

7. Першин Г.Д., Гуров М.Ю., Чеботарев Г.И. Канатные пилы. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы. Монография. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им Г.И. Носова», 2006. – 152 с.

8. Першин Г.Д., Караулов Г.А., Караулов Н.Г. Добыча блоков мрамора алмазно-канатными пилами. Учебное пособие. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 103 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.09.05 УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Беляев В. Л., старший преподаватель

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Разработка месторождений открытым способом	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю. И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Оглавление

Введение 2
Методические указания по организации самостоятельной работы студента 2
Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения 3
Контрольная работа «Расчет скорости углубки в карьере» 5
Рекомендуемая литература 9

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Управление качеством минерального сырья» объем учебной нагрузки студента составляет 144 часа или 4 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 112 часа, заочной – 128 часов.

По курсу «Управление качеством минерального сырья» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Управление качеством минерального сырья». Она содержит названия 8 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 учебниках по курсу [1,2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1, 2] 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 и выполните рекомендованные упражнения. 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.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

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.

Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения

Тема 1: Основные понятия, формирующие термин «Качество минерального сырья»

Актуальность проблемы. Понятия о квалиметрии. Общие понятия, формирующие термин «качество продукции карьеров» при эксплуатации горного предприятия.

Сведения о качестве продукции горного предприятия. Промышленные требования к качеству продукции карьеров. Оценка уровня качества. Качество полезных ископаемых в недрах. Качество добытого полезного ископаемого. Качество горных работ.

Технико-экономическая сущность качества (ценность) полезного ископаемого. [1, 2]

Дополнительная литература [3-6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Актуальность проблемы качества.
2. Понятие о квалиметрии.
3. Назовите основные факторы формирующие «качество минерального сырья» при эксплуатации горного предприятия.
4. Назовите показатели качества минерального сырья.
5. Какие промышленные требования предъявляются к качеству минерального сырья?
6. Основные понятия и категории, формирующие термин «качество минерального сырья».
7. Какая категория ценности минерального сырья предопределяет комплексное использование недр?
8. Как оптимизируют требования к качеству минерального сырья?

Тема 2: Планирование качества полезного ископаемого

Информация о качестве. Критерии и показатели, качества минерального сырья. Порядок установления кондиций на полезное ископаемое - временных, постоянных, эксплуатационных. Порядок разработки и | утверждения стандарта качества. Показатель комплексной оценки качества полезного ископаемого. Опробование.

Промышленно-экономическая оценка месторождений. Геопотенциал месторождения. Задачи геолого-маркшейдерского обслуживания горных работ на карьерах.

Количественные и качественные потери полезного ископаемого. Методы расчёта потерь. Нормирование потерь. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3-6**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите критерии и показатели качества минерального сырья.
2. Общая схема формирования качества.
3. Элементы системы управления качеством минерального сырья.
4. Задачи геолого-маркшейдерского обслуживания горных работ на карьере.
5. Схема получения информации о качестве минерального сырья.
6. Дайте характеристику количественных и качественных потерь полезного ископаемого при добыче.
7. Назовите методы расчета потерь. Нормирование потерь в черной и цветной металлургии.

Тема 3: Способы формирования качества карьерных рудопотоков

Основные методы стабилизации качества продукции на карьерах. Обеспечение качества в процессе подготовки полезных ископаемых к выемке. Обеспечение качества в процессах добычи. Селекция руд. Усреднение качества полезного ископаемого

Технология и организация внутрикарьерного усреднения. Усреднение руд на промежуточных (прикарьерных) складах. Усреднение руд на складах и в приемных бункерах обогатительных фабрик. [1, 2]

Дополнительная литература **[**3-6**].**

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные методы стабилизации качества минерального сырья на карьерах.
2. Какие дополнительные требования должны соблюдаться к буровзрывным работам в сложных забоях?
3. Назовите способы раздельного взрывания, дайте их краткую характеристику.
4. Чем определяется эффективность того или иного способа раздельного взрывания.
5. Назовите виды селективной разработки горной массы во взорванных сложных забоях.
6. Дайте определение термину «усреднение минерального сырья».
7. Характеризуйте способы усреднения по месту его проведения.

Тема 4: Технология обеспечения заданного качества полезного ископаемого

Управление протяженностью фронта работ при стабилизации качества полезного ископаемого. Управление протяженностью фронта работ при изменении интенсивности отработки и регулировании готовых и подготовленных запасов полезного ископаемого

Технологическая связь карьера и обогатительной фабрики. Взаимосвязь качества полезного ископаемого с технологией открытых горных работ. Контроль качества полезных ископаемых. [1, 2]

Дополнительная литература [3-6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Дайте характеристику систем управления качеством минерального сырья.
2. Технологическая связь взрыва и обогатительной фабрики.
3. Управление горными работами при стабилизации качества.
4. Контроль качества горных работ.
5. Оперативное управление качеством минерального сырья на карьере.
6. Проблемы оперативного обеспечения стабильности минерального сырья при открытой добыче.

Контрольная работа «Расчёт нормативных потерь и разубоживания при разработке горизонтальных залежей»

Цель работы: освоить принципы подсчёта нормативных потерь и разубоживания для рудных месторождений на примере горизонтальной залежи.

Задачи работы:

1. Ознакомиться с технологическими и экономическими показателями, характеризующими процесс добычи и переработки сырой руды в концентрат.
2. Выполнить расчёты потерь и разубоживания по заданным вариантам.
3. Сделать оценку влияния технологии и ценовых факторов на величину потерь и разубоживания.

Условные обозначения:

$V_б$ – утверждённые балансовые запасы сырой руды, млн. т;

$\alpha_б$ – среднее содержание полезного компонента (железа) в балансовых запасах, %

m – мощность залежи, м;

$\gamma_р$ – плотность полезного ископаемого, т/м^3;

$\gamma_п$ – плотность вмещающих пород, т/м^3;

β – среднее содержание железа в концентрате, %;

θ – среднее содержание полезного компонента (железа) в хвостах обогащения, %;

Ц – отпускная цена концентрата, руб./т;

С – себестоимость концентрата, руб./т.

Порядок выполнения работы:

1. Для установления нормативных потерь и разубоживания производится технико-экономическая оценка вариантов ведения горных работ в приконтакных зонах:

вариант 1 – разработка залежи с разубоживанием без потерь;

вариант 2 – разработка залежи полезного ископаемого без разубоживания;

вариант 3 – разработка залежи с потерями (в почве пласта) и разубоживанием (примешивается слой породы в кровле залежи);

Примечание: во всех случаях высота примешиваемого и теряемого слоя принимается равной 0,5 м.

вариант 4 – разработка залежи с разубоживанием без потерь (как вариант 1). Высота примешиваемого слоя в кровле и почве залежи принимается равной 1,0 м.

2. Потери полезного ископаемого ($k_п$) в долях единицы определяются по формуле:

$$k_п = \frac{h_П + h_К}{m}, \text{ ед}$$

где $h_П$, $h_К$ – высота теряемого слоя полезного ископаемого в почве и кровле пласта, соответственно, м;

3. Коэффициент разубоживания ($k_р$) в долях единицы определяется по формуле:

$$k_р = \frac{(h_{ПП} + h_{КП}) \cdot \gamma_П}{m \cdot \gamma_Р}, \text{ ед.}$$

где $h_{ПП}$, $h_{КП}$ – высота примешиваемого слоя породы, соответственно в почве и кровле пласта, м.

4. Объём извлекаемого полезного ископаемого ($V_д$) с учётом потерь и разубоживания:

$$V_д = V_б(1 - k_П + k_Р), \text{ тыс. т.}$$

5. Содержание железа в добытом (с учётом потерь и разубоживания) объёме руды ($\alpha_д$) определяется по формуле:

$$a_д = \frac{V_б \cdot a_б (1 - k_П)}{V_д}, \%$$

6. Выход концентрата ($\gamma_к$) определяется по формуле:

$$\gamma_к = \frac{\alpha_д - \theta}{\beta - \theta}, \text{ ед}$$

Примечание: Выход концентрата ($\gamma_к$) представляет собой отношение массы концентрата ($V_к$ с содержанием железа β) к массе сырой руды ($V_д$ с содержанием железа $\alpha_д$), т.е. значение $\gamma_к$ можно так же определить исходя из уравнений баланса металлов, т.е. равенства железа в исходной (сырой) руде количеству железа в концентрате и в хвостах после обогащения

7. Определяется объём концентрата по вариантам по формуле:

$$V_к = V_д \cdot \gamma_к, \text{ тыс. т}$$

8. Определяем экономические показатели по вариантам:

8.1. Стоимость произведённого концентрата ($C_к$)

$$C_к = Ц_к \cdot V_к, \text{ руб}$$

8.2. Суммарные затраты на добычу, транспорт и обогащение ($C_д$)

$$C_д = C \cdot V_д, \text{ руб}$$

8.3. Прибыль по вариантам

$$П = C_к - C_д$$

Пример расчёта нормативов потерь и разубоживания

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Вариант			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
1	Утверждённые запасы, $V_б$	тыс. т	100	100	100	100
2	Содержание полезного компонента (Fe) в руде, $\alpha_б$	м	40	40	40	40
3	Мощность слоя полезного ископаемого	м	15	15	15	15
4	Мощность теряемого слоя • в почве, $h_П$ • в кровле, $h_К$	 м м	 - -	 0,5 0,5	 0,5 -	 - -
5	Мощность примешиваемого слоя • в почве, $h_{ПП}$ • в кровле, $h_{КП}$	 м м	 0,5 0,5	 - -	 - 0,5	 1,0 1,0
6	Коэффициент потерь $k_п = \frac{h_П + h_К}{m}$		0	0,067	0,033	0
7	Коэффициент разубоживания $k_р = \frac{(h_{ПП} + h_{КП}) \cdot \gamma_П}{m \cdot \gamma_Р}$		0,051	0	0,026	0,103
8	Плотность руды, $\gamma_Р$	т/м^3	3,5	3,5	3,5	3,5
9	Плотность породы, $\gamma_П$	т/м^3	2,7	2,7	2,7	2,7

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
10	Объём извлекаемого полезного ископаемого, $V_д$ $V_д = V_б(1 - k_П + k_Р)$	тыс.т	105,1	93,3	99,3	110,3
11	Содержание полезного компонента (Fe) в добытом объёме руды, $\alpha_д$ $a_д = \frac{V_б \cdot a_б(1 - k_П)}{V_д}$	%	38,06	40,0	38,95	36,26
12	Содержание полезного компонента (Fe) в концентрате, $\beta_к$	%	64	64	64	64
13	Содержание полезного компонента (Fe) в хвостах обогащения, θ	%	6	6	6	6
14	Выход концентрата $\gamma_к = \frac{\alpha_д - \theta}{\beta - \theta}$	ед.	0,553	0,586	0,586	0,522
15	Объём концентрата $V_к = V_д \cdot \gamma_к$	т.т.	58,1	54,7	56,4	57,6
16	Стоимость концентрата $C_к = Ц_к \cdot V_к$ (принято $Ц_К$=3000 руб/т)	млн. руб.	174,3	164,1	169,2	172,6
17	Суммарные затраты на добычу, транспорт и обогащение $C_д = C \cdot V_д$	млн. руб.	157,7	140,0	149,0	165,5
18	Прибыль $П = C_к - C_д$	млн. руб.	16,6	24,1	20,2	7,1

Выводы: по величине прибыли делается вывод об эффективности вариантов при заданной цене концентрата.

Приложение 1

Исходные данные для контрольной работы

№ Вар.	$V_б$, тыс. т	$\alpha_б$, %	m, м	$\gamma_р$, т/м^3	$\gamma_п$, т/м^3	β, %	θ, %	Цк, руб./т	С, руб./т
1	70	47	15	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1500
2	80	46	14	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1500
3	90	45	13	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1500
4	100	44	12	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1500
5	110	43	11	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
6	120	42	10	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
7	130	41	9	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1400
8	140	40	15	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1400
9	150	39	14	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1400
10	160	38	13	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1200
11	170	37	12	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
12	180	36	11	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
13	190	35	10	3,5	2,7	64,0	6,0	4500	1400
14	200	34	9	3,6	2,8	63,5	6,5	4200	1400
15	100	33	15	3,7	2,9	63,0	7,0	3900	1400
16	110	32	14	3,8	3,0	62,5	7,5	3600	1400
17	120	31	13	3,9	3,1	62,0	8,0	3300	1200
18	130	30	12	4,0	3,2	61,5	8,5	3000	1200
19	140	29	11	3,5	3,3	61,0	9,0	2800	1200
20	150	28	10	3,6	3,4	62,0	9,0	3300	1200

Рекомендуемая литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.	32
2.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. Технология открытых горных работ. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2008. - 472 с., илл.	38
3.	Шестаков В. А. Рациональное использование недр. - М: Недра, 1990. – 223 с.	13
4.	Грачёв Ф. Г. Управление качеством сырья на горнорудных предприятиях. – М: Недра, 1997. - 208 с.	5
5.	Ломоносов Г. Г. Формирование качества руды при открытой добыче. – М.: Недра, 1975. – 224 с.	4
6.	Бызов В. Ф. Управление качеством продукции карьеров: Учеб. для вузов. - М.: Недра, 1991. – 239 с: илл.	2

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Багазеев В.К. д.т.н., профессор

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 5

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ». 5

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ» 6

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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 и выполните рекомендованные упражнения. 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Общие определения промывки и обогащения песков. Продукция приисков.
2. Промывистость песков. Простейшие средства промывки.
3. Подъем песков на промывку ленточными конвейерами.
4. Подъем песков на обогащение гидротранспортом.
5. Основные определения дезинтеграции и грохочения песков.
6. Перфорированные дезинтеграторы.
7. Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы.
8. Схематическое устройство шлюзов и отсадочных машин.
9. Основные принципы гравитационного обогащения золота, платины, олова.
10. Обогащение на прямолинейных шлюзах.
11. Шлюзы глубокого наполнения.
12. Шлюзы мелкого и среднего наполнения.
13. Шлюзы для извлечения мелкого золота.
14. Обогащение на отсадочных машинах.

15. Доводка гравитационных концентратов.
16. Основные положения центробежного обогащения.
17. Обогащение золотосодержащих песков на винтовых сепараторах.
18. Безнапорные центробежные концентраторы.
19. Напорные центробежные концентраторы.
20. Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки.
21. Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов.
22. Напорно-гидравлический способ уборки хвостов.
23. Уборка хвостов промывки ленточными отвалообразователями (стакерами).
24. Агрегатно-комплексное построение промывочных установок.
25. Скрубберные промывочные приборы.
26. Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы.
27. Транспортно-обогатительные комплексы для разработки россыпей.
28. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота.
29. Расчетные схемы гравитационного обогащения.
30. Выбор принципиальной схемы обогащения.
31. Порядок расчета качественно-количественной схемы обогащения.
32. Порядок расчета водно-шламовой схемы обогащения.
33. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Багазеев В.К. Промывка песков россыпей: Учебное пособие. - Екатеринбург: Изд. УГГА, 2004. - 177 с.	51
2.	Разработка россыпных месторождений: учебное пособие / В. К. Багазеев, Н. Г. Валиев ; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2008. - 196 с. : ил. - Библиогр.: с. 129. - ISBN 978-5-8019-0175-6	27

3.2 Дополнительная литература

1.	Андреева Г.С., Небера В.П., Горюшкина С.В. Переработка и обогащение полезных ископаемых россыпных месторождений. - М.: Недра, 1992. - 337 с.	10
2.	Богданов Е.И. Оборудование для транспорта и промывки песков россыпей. - М.: НЕдра, - 1978. - 240 с.	21
3.	Замятин О.В., Лопатин А.Г., Санникова Н.П., Чугунов А.Д. Обогащение золотосодержжащих песков и конгломератов. - М.: Недра, 1975. – 264 с.	12
4.	Багазеев В.К. Бульдозерно-экскаваторная разработка россыпных месторождений: Учебное пособие. Свердловск: Изд. СГИ, 1988. – 64 с.	38

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

1. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru, Leninka.ru

2. Федеральный портал "Российское образование" http://www.katalog.ru

3.Международный портал обучающегося Education Community http://autodesk.com/education/free-software.all.

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ»

Тема 1: Производственные процессы промывки и обогащения песков

Промышленная характеристика россыпей. Характеристика полезных минералов. Общие сведения о способах разработки россыпных месторождений. Основные определения промывки и обогащения песков. Промывистость и гидравлическая разрушаемость песков. Методы определения промывистости песков. Классификация россыпей по крупности золота.

Тема 2: Дезинтеграция и грохочение песков

Основные узлы и агрегаты промывочных установок. Подача (подъём) песков на промывку. Способы подачи песков, непосредственная загрузка. Подача песков ленточными конвейерами. Подача песков гидротранспортом. Расчёт напорного гидротранспорта при гидравлической подаче песков грунтовыми насосами.

Основные положения подготовки песков к обогащению. Перфорированные дезинтеграторы. Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы. Основные технологические параметры барабанных дезинтеграторов.

Тема 3: Обогащение песков и извлечение металла

Основные положения гравитационного обогащения. Основная концентрация на шлюзах промывочных приборов. Параметры работы шлюзов. Шлюзы глубокого наполнения. Шлюзы мелкого и среднего наполнения. Шлюзы для извлечения мелкого золота. Извлечение металла при основной концентрации на шлюзах. Основная концентрация на отсадочных машинах. Параметры работы отсадочных машин. Диафрагмовые отсадочные машины. Отсадочные машины с подвижным решетом. Отсадочные машины для улавливания самородков и крупного золота. Извлечение металла при основной концентрации на отсадочных машинах.

Основные положения центробежного обогащения. Обогащение россыпей на винтовых сепараторах. Безнапорные центробежные концентраторы. Напорные центробежные концентраторы.

Особенности разработки обводнённых россыпей. Оборудование промывки и обогащения песков на драге. Схема цепи аппаратов золотодобывающих драг. Схема цепи аппаратов алмазодобывающих драг.

Тема 4: Обоснование и выбор технологической схемы промывки, обогащения и извлечения металла. Складирование хвостов промывки

Основные определения технологических схем. Критерии эффективности технологической схемы промывочной установки. Расчёт водно-шламовой схемы обогащения. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей.

Общие условия применения промывочных установок. Уборка хвостов промывки. Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки. Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов. Напорно-гидравлический способ уборки хвостов. Уборка обезвоженных хвостов промывки ленточными отвалообразователями (стакерами).

Организация оборотного водоснабжения промывочных установок. Отведение поверхностного стока воды. Каналы. Насосы и насосные станции для подачи технологической воды на промывку.

Тема 5: Практика обогащения золотосодержащих песков на промывочных приборах и установках

Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы. Гидровашгердный промывочный прибор (ГПП). Промывочные приборы типа ПГШ. Комбинированные шлюзовые приборы.

Скрубберные промывочные приборы. Гидроэлеваторные промывочные приборы. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота.

Обогащение на концентрационных столах. Фракционирование хвостов промывки при самотёчном складировании. Соосаждение частиц золота на откосе гидроотвала.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Уральская государственная горно-геологическая академия

В. К. Багазеев

ПРОМЫВКА ПЕСКОВ РОССЫПЕЙ

Учебное пособие

Екатеринбург

УДК 624.131
Б14
Багазеев В. К.
Б14 Промывка песков россыпей: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 177 с.

Рассматривается технология промывки продуктивных отложений при разработке россыпных месторождений. Дан развернутый анализ производственных процессов промывки и обогащения песков: дезинтеграции и грохочения, основной концентрации золота на шлюзах и отсадочных машинах, доводки гравитационных концентратов, оборудования и технологии центробежного обогащения мелкого золота. Рассмотрены процессы подъема песков к головному обогатительному аппарату, складирования хвостов обогащения, агрегатно-комплексного формирования промывочных установок. Приводятся основные теоретические положения гравитационного обогащения полезных минералов, выбор и расчет схем гравитационного обогащения, расчет содержания и распределения частиц золота на откосе гидроотвала.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности «Открытые горные работы», а также для специалистов, занимающихся разработкой россыпных месторождений открытым способом.

Рис. 75. Табл. 52. Библ. 10 назв.

Рецензенты: Лобанов В. Г., доцент кафедры МТЦМ УГТУ-УПИ, канд. техн. наук; Васин В.В., ген. директор ОАО «Проектно-конструкторский центр «Уралдрагмет».

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральской государственной горно-геологической академии

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 2004

© Багазеев В. К., 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ Стр.

	Введение ……	5
1.	ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОМЫВКИ И ОБОГАЩЕНИЯ ПЕСКОВ ……	6
1.1.	Общие определения промывки и обогащения песков. Продукция приисков …….	6
1.2.	Промывистость песков ……	13
1.3.	Методы определения промывистости песков	17
1.4.	Простейшие средства промывки …….	21
1.5.	Агрегатно-блочные узлы подъема песков на промывку ……..	23
1.5.1.	Подъем песков ленточными конвейерами …….	23
1.5.2.	Подъем песков гидротранспортом …….	28
1.6.	Дезинтеграция и грохочение песков …….	39
1.6.1.	Определение дезинтеграции и грохочения ……	39
1.6.2.	Перфорированные дезинтеграторы …….	41
1.6.3.	Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы …….	44
1.7.	Основная концентрация золота на шлюзах и отсадочных машинах …….	49
1.7.1.	Схематическое устройство шлюзов и отсадочных машин ……..	49
1.7.2.	Основные принципы гравитационного обогащения …….	51
1.7.3.	Обогащение на прямолинейных шлюзах с улавливающим покрытием …….	52
1.7.4.	Шлюзы глубокого наполнения ……..	57
1.7.5.	Шлюзы мелкого и среднего наполнения ……..	60
1.7.6.	Шлюзы для извлечения мелкого золота …….	67
1.7.7.	Обогащение на отсадочных машинах ……...	70
1.8.	Доводка гравитационных концентратов ……	81
1.9.	Оборудование и технология центробежного извлечения мелкого золота ……..	89
1.9.1.	Основные положения центробежного обогащения ……...	89
1.9.2.	Обогащение золотосодержащих песков на винтовых сепараторах ……..	91
1.9.3.	Безнапорные центробежные концентраторы …….	94
1.9.4.	Напорные центробежные концентраторы ……..	104
1.10.	Уборка хвостов промывки ……..	111
1.10.1.	Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки……	111
1.10.2.	Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов….	111
1.10.3.	Напорно-гидравлический способ уборки хвостов ……	115
1.10.4.	Уборка обезвоженных хвостов промывки ленточным отвалообразователями (стакерами) ……	117

2. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ И ТИПОРАЗМЕРЫ ПРОМЫВОЧНЫХ УСТАНОВОК …….. 122
2.1. Агрегатно-комплексное построение промывочных установок … 122
2.2. Скрубберные промывочные приборы …….. 123
2.3. Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы ……. 128
2.4. Транспортно-обогатительные комплексы для разработки россыпей …… 134
2.5. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота……... 137
3. ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ……. 143
3.1. Расчетные схемы гравитационного обогащения …….. 143
3.2. Выбор принципиальной схемы обогащения ……. 145
3.3. Расчет качественно-количественной схемы обогащения ……. 149
3.4. Расчет водно-шламовой схемы обогащения ……. 154
3.5. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей …… 161
3.6. Определение размещения частиц золота на откосе гидроотвала ……. 162
3.6.1. Размещение частиц золота на откосе гидроотвала. 162
3.6.2. Распределение частиц породы по крупности на откосе гидроотвала ……... 164
3.6.3. Определение начальных параметров гидроотвала. 169
3.6.4. Пример расчета распределения частиц породы и золота на откосе гидроотвала …….. 173
Библиографический список…… 177

Введение

Из россыпных месторождений добывают золото, платину, алмазы, олово, редкоземельные металлы. Промывка песков россыпей – это завершающая операция разработки месторождения, в результате которой получают конечный или промежуточный концентрат.

Пособие составлено по программе учебной дисциплины «Промывка песков» (учебный план 2000 г.) и предназначено в основном для студентов специализации «Разработка россыпей». Предметом изучения являются процессы и технология промывки продуктивных отложений россыпных месторождений: дезинтеграция и грохочение песков, основная концентрация золота на шлюзах и отсадочных машинах, доводка гравитационных концентратов, оборудование извлечения мелкого золота. Приводятся основные теоретические положения гравитационного и центробежного обогащения полезных минералов, расчет схем обогащения. Впервые в учебной литературе рассматриваются вопросы расчета распределения потерь золота на откосе гидроотвала. Дан анализ современного оборудования для извлечения мелкого золота, приводится его техническая характеристика.

Необходимость издания учебного пособия диктуется практически полным отсутствием учебной литературы по промывке песков россыпей. Имеющиеся монографии [1, 2, 3] изданы 12-29 лет назад. Вместе с тем, по данным печати, обеспеченность запасами россыпного золота оценивается на 20-30 лет.

1. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОМЫВКИ И ОБОГАЩЕНИЯ ПЕСКОВ

1.1. Общие определения промывки и обогащения песков. продукция приисков

Промывка песков - это завершающая операция, в результате которой получается непосредственно конечный (или промежуточный) продукт. Промывка включает: подачу (подъем) песков на промывку, обогащение песков и извлечение полезного минерала, уборку хвостов. Производится промывка на промывочных приборах.

Подача песков - это комплекс работ по транспортированию песков от забоя до головного технологического аппарата. При этом разграничивается транспорт песков к промывочной установке и подъем песков к первому аппарату в цепи обогащения. Транспорт песков осуществляется в процессе разработки, подъем песков производится от приемного бункера ленточным конвейером, гидроэлеватором, землесосом.

Обогащением песков называется совокупность технологических операций с целью извлечения полезного минерала. Необходимым условием подготовки песков к обогащению и его начальным этапом являются дезинтеграция и классификация.

Дезинтеграцией называется разъединение (разрыхление) песков на составляющие частицы без нарушения их целостности. Она производится на шлюзах, барабанных и плоских грохотах.

Процесс дезинтеграции глинистого материала, цементирующего руду или пески, с одновременным его отделением от рудных частиц с помощью воды называется промывкой.

Классификация - это разделение продезинтегрированного материала по крупности. Классификация, выполняемая на грохотах, называется грохочением.

Извлечение полезного минерала производится на шлюзах, отсадочных машинах, концентрационных столах, центробежных сепараторах.

Шлюзы представляют собой прямоугольные желоба, лотки, на дно которых укладывается специальное покрытие: решетки, металлические трафареты, мягкие коврики, камни, рельсы. Желоба устанавливаются с уклоном i = = 0,15 (~ 7 – 8°). При движении самотеком по этим шлюзам гидросмеси (пульпы) происходит осаждение наиболее тяжелых минералов, образующих концентрат.

Отсадочные машины представляют собой аппараты для получения концентрата путем осаждения тяжелых минералов в разрыхленном слое пород.

Материалы, в которых в результате обогащения не содержится полезного минерала, называются *хвостами*.

Уборка хвостов производится самотечным и напорным гидротранспортом, бульдозерами, скреперными лебедками, ленточными конвейерами, автосамосвалами.

Для обогащения важен не общий минеральный состав рыхлых отложений (он, как правило, довольно однороден), а состав тяжелых минералов плотностью более $3{,}5 \times 10^3$ кг/м³, способных концентрироваться в процессах промывки песков или их обогащении. Минералы тяжелой фракции, концентрирующиеся в виде свободных зерен в мелких фракциях песков (менее 4 мм), в практике называют шлиховым комплексом, или просто шлихами, или тяжелой фракцией песков. Минеральный состав шлихов весьма разнообразен для разных месторождений и находится в тесной связи с минеральным типом коренных источников (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Шлиховые минералы, встречающиеся в песках россыпных месторождений

Минерал	Содержание основного элемента или окисла, %	Плотность, г/см^3	Твердость по шкале Мооса	Удельная магнитная восприимчивость, см^3/г	Электропроводность, 1/см·Ом	Диэлектрическая проницаемость
Алмаз	C – 100	3,47 – 3,56	10	—	10^{-12}	16,5
Апатит	P_2O_5 – 42	3,2	4,5 – 5,0	—	$3\cdot10^{-4}$	8,0
Берилл	BeO – 14	2,6 – 2,8	7,5 – 8,0	$0{,}8\cdot10^{-6}$	—	6,0 — 7,8
Вольфрамит	W – 51,3	7,0 – 7,5	5,0 – 5,5	$66\cdot10^{-6}$	10^{-10}	15,0
Золото	Au (50–95)	15,6 – 19,3	2,5 – 8,0	—	10^{6}	—
Ильменит	Ti – 31,6	4,5 – 5,0	5 – 6	$271\cdot10^{-6}$	10^{-6}	—
Касситерит	Sn – 78,8	6,8 – 7,0	6 – 7	—	10^{-9}	27,7
Кварц	Si – 53,3	2,5 – 2,8	7	$0{,}2\cdot10^{-6}$	10^{-4}	6,5
Киноварь	Hg – 86,2	8,09 – 8,2	2,0 – 2,5	—	—	—
Моноцит	Th – (3–18)	4,9 – 5,3	5,0 – 5,5	$14\cdot10^{-6}$	10^{-12}	12,0
Осмистый иридий	Ir – (10–70)	16 – 21	6 – 7	—	—	—
Пирит	S – 53,4	4,9 – 5,2	6,0 – 6,5	$1\cdot10^{-6}$	10^{-6}	—
Платина	Pt–(76–90)	15 – 19	4,0 – 4,5	—	10^{6}	—
Роговая обманка	—	2,9 – 3,4	5 – 6	$24\cdot10^{-6}$	10^{-11}	8,0
Рутил	Ti – 60	4,2 – 4,3	6	$2\cdot10^{-6}$	—	—
Ставролит	—	3,65 – 3,7	7,0 – 7,5	—	—	—
Хромит	Cr – 46	4,1 – 4,9	6,5	—	—	—
Циркон	Ir – 67	4,2 – 4,7	7,5	$14\cdot10^{-6}$	10^{-12}	17,6
Шеелит	W – 63,9	5,9 – 6,1	4,5 – 5,0	—	10^{-12}	12,0

Перенос золота из коренного месторождения в россыпь и перемещение его в процессе передвижения рыхлого россыпного материала приводят не только к постепенному высвобождению зерен золота, но также и к изменению их формы и размеров, химического состава золотин.

В зависимости от степени разрушения коренного золотосодержащего материала и дальности его переноса можно выделить три типа россыпей, различающихся степенью освобождения зерен золота:

делювиальные, характеризующиеся малым количеством связанного золота, его сростков с породой и слабо измененной формой зерен золота;

элювиальные, характеризующиеся большим количеством связанного (рудного) золота и практически не измененной формой зерен его, а также наличием мелких сростков зерен золота с породой;

аллювиальные (преобладающий тип россыпей), характеризующиеся практически отсутствием связанного золота, его сростков с породой и сильной степенью окатанности и истертости зерен золота.

Для делювиальных (и отчасти элювиальных) россыпей характерна однородная крупность свободных зерен золота и зерен, связанных с рудным материалом, т. е. гранулометрические характеристики свободного и связанного золота близки.

Количество связанного золота в материале россыпи, как правило, невелико, но в элювиальных и особенно делювиальных россыпях оно может быть большим, чем содержание свободного рассыпного золота.

Свободное золото характерно для аллювиальных россыпей, оно обычно сильно окатано, истерто. Золото чаще встречается в виде чистого металла, реже в минералах: электрум (50 - 70) % Au, (30 - 50) % Ag; кюстелит (10 - 28) % Au, (72 - 90) % Ag.

Таблица 1.2

Химический состав россыпного золота, %

Au	Ag	Fe_2O_3	Al_2O_3	Cu	Hg	Sn	Нерастворимый остаток
77,76	19,06	0,7	0,42	0,34	Не определяется	0,03	1,1
89,69	9,12	0,18	0,17	Не определяется	То же	—	0,5
82,22	16,61	0,11	Не определяется	0,03	0,35	—	0,31
25,16	25,16	0,18	То же	0,06	Не определяется	—	0,39

Примечание. Золото содержит также 0,03 % Se; 0,11 % Te; 0,003 % Bi и 0,36 % S.

Химический состав зерен россыпного золота не постоянен (табл. 1.2). Наиболее высокопробными оказываются ядра золотин, а поверхностные слои более низкопробными. При этом интересно, что механическая прочность зерен, наоборот, растет от ядра к поверхности (результат перекристаллизации и наклепа).

Золото, серебро, платина и металлы платиновой группы относятся к числу благородных металлов.

Золото - единственный металл желтого цвета. В системе элементов Д. И. Менделеева имеет порядковый номер 79, температура плавления – 1063 ºС, твердость 2 - 2,5, очень тягучий и ковкий металл: его можно прокатать в листы толщиной 0,00008 мм. Золото на воздухе совершенно не изменяется, не растворяется в щелочах и кислотах, но растворяется в смеси кислот: 1 часть азотной и 3 части соляной («Царская водка»); серной и азотной, а также в горячей селеновой (H_2SeO_4).

Иногда встречается золото, покрытое пленкой окислов железа, - золото «в рубашке».

По крупности золото подразделяется:

на крупные именные самородки - крупнее 30 мм;

от 30 до 10 мм - мелкие самородки;

от 10 до 3 мм - весьма крупное золото;

от 3 до 0,1 мм - крупное, среднее и мелкое золото.

Из именных самородков можно отметить: «Приятный незнакомец», 95 кг (1969 г.), «Желанный», 69 кг (1958 г.), найденные на месторождении «Балларат» в Австралии, там же был найден самородок «Плита Холтермана» общим весом 285 кг, в т. ч. чистого золота 90 кг, «Японец», 71 кг (1901 г.); в Калифорнии в 1873 г. был найден самородок общим весом 108 кг, в России в 1842 г. в районе р. Миасс найден самородок общим весом 36 кг («Большой треугольник»). В Алмазном фонде СССР экспонировались самородки «Мефистофель» (20, 25 кг), «Верблюд» (9,3 кг), удивительно похожие на Мефистофеля и верблюда.

Содержание чистого золота в тысячных долях в общем объеме называется пробой золота. Оставшуюся часть, как правило, составляет серебро. В россыпных месторождениях золото обычно 650–950 - й пробы. В ювелирных изделиях обычно используется золото 375, 500, 583, 750, 958 - й пробы, остальные компоненты, входящие в сплав, называют лигатурой, обычно это серебро или медь. Сплав золота (75 %), палладия (20 %) и серебра (5 %) имеет белый цвет, и называется белым золотом. Тончайшую пленку золота (обычно доли мкм), используемую для декоративных целей, называют сусальным золотом (так же называют и пленки, имитирующие золото). В зависимости от соотношения массы химически чистого золота и массы серебра плотность золота различной пробы колеблется от 13,4 (проба 500) до 19,3

г/см³ (химически чистое золото 1000 пробы). Зависимость плотности золота ρ_{Au} (г/см³) от пробности можно выразить формулой

$$\rho_{Au} = 19{,}3 - 0{,}014\ (1000 - П), \qquad (1.1)$$

где $П$ - проба золота.

Соотношение между пробой золота и его плотностью (по Б. В. Невскому)

Проба золота	1000	950	900	850	800	750	700	650	600	550	500
Плотность золота, г/см³	19,3	18,5	17,8	17,1	16,5	15,9	15,3	14,8	14,3	13,9	13,4

До 1927 г. в России, существовала золотниковая система пробности, по которой проба обозначает количество золотников в 1 фунте сплава: 1 золотник 4,266 г, 1 фунт 409,5 г, химически чистое золото 96 золотников (96 х 4,266 = 409,5 г).

В США, Англии, Швейцарии пробность измеряется в каратах - химически чистое золото составляет 24 карата.

На мировом рынке часто массу золота измеряют в тройских унциях: 1 т.ун. = 31,1 г.

Объем добычи золота в России, т, можно охарактеризовать, по данным периодической печати, следующими цифрами:

		СССР		РФ				
1914	1924	1953	1990	1990	1996	1997	1998	2001
51,8	14,4	2000	302	133,6	105	87	65	154,5

Среднегодовая добыча золота (без СССР) составляла 1000 - 1200 т.

Платина представлена в россыпях, главным образом, минералом поликсеном (платины 80 – 88 %, железо 9 – 11 %), известны разновидности в виде иридистой платины (иридия 7 %), палладистой платины (палладия 1 %), родистой, никелевой купроплатины. Цвет от серебряно-белого до стально-черного, плотность 15-19 т/м³, плотность химически чистой 21,5 т/м³, твердость по Моосу 4-4,5; размеры зерен в россыпи 0,2-2 мм, $t_{ПЛ}$ = 1770°. Хорошо растворяется в царской водке, амальгамируется, дает соединения при обжиге с газообразным хлором.

Платина впервые была обнаружена испанскими конкистадорами. В переводе с испанского, платина – «серебришко», т. е. плохое серебро. В России впервые была найдена в 1822 г. инженером В. Любарским на Среднем Урале.

В 1915 г. на долю России приходилось 95 % от общего количества добываемой платины, 5 % давала Колумбия. В 1911 г. Россия добывала ~8,8 т.

Платина применяется в приборах и аппаратах, контактирующих с активными веществами или подвергающихся воздействию высоких температур. В основном платина применяется для приготовления катализаторов, а также в стекольной промышленности, электротехнике.

Мировые прогнозные ресурсы платины (без б. соц. стран) 75050 т, в т. ч. ЮАР 62000 т, США 9300 т. В 1985 г. добыча платины составила 118 т, в т. ч. в ЮАР 102 т, Канаде 13,5 т.

Пробность сплавов платины 850, 950.

Алмазы – элементарный углерод, твердость 10, хрупкий, плотность – 3,5 г/см^3. Зерна преимущественно бесцветные, реже слабоокрашенные в различные цвета.

Алмазы являются драгоценными камнями 1-го класса, куда входят также сапфир, рубин, изумруд, александрит, хризоберилл.

Помимо монокристаллов алмазы образуют мелкозернистые сростки и агрегаты: борт, болассы и карбонадо. Бортами принято называть неправильные мелкозернистые сростки (а также трещиноватые монокристаллы), боллассы представляют собой шарообразные агрегаты обычно радиально-лучистого строения (в Австралии болласами называют путы шарообразного вида для лошадей). Карбонадо являются весьма тонкозернистыми агрегатами.

В настоящее время экономический потенциал наиболее развитых государств в значительной мере связывается с использованием алмазов. Применение алмазного инструмента существенно повышает чистоту обработку деталей, а производительность труда возрастает при этом на 50 %.

Велика ценность и ювелирных алмазов. Алмаз после обработки называется бриллиантом. Масса алмазов измеряется в каратах, 1 карат равен 0,2 г. Алмазам массой более 50 карат присваиваются имена.

Крупнейший в мире алмаз «Куллинан», названный по имени владельца рудника в Южной Африке, найден в 1905 г, вес этого алмаза 3106 карат (621 г) имел размер кулака (10 х 5 х 6,5 см). В процессе обработки был расколот, и получилось 2 бриллианта: «Куллинан – I» (или «Звезда Африки» - 530,2 карат, «Куллинан – II» - 317 карат). Также в Южной Африке найдены: «Эксельсиор» - 995,3 карат, «Юбилейный» - 650,8 карат (1893 и 1895 гг.). В Бразилии в 1938 г. найден алмаз «Президент Варгас» - 726,6 карат. В СССР в Якутии найдены: «Мария» - 106 карат, «Чекист» - 95 карат, «Валентина Терешкова» - 52 карата. В Алмазном фонде РФ находятся знаменитые алмазы «Шах» и «Орлов». В XVII веке в Индии найден алмаз массой 400 карат, в процессе обработки получен бриллиант в 194,8 карат. В 1773 г. алмаз купил граф Орлов и подарил его Екатерине II (22×32×35 мм). В 1829 г. в Тегеране был убит

русский посол Грибоедов А. С. - своего рода выкупом явился алмаз «Шах» - 88,7 карат.

Стоимость ювелирных алмазов необычайно велика: так, при цене 1 карата в США 30 дол. ювелирный алмаз «Куллинан», 3106 карат, оценивается 94 - 188 т чистого золота (Милашев В. А. Алмаз. Л.: Недра, 1976. С. 20).

В Якутии найдены алмазы «40 лет Победы», 291 карат, «Звезда Якутии», 232 карата, «Свободная Россия», 241,8 карата (подарен М. Николаевым Б. Н. Ельцину, по материалам газет).

Алмазы могут быть бесцветными или с едва заметным цветовым оттенком, а также в различной степени ясно раскрашенными в желтый, коричневый, голубой, синий, молочно-белый и серый (до черного) цвета. Чистая поверхность кристаллов алмаза обладает высокой гидрофобностью (краевой угол 104 - 105°). Алмаз-диэлектрик, удельное сопротивление 10^{12} - 10^{14} Ом·м.

Среднегодовая добыча алмазов в капиталистических странах за 1966-1971 гг. составила 32-33 млн карат (6,4-6,6 т).

Основным недостатком искусственных алмазов является их низкосортность и небольшая крупность. Масса 100 штук самых крупных искусственных алмазов едва достигает 1 карата «…по мнению специалистов, выращивание монокристаллов алмаза массой 1 - 2 карата вряд ли окажется рентабельным в обозримом будущем». (В. А. Милашев, с. 43).

Весьма перспективной сырьевой базой по добыче ювелирных алмазов представляется Архангельская алмазная провинция (И. Казаков, газета «Комсомольская правда» № 233, 10 окт. 1991 г.), где геологи обнаружили более 50 выходов на поверхность кимберлитовых трубок. Запасы месторождений Архангельска не уступают залежам алмазов в ЮАР и Ботсване.

Крупнейшая в мире алмазодобывающая компания «Де бирс консолидейтед майнс» («De Beers Consolidated Mines Ltd») основанная в 1888 г. в Юж. Африке, осуществляет продажу 85 % мирового производства алмазов.

Олово - мягкий серебристо-белый металл; существует в трех модификациях (в зависимости от типа кристаллической решетки):

α - Sn (серое олово), плотность 5,86 г/см³, устойчив до 14 °С;

β - Sn (белое олово), плотность 7,29 г/см³, устойчив до 173 °С;

γ - Sn плотность 6,5 г/см³, устойчив до 232 °С(232 °С - температура плавления олова).

Переход $\beta \rightarrow \alpha$ сопровождается превращением металла в порошок («оловянная чума»). 2620 °С - температура кипения. Сплавы: Sn + Cu => бронза; Sn + Cu + Zn = > латунь; Sn + Pb = > припой и т. д., в т. ч. белая жесть. Олово – «металл консервной банки».

Современная мировая промышленность снабжается в основном оловом из Малаккской оловоносной провинции, простирающейся с территории КНР

через Бирму и Таиланд в Малайзию и Индонезию.

Рентабельной считается промывка с содержанием касситерита 200 г/м^3.

Мировая добыча в начале XX в. составляла 90 тыс. т в год, в 70-е годы увеличивалась в 2 - 2,2 раза. Стоимость ~ 13 дол/кг.

1.2. Промывистость песков

Под промывистостью песков понимается способность рыхлых отложений размываться в потоке воды до такого состояния, при котором минеральные частицы не связаны друг с другом и освобождены от глинистых примазок. Промывистость песков зависит от цементации их вязкими материалами, обычно пластичными глинами.

Физико-механические свойства глинистого материала и обусловливают промывистость песков. Все глинистые материалы относятся к классу крупности 0,1 мм. В грунтоведении к глинистым относят породы, в которых содержание частиц менее 5 мкм (глинистой фракции) превышает 3 %, а к собственно глинам – породы, в которых этой фракции содержится более 30 %. Почти все глины являются полиминеральными горными породами, состоящими из смеси глинистых гидросиликатных минералов и примесей неглинистых минералов: кварца, кальцита, полевого шпата, пирита и др. Минералоги разделили все гидросиликатные минералы на три группы: глиноземистые, железистые и магнезиальные. Более других распространены глиноземистые минералы, которые классифицируются по Гинзбургу и Петрову на следующие группы:

- каолинита (каолинит, галлуазит, монотермит и др.);
- монтмориллонита (монтмориллонит, бейделлит);
- пирофиллита (пирофиллит);
- аллофана (аллофан);
- гидрослюды (гидромусковит, лиеврит).

Исходя из современных представлений, глинистые минералы - это высокодисперсные и относительно стабильные минеральные соединения группы водных силикатов слоистого или слоисто-ленточного строения. (Как известно, природные силикаты на 80 % составляют массу земной коры). Основной структурной единицей является кремнекислородный тетраэдр $[SiO_4]^{4-}$(рис. 1.1).

Такой изолированный тетраэдр имеет некомпенсированный отрицательный заряд: на 4 положительных заряда кремния приходится восемь отрицательных зарядов кислорода. Неиспользованные валентности анионов кислорода реализуются либо соединением тетраэдров между собой путем обобщения вершин, либо присоединением к вершинам тетраэдров соответствующих катионов.

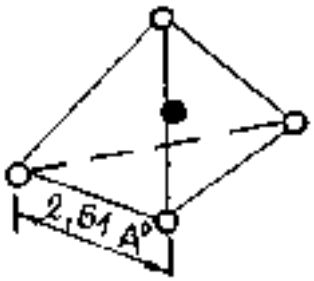


Рис. 1.1. Схема кремнекислородного тетраэдра: ● катион кремния Si^{4+}; ○ анион кислорода O^{2-}; 1 Å = 10^{-10} м

В первом случае в общей вершине двух тетраэдров находится анион кислорода, обеспечивающий ионное взаимодействие с катионами обоих тетраэдров (атом кислорода «захватывает» по одному электрону у каждого из двух атомов кремния, превращается в двухвалентный анион). Кремнекислородные тетраэдры, соединяясь через свои вершины, могут образовывать сложные структуры, развиваясь в плоскости своих оснований. Эту плоскость называют базальной. Соединяются тетраэдры по гексагональной схеме (рис. 1.2).

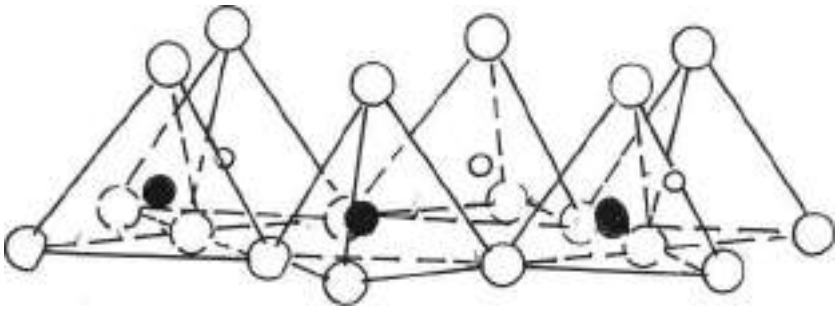


Рис. 1.2. Схема соединения кремнекислородных тетраэдров

Другой структурный элемент глинистых минералов представляет собой октаэдр, состоящий из 6 атомов кислорода, в центре которого расположены атомы Al (или Mg, Fe). Отдельные октаэдры также соединяются по гексагональной схеме (рис. 1.3).

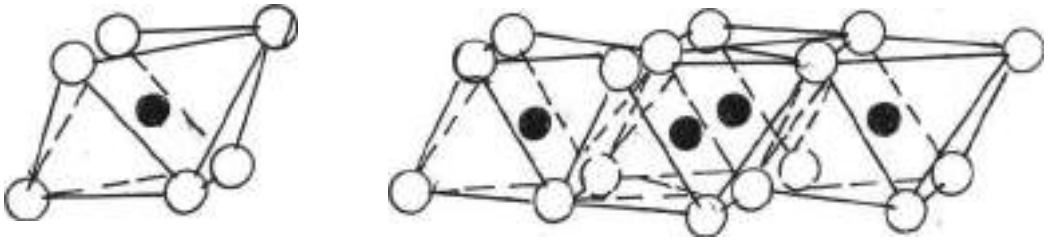


Рис. 1.3. Схема октаэдра

Структурный слой глинистых минералов может состоять из двух (одной тетраэдрической и одной октаэдрической), трех, четырех комбинированных сеток, которые образуют пакет. Характер структурного слоя является важнейшим признаком глинистых минералов. В зависимости от строения элементарного слоя образуются различные типы глинистых минералов (табл.1.3).

Преобладающим минералом в глинистых породах является гидрослюда, на втором месте - монтмориллонит, на третьем - каолинит.

Каолинит - белое или почти белое мелкокристаллическое вещество. Состав: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$; для каолинита характерно такое изоморфное замещение катионов в тетраэдрической и октаэдрической сетках, при котором элементарный слой его кристаллической решетки обычно электронейтрален.

Монтмориллонит – SiO_2 – 67 %; Al_2O_3 – 28,3 %; H_2O – 5 %

У монтмориллонита в результате изоморфных замещений решетка всегда электрически неуравновешена: замещение Al^{3+} на Fe^{2+} и Mg^{2+} в октаэдрической решетке и, возможно, частичное замещение Si^{4+} на Al^{3+} в тетраэдрах создает избыток отрицательных зарядов в решетке. Этот заряд компенсируется гидратированными обменными катионами, адсорбирующимися между структурными слоями, которые вместе с молекулами воды составляют межслоевой комплекс монтмориллонита - подвижную структурную решетку.

Гидрослюдистые минералы - отличаются от монтмориллонита межслоевым комплексом и зарядом. Причем заряд располагается ближе к поверхности структурного слоя. Благодаря этому структурные слои прочно связаны межслоевыми катионами.

Таблица 1.3

Структуры глинистых минералов

Тип структуры (соотношение слоев)	Схема структуры	Минерал	Межпакетная связь
1 : 1	О – октаэдр Т – тетраэдр	Каолинит	Молекулярная
2 : 1	Т О Т	Монтмориллонит	Ионно-электростатическая, молекулярная
2 : 1	Т О Т	Гидрослюда	Ионно-электростатическая, молекулярная

Естественным физическим состоянием глинистых минералов является высокая дисперсность. Под дисперсностью понимается степень измельчения грунтов. Количественной мерой дисперсности грунтов является удельная поверхность - поверхность частицы, приходящаяся на единицу объема, $м^{-1}$:

$$S_y = S/V,$$

где S - суммарная поверхность частиц, м^2;

V - суммарный объем частиц, м^3;

S_y - для глинистых частиц составляет $(1 \div 5) \cdot 10^6$ м$^{-1}$, для песчаной массы $(3 \div 10) \cdot 10^3$ м$^{-1}$, для гравия $(3 \div 30) \cdot 10^2$ м$^{-1}$.

С увеличением S_y возрастает их поверхностная энергия, увеличивается роль поверхностных явлений при взаимодействии частиц между собой. Повышенная поверхностная энергия объясняется увеличением числа нескомпенсированных валентных связей на поверхности - эти нескомпенсированные валентные связи являются активными центрами, которые создают вокруг себя силовое поле.

Определяющими факторами свойств глинистых материалов, по Р. Гриму являются: состав глинистых минералов; состав неглинистых минералов, присутствующих в глинах; обменные ионы и растворимые соли; структура; физико-механические свойства.

К физико-механическим свойствам глинистых песков, определяющим способность глин к разрушению, относятся: гранулометрический состав, плотность, пористость, пластичность, размокание, набухание, водопроницаемость, сопротивление сдвигу, структурная связность и естественная влажность. У высокодисперсных глинистых цементов пластичность и связность проявляются сильнее, чем у менее дисперсных. Песчинки и грубообломочные неглинистые фракции повышают водопроницаемость глинистых пород.

Пластичность глин - способность изменять свою форму под действием внешних сил без разрыва сплошности и сохранять полученную форму после удаления внешней силы - характеризуется числом пластичности, показывающая диапазон влажности, в котором грунт обладает пластическими свойствами:

$$I_п = W_в - W_н,$$

где $I_п$ – число пластичности;

$W_в$ – верхний предел пластичности, т. е. влажность (%), при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее;

$W_н$ – нижний предел пластичности, т. е. влажность, при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое, %.

Сравнивая естественную влажность глин с влажностью, соответствующей пределам консистенции этой глины, можно с некоторой точностью судить о ее состоянии и разрушаемости.

Размокание – это способность глин при впитывании воды терять связность и разрушаться. Основным показателем, характеризующим это свойство, является скорость размокания глины, которая зависит от содержания в ней глинистых частичек (фракции 5 мкм) и их минералогического состава.

Высокопластичные глины влажностью выше максимальной молекулярной влагоемкости в воде практически не распадаются. Влажность влияет на прочность глинистого материала: при увеличении влажности прочность сначала увеличивается до максимума, а затем уменьшается.

Исследования вещественного состава глин 10 россыпных месторождений золота различных районов страны показали, что все глинистые минералы находятся в классах крупностью менее 0,1 мм.

1.3. Методы определения промывистости песков

Пока еще нет точных критериев и надежных методов объективного определения промывистости песков. Существующие методы и критерии можно разделить на 3 вида: экспериментальные, по петрографическому составу и содержанию глин и по физико-механическим свойствам породы. Отметим также, что при размыве пород гидромониторной струей воды промы-вистость называют гидравлической разрушаемостью.

А. А. Рожновский классифицирует породы по промывистости в зависимости от производительности ручного вашгерда (табл. 1.4).

Б. В. Невский, Л. П. Мацуев оценивают промывистость песков (табл. 1.5) затратой энергии, необходимой для дезинтеграции их в барабанном грохоте стандартных размеров.

В. К. Флеров и А. А. Усова классифицируют породы по промывистости в зависимости от их состава (табл. 1.6, 1.7).

Таблица 1.4

Классификация пород по промывистости А. А. Рожновского

Категория пород	Промывистость пород	Сменная производительность вашгерда, м³
I	Отличная	8
II	Хорошая	4 – 8
III	Средняя	2 – 4
IV	Слабая	1 – 2
V	Трудная	1

Таблица 1.5

Классификация грунтов по промывистости

Степень промывистости	Выход глинистых и шламовых фракций, (< 0,1 мм), %	Расход электроэнергии для механического разрушения, кВт·ч/м³	Затраты времени на промывку в барабанном грохоте с КПД, равным 0,8, мин	Коэффициент грохочения фракций < 4 мм в барабанном грохоте, %	Число пластичности, Р, %
Легкопромывистые	10	0,15	50	>80	2–3
Среднепромывистые	10–15	0,3–0,4	70–80	70–75	2–7
Труднопромывистые	15–20	0,6	120	50–60	7–15
Весьма труднопромывистые	>30	—	—	40	>15

Таблица 1.6

Классификация пород по промывистости

Категория пород	Промывистость пород	Породы
I	Хорошо промывистые	Несвязанные галечники или щебень, пески и гравий, песчано-галечниковые отложения или щебенка с песком или гравием
II	Промывистые	Суглинки, галечник или щебень с примесью песчанистой глины, глинисто-песчанистые почвы, глинистые пески
III	Труднопромывистые	Плотные и жирные глины, галечниковый или щебенистый материал, сцементированный плотными пластичными глинами, разложившиеся конгломераты с плотным, цементом
IV	Непромывистые	Конгломераты с полуразложившимся цементом, мерзлые грунты (без предварительной их оттайки)

Таблица 1.7

Классификация пород по их промывистости в зависимости от содержания глины

Категория пород	Промывистость пород	Содержание в породах глины, %
I	Легкопромывистые	> 10
II	Промывистые	10 – 15
III	Труднопромывистые	15 – 30
IV	Мясниковатые	< 30

Г. И. Юденич классифицировал материалы с учетом числа пластичности глины, загрязняющей руду, и времени ее промывки в наклонной корытной мойке (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Классификация материалов с учетом числа пластичности глины и времени ее промывки

Материалы	Число пластичности	Требуемая продолжительность промывки, мин
Труднопромываемые	>15	> 6
Среднепромываемые	3-15	3 – 6
Легкопромываемые	< 3	< 3

Практикой института ЦНИГРИ по технологической разведке россыпных месторождений золота с применением ПОУ-4 установлено, что основное влияние на степень промывистости песков оказывают: количество глинистого компонента в песках и его свойства, влажность материала, а также количество крупной (+8 мм) галечной фракции. Все эти параметры легко определяются как на месторождении, так и при лабораторных исследованиях.

В результате предложена эмпирическая зависимость для определения величины коэффициента (показателя) промывистости (табл. 1.9)

$$K_{\text{пр}} = P \cdot \varepsilon / \gamma \cdot \omega, \qquad (1.2)$$

где P - число пластичности, %;

ε - содержание иловой (менее 0,I мм) фракции в песках, %;

γ - содержание гали (+8 мм) в песках, %;

ω - влажность песков, %.

На основании исследования песков различных месторождений предлагается: при $K_{\text{пр}} < 1$ относить пески к легкопромывистым; при $K_{\text{пр}}$ = 1-1,5 - к среднепромывистым; при $K_{\text{пр}} > 1{,}5$ - к труднопромывистым.

Следует отметить, что до сих пор в практике понятия «промывистость» и «дезинтегрируемость» песков включали степень дезагрегации и отмывки только крупных зерен. Граничная крупность дезинтегрированных зерен или зерен, оставшихся сцементированными глиной, определяется размером отверстий грохота (на практике начиная с 6 мм). При этом и степень промывистости (аналогично степени грохочения) определяется отношением количества глины, прошедшей через грохот, к общему количеству ее, с учетом оставшейся в галечной фракции.

Таблица 1.9

Классификация пород по промывистости (по $K_{пр}$ ЦНИГРИ)

Группа песков	Выход фракции <0,1 мм, %	Отношение количеств глины и песка	$K_{пр}$	Содержание глины, %	Число пластичности
Легкопромывистые	10	1 : 50	>1	>10	2 – 3
Среднепромывистые	10 – 15	1 : (20 – 40)	1 – 1,5	10 – 15	2 – 7
Труднопромывистые	15 – 20	1 : (8 – 10)	<1,5	15 – 30	7 – 15
Весьма труднопромывистые (мясниковатые)	30	1 : (2 – 4)	—	<30	<15

Такое определение промывистости песков нельзя признать правильным, так как на практике в эфельной части песков (меньше 6 мм) после их дезинтеграции в барабанном (или другом) грохоте всегда имеются связанные агрегаты крупностью менее 6 мм, т. е. не отмытые от глины. С учетом сказанного в Иргиредмете и ЦНИГРИ предложено степень промывистости песков определять по граничному классу 0,1 или 0,074 мм.

В практике обогащения важно обеспечить полную дезинтеграцию материала, т. е. освобождение зерен золота от глинистого материала. Эту степень подготовленности песков для обогащения и следует оценивать.

В монографии Троицкого В. В. со ссылкой на энергетическую теорию прочности Кирпичева-Кика с дополнениями и преобразованиями зависимости между работой и объемом разрушенного материала А. Д. Лесиным приводится формула

$$A = (\tau^2 / 2E_с) \cdot V \cdot (S_д - S_н) / S_н \qquad (1.3)$$

где A - работа, затрачиваемая на разрушение глины;

τ - предел упругости на сдвиг;

$E_с$ - модуль сдвига;

V - объем разрушаемого тела;

$S_н$, $S_д$ - удельная поверхность исходных кусков и диспергированной глины (удельная поверхность - это отношение площади поверхности кусков к их объему).

Аналогичная зависимость получена Журавским А. М.

В связи с тем что, $S_д$ значительно больше $S_н$, затраты на упругую деформацию глины весьма малы.

Если принять допущение, что крупность глины и камней в исходном материале одинакова, то объем разрушаемой глины

$$V = M/\rho(\alpha - \beta), \tag{1.4}$$

где M - общая масса промываемого материала;

ρ - плотность материала;

α и β - содержание глины соответственно в исходном и конечном продуктах.

Полученное выражение справедливо при следующих допущениях: крупность оставшихся неразмытыми кусков глины одинакова с крупностью исходного материала, плотность глины приблизительно равна плотности камней. Подставляя выражение (1.4) в формулу (1.3), получим выражение для вычисления работы непосредственно на разрушение глины:

$$\Delta A = \frac{\tau^2}{2E_{\text{с}}} \cdot \frac{M}{\rho} \cdot (\alpha - \beta) \cdot \frac{S_{\text{д}} - S_{\text{н}}}{S_{\text{н}}},$$

так как $\left(\frac{\alpha - \beta}{\alpha}\right) = \varepsilon$, (1.5)

где ε - извлечение диспергированной глины,

$$A_{\text{общ}} = \frac{\tau^2}{2E_{\text{с}}} \cdot \frac{M}{\rho} \cdot \frac{S_{\text{д}} - S_{\text{н}}}{S_{\text{н}}} \cdot \varepsilon \tag{1.6}$$

В выведенной формуле (1.6) в общем виде учтены физико-механические свойства, степень дезинтеграции пород и энергоемкость процесса. Однако такой важный показатель, как содержание глины в исходном материале, учитывается только косвенно через извлечение глины ε. Теоретически содержание глины не влияет на энергоемкость процесса, так как считается, что в материале избыток истирающей среды, т. е. неразрушаемых зерен, и что вероятность скатывания кусков глины в крупные конгломераты равна нулю.

1.4. Простейшие средства промывки

Простейшими промывочными устройствами являются ковш, лоток, проходнушка, шлюзы и т. п. Эти устройства применялись раньше, в настоящее время применяются при геологоразведочных работах, небольших старательских разработках, при проведении эксплуатационного опробования (рис. 1.4).

Азиатский ковш по внешнему виду напоминает ковш для воды. Песок в ковше протирают вручную, после чего крупную гальку и щебенку выбирают, а мелкую фракцию смывают водой через полую ручку – горло.

Американский лоток – круглый металлический таз глубиной 50-70 мм, диаметром 30-45 см под углом 30-40°.

Проходнушка малая – это шлюз шириной 0,2-0,4 м, длиной 1-3 м, устанавливается под углом 6-11° (i = 0,1-0,2), производительность 1-1,5 м^3/смену.

Вашгерд для доводки концентрата – широкий и короткий (0,8-1,4)м × (1,7-2,8) м гладкий шлюз с высокими бортами до 0,5 м, изготовленный из оструганных досок. При промывке на вашгерде устанавливают 2-3 поперечных плинтуса высотой 50-60 мм.

Ручная бутара – шлюз шириной 0,3-0,6 м, длиной 1,5-2,5 м с грохотом в начале (голове) шлюза. Грохот квадратный 0,3-0,5 м с размером отверстий (перфорацией) 10-20 мм, уклон шлюза 0,1-0,25 (6-15°). Пески протираются вручную с одновременной подачей воды.

До середины 40-х годов на приисках Северо-Востока основным промывочным прибором был разносный шлюз длиной 25-30 м, работавший на неклассифицированном материале.

В 1945-1946 гг. внедрены барабанные глухие и перфорированные дезинтеграторы, скрубберы и скруббер-бутары, шлюзы. Вся установка монтировалась на деревянной эстакаде.

Рис. 1.4. Простейшие средства промывки:а – сибирский лоток; б – корейский лоток

В 50-е годы созданы и внедрены переставные цельнометаллические приборы. В 1950-1960 гг. для гидротранспорта внедрены гидроэлеваторы и далее землесосы, грунтовые насосы.

1.5. Агрегатно-блочные узлы подъема песков на промывку

1.5.1. Подъем песков ленточными конвейерами

Подъем песков к головному технологическому аппарату ленточными конвейерами применяется при незначительной водонасыщенности песков (менее 15-20 %), достаточной сыпучести, исключающей зависание песков в бункере.

В состав подъемного конвейера входят: приводной агрегат, линейный став, хвостовой (натяжной) агрегат, загрузочный бункер-питатель.

Бункер-питатель ББК-II-800 - бульдозерный бункер каретчатого типа для ленточного конвейера с шириной ленты 800 мм (рис. 1.5).

Бункер размещается в котловане, днищем бункера служит стол каретчатого питателя. Стол немного наклонен в сторону конвейерного става. Выпускное окно в лобовой части бункера регулируется заслонкой. Стол-питатель совершает возвратно-поступательные движения, при этом часть песков подается из бункера на ленту конвейера. Объем бункера 1,5 м³, масса 4,9 т.

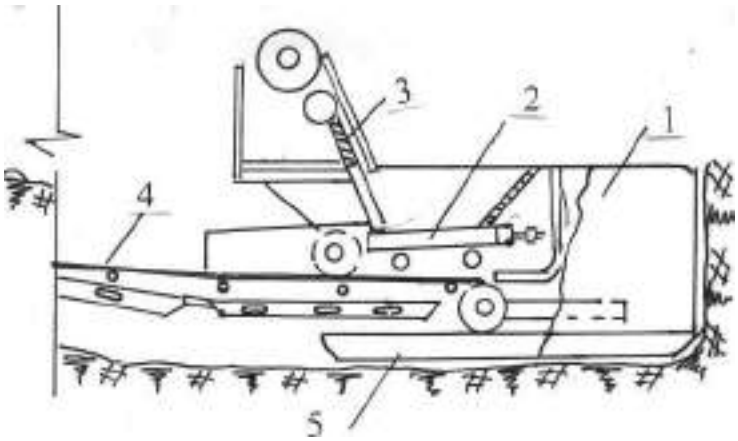


Рис. 1.5. Схема бункера питателя:1 - каркас; 2 - каретный питатель; 3 - бункер; 4 - конвейер; 5 - полозья

Часовая производительность бункера-питателя типа ББК (м³/ч) рассчитывается по формуле

$$Q_{ББК} = (120/K_р) \cdot K_з \cdot r \cdot n_э \cdot F_р , \qquad (1.7)$$

где r - радиус эксцентрика привода каретки, м;

$n_э$ - частота вращения эксцентрика, об/мин;

$F_р$ - открытая площадь разгрузочного окна бункера, м²;

$K_р$ - коэффициент разрыхления пород;

$K_з$ - коэффициент зависания пород: для глинистых песков $K_з$ = 0,1; для сыпучего материала $K_з$ = 0,7 - 0,8.

Бункер типа ББК имеет малую вместимость и малопригоден для современной мощной техники. Кроме того, непосредственная подача песков на ленту конвейера вызывает повышенный износ и неравномерный режим работы из-за частых поломок питателя. В настоящее время разработаны питатели с вместимостью бункера 30 м³, перекрытые грохотом, в которые необходимо осуществлять подачу песков скреперами, автосамосвалами. Бункер оборудован секторным затвором, пластинчатым питателем, скреперной лебедкой для удаления валунов с грохота.

Линейный став ленточного конвейера монтируется на эстакаде или выполняется в виде шарнирного многозвенника.

Станина этого става (рис. 1.6) состоит из опор и пролетных звеньев. Опоры выполнены в виде плоских замкнутых рам с удлиненными нижними ригелями для придания собранному ставу поперечной устойчивости. Снизу ригели снабжены шпорами, которые, врезаясь в основание, препятствуют поперечному смещению опор в процессе сборки – разборки и в рабочем состоянии. Стержни опор имеют коробчатое сечение, выполненное из штампованных (или гнутых) профилей из тонколистовой стали. Стойки опор перфорированы соосными отверстиями.

Пролетные звенья в плане представляют собой безраскосные фермы в виде легких балок, гнутых из тонколистовой стали, соединенных поперечными связями. Для взаимного последовательного соединения пролетных звеньев балки имеют по концам петли и крючки. Пролетные звенья входят в пространство между стойками опор, с которыми они шарнирно соединяются посредством пальцев. Одно пролетное звено и соединенная с ним опора образуют шарнирную пару. В процессе сборки шарнирные пары соединяют между собой, образуя шарнирный многозвенник, геометрическая неизменяемость которого обеспечивается жестким закреплением одного или двух его концов (на приводном агрегате и на загрузочном бункере-питателе).

Получение требуемого продольного профиля конвейерного става на различном рельефе местности достигается применением различных типоразме-

ров опор и пролетных звеньев и изменением высоты крепления пролетных звеньев внутри опор.

Рис. 1.6. Основные элементы шарнирно-звеньевого эстакадного става:1 - головная опора; 2 - промежуточные опоры; 3 - пролетные звенья; 4 - монтажная лебедка

Непосредственно на балках пролетных звеньев устанавливают грузовые и холостые роликоопоры и несущие поперечины ходовых трапов, крепление которых осуществляется быстроразъемным соединением, допускающим удобную регулировку и быструю сборку – разборку. Для доставочных конвейеров наземного расположения используют шарнирные элементы хвостовой части эстакадного става подъемного конвейера (наземные опоры и пролетные звенья малого типоразмера).

Сборка эстакадного става заключается в последовательном подъеме и соединении между собой шарнирных пар. Все монтажные операции производятся с использованием универсальной электрической лебедки ЛМ-2,5, входящей в состав головной опоры или остова приводного агрегата. Эта лебедка применяется также для такелажных работ. Для направления монтажного каната лебедки по мере наращивания шарнирного многозвенника служат консольные головные блоки флажкового типа, устанавливаемые на верхних ригелях всех опор (за исключением наземной). Перед сборкой все элементы става раскладывают вдоль намеченной трассы конвейера, образуя в исходном для сборки положении ряд сложенных шарнирных пар. Высоту закрепления концов пролетных звеньев внутри опор либо определяют заранее по проектному профилю, либо находят на месте путем визирования на рейку намеченной линии уклона конвейера. Грузовые и холостые роликоопоры, несущие поперечины и ходовые трапы, перильные поручни устанавливают заранее до

подъема очередной шарнирной пары, что исключает необходимость производить монтаж и способствует безопасному и быстрому выполнению работ.

Для подъемных конвейеров с лентой выпускается линейный став ТСШМ-800 с шарнирно-звеньевой станиной и конвейером длиной 108, 86 и 70 м, масса которого с роликоопорами равна соответственно 11,3; 8,17, 6,2 т.

Подъемные переставные конвейеры в зависимости от места расположения приводного агрегата выпускаются в двух модификациях. Первая модификация характеризуется высотно-концевым расположением привода (у места разгрузки), а вторая – наземно-промежуточным расположением (у места перелома продольного профиля). Наземное расположение привода имеет ряд существенных преимуществ: уменьшаются высота, масса, габариты и стоимость остова приводного агрегата, улучшается его транспортабельность, облегчается сборка – разборка и перестановка конвейера. Поэтому конвейеры с наземным расположением привода получили наиболее широкое распространение (рис. 1.7).

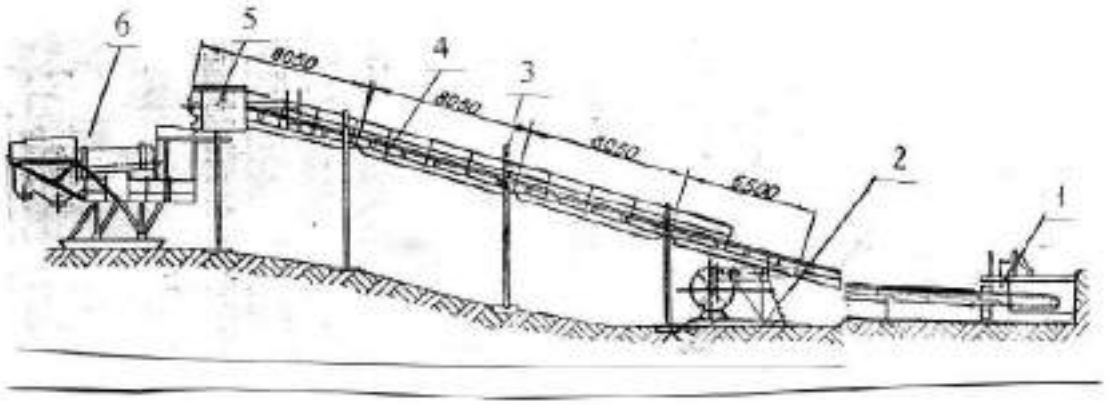


Рис. 1.7. Конвейер подъемный переставной шарнирный КППШ-II-800 с наземным размещением привода: 1 – загрузочный бункер; 2 приводной агрегат; 3 – промежуточные опоры; 4 – пролетные звенья; 5 – головная опора; 6 – промывочный прибор

В ряде случаев (при неблагоприятном рельефе местности или длине $L_{к.в}$ высотной части става, много большей длины $L_{к.н}$ его наземной части) может оказаться более целесообразным применение конвейеров с высотно-концевым расположением привода. Это объясняется тем, что при наземно-промежуточном расположении привода значительно возрастают усилия, передаваемые от ленты на элементы эстакадного става. Выпускается наземно-промежуточный агрегат АКПП-1Б-800 (агрегат конвейерного подъема для ленты шириной 800 мм). Масса АКПП 3,25 т, мощность электродвигателя 30 кВт. Приводные агрегаты включают бобину с червячным приводом для

наматывания конвейерной ленты. При перестановках конвейеров лента, намотанная на бобину, перемещается вместе с приводным агрегатом. Это позволяет уменьшить трудоемкость повторяемых при каждой перестановке процессов снятия и навески ленты и повысить ее сохранность. Серийно выпускаемый переставной подъемный конвейер КППШ-II-800 с лентой шириной 800 мм включает приводной агрегат АКПП-II-800, линейный став ТСШМ-800 и загрузочный бункер-питатель ББК-II-800. Намечен серийный выпуск переставного подъемного конвейера КППШ-I-1000 с лентой шириной 1000 мм.

Для доставочных конвейеров, линейный став которых не имеет высотной части, применяется простейший наземно-концевой приводной агрегат, представляющий собой приводную головку (с консольным, далеко вынесенным разгрузочным барабаном), смонтированную на базовой раме с полозьями, легким каркасом и навесом. Серийно выпускаемый доставочный переставной конвейер КЗП-1-800 с лентой шириной 800 мм имеет длину 120 м, мощность привода 22 и 30 кВт и массу 11,8 т.

В затратах на транспортирование горной массы ленточными конвейерами наибольшую долю составляют затраты на конвейерную ленту и ролики.

Роликовые опоры, являющиеся одним из основных элементов ленточных конвейеров, имеют существенный недостаток, который состоит в местном и линейном характере контакта ленты с опорной поверхностью (обечайками роликов) и соответственно в большой концентрации напряжений в местах контакта. В результате значительная часть энергии расходуется на перегибы и деформацию ленты на роликоопорах и вдавливание роликов в ленту (практически не более 30 % от общего сопротивления движения ленты затрачивается на преодоление сопротивления вращению роликов, остальные 70 % связаны с деформацией ленты). Это обстоятельство является одним из немаловажных факторов интенсивного износа как самой ленты – главного и наиболее дорогостоящего элемента ленточных конвейеров, так и самих роликоопор. Недостатки роликовых опор особенно сильно проявляются при транспортировании крупнокаменистой горной массы, когда отдельные валуны и крупные камни, проходя через ролики, создают в местах контакта с ними предельно большие динамические нагрузки, снижающие технический ресурс как самих роликоопор, так и ленты. Кроме того, встряхивание грузопотока на роликоопорах приводит к боковому осыпанию материала с ленты, обратному скатыванию валунов и требует уменьшить скорость ленты, производительность конвейера и угол его наклона.

Указанные недостатки традиционных роликоопор вызвали за последний период времени повышенный интерес к применению на ленточных конвейерах опор скольжения. Здесь можно выделить два направления: применение твердых опорных поверхностей, армированных антифрикционными ма-

териалами, обладающими пониженным коэффициентом сухого трения; использование воздушной или жидкостной подушки.

Главная задача первого направления состоит в изыскании для опор скольжения наиболее рационального материала, то есть достаточно дешевого и обладающего при необходимой прочности достаточно низким коэффициентом сухого трения. Испытываются различные полимерные материалы, фторопласт, тефлон, различные металлопластики, самосмазывающиеся пластики, пористые маслонаполненные материалы, включая древесину. Однако эта задача еще не решена, а ленточные конвейеры на твердых опорах скольжения с сухим трением промышленного внедрения пока не получили.

Часовая производительность ленточного конвейера (м³/ч) рассчитывается по формуле

$$Q_{лк} = \Theta \cdot (0{,}9B_{л} - 0{,}05)^{2} \cdot K_{тр} \cdot \upsilon_{л} \cdot \eta_{з}, \qquad (1.8)$$

где Θ – коэффициент, величина которого определяется формой ленты, углами наклона боковых роликов и откоса песков, Θ = 550 – 655;

$\upsilon_{л}$ – скорость движения ленты, м/с;

$B_{л}$ – ширина ленты, м;

$K_{тр}$ – коэффициент, учитывающий трудность транспортирования породы;

$\eta_{з}$ – коэффициент загрузки ленты.

1.5.2. Подъем песков гидротранспортом

Подъем к головному технологическому аппарату гидротранспортом применяется при значительной льдистости илисто-глинистых песков (льда более 30 %, илистых фракций 15–20 %), которые при оттаивании образуют плывун, не поддающийся транспортированию конвейерами. В этом случае размыв песков производится до подъема, а подъем осуществляется напорным гидротранспортом. Осуществляется гидротранспорт грунтовыми насосами (землесосами), гидроэлеваторами по трубам. Размыв и грубая классификация песков (отделение крупных камней и валунов) производится гидромонитором (рис. 1.8) на загрузочно-ограничительном устройстве – гидровашгерде.

Принцип работы гидровашгерда (рис. 1.9) заключается в следующем: пески бульдозером (или скрепером) подаются на приемную площадку перед гидровашгердом, решетка гидровашгерда не заваливается. Пески размываются напорной струей воды и подаются на решетку, где осуществляется окончательный размыв и грохочение. Надрешетный класс поднимается струей воды по обезвоживающему грохоту наклонного желоба и сбрасывается с его верхней кромки.

Для загрузки гидроэлеваторов, работающих, как правило, под ограничительной решеткой, установлен металлический футерованный загрузочный бункер, объём и высота которого приняты минимальными, чтобы в случае повреждений ограничительной решетки или перебоев в работе гидроэлеватора предотвратить его глубокий завал (рис. 1.10).

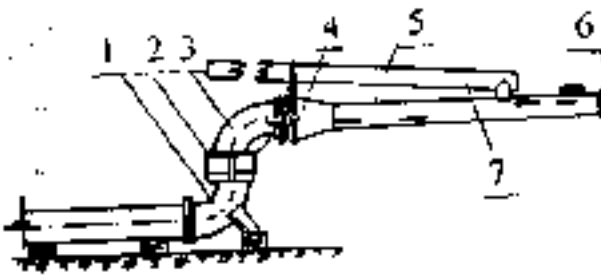


Рис. 1.8. Гидромонитор ГМН-250:
1 – нижнее колено; 2 – шарнир горизонтального поворота; 3 – верхнее колено; 4 – шаровой шарнир; 5 – ствол; 6 – насадка; 7 – водило

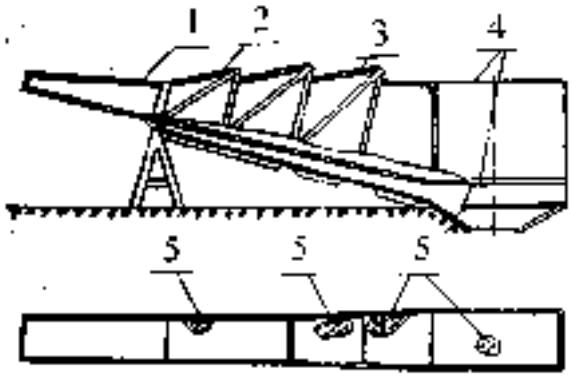


Рис. 1.9. Схема гидровашгерда:
1, 2, 3 – лотки передней, средней, концевой; 4 – загрузочный бункер; 5 – классификационные решетки

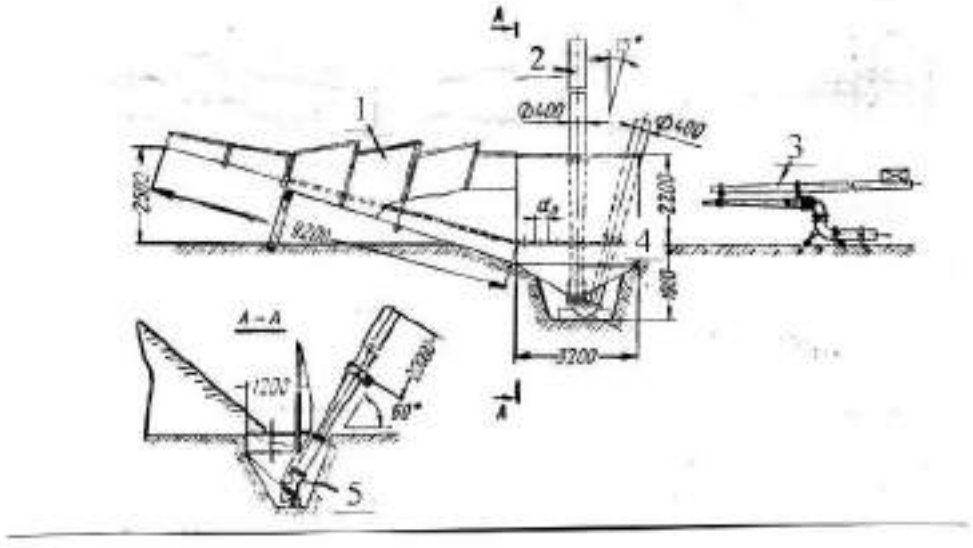


Рис. 1.10. Гидроэлеваторная установка производительностью 100 м^3/ч с загрузочно-ограничительным устройством гидровашгердного типа:1 – гидровашгерд ВГ-II-1200; 2 – пульповод; 3 – головной гидромонитор ГМН-200; 4 – загрузочный бункер с ограничительной решеткой; 5 – гидроэлеватор ГЭ-170/400

Для землесосов, работающих, как правило, на всасывание, под ограничительной решеткой гидровашгерда располагают зумпф, где происходит пульпообразование и располагается всас землесоса. Помимо воды от головного гидромонитора, поступающей с подрешетными фракциями гидровашгерда, в зумпф поступает безнапорная вода для получения необходимой степени разжижения пульпы. Объем котлована под загрузочное устройство для землесоса значительно больше, чем для гидроэлеватора.

Опыт показал, что при расположении всаса землесоса непосредственно у ограничительной решетки возможны резкие колебания степени разжижения пульпы (вплоть до полной закупорки всаса), связанные с циклично-прерывистым режимом подачи песков бульдозером. Во избежание этого всас землесоса следует смещать от ограничительной решетки на некоторое расстояние, увеличивая размеры зумпфа. Выпускаемые серийно гидровашгерды маркируются ВГ (вашгерд гидравлический) с указанием ширины ограничительной решетки в мм, например ВГ-1200, ВГ-1700.

Диаметр d_1 отверстий ограничительной решетки регулируется в широком диапазоне (обычно от 90 до 180 мм) в зависимости от мощности землесоса (или гидроэлеватора), ожидаемого гранулометрического состава песков и требуемой производительности промприбора. Выбор оптимального диаметра d_1 имеет большое значение. При заниженном диаметре d_1 чрезмерно возрастают выход удаляемых надрешетных фракций и трудоемкость работы на головном гидромониторе. Это приводит к снижению производительности промприбора и увеличению потерь полезного ископаемого с хвостами гидровашгерда. Завышенный диаметр d_1 требует чрезмерного (не соответствующего требуемой производительности) увеличения проходного сечения гидротранспортного средства, что приводит к снижению напорного и энергетического КПД, увеличению расхода воды, а также к повышенным потерям мелких и тонких зерен полезного ископаемого на обогатительных устройствах. Для создания возможности выбора оптимального диаметра d_1 в комплект серийного гидровашгерда включается несколько сменных ограничительных решеток с различным диаметром отверстий.

Ограничительные решетки подвержены интенсивному износу, по мере которого они теряют прочность и, деформируясь, создают опасность аварийных завалов зумпфа землесоса или напорно-приемного бункера гидроэлеватора. Для предотвращения таких завалов их изготовляют литыми из высокомарганцевой стали Г13Л, которая при ударной нагрузке упрочняется и приобретает высокую износостойкость. Закрепляются такие листы на загрузочном бункере путем двигания их в пазы, устроенные в верхней части бункера вдоль его длинных сторон.

Общая площадь ограничительных решеток гидровашгердов определяется допустимой нагрузкой на 1 м^2 по исходной горной массе, которую можно принимать от 18 до 22 м^3/ч (нижний предел относится к сильно каменистой горной массе с выходом надгрохотных фракций 12 – 15 %). Площадь наклонного желоба, армированного грохотами (с отверстиями диаметром 30 – 40 мм), на которых производят подъем, обмыв и обезвоживание надгрохотных фракций, также определяется по допустимой нагрузке на 1 м^2, которую можно принимать от 11 до 15 м^3/ч. По принятой рабочей площади ограничительной решетки и обезвоживающих грохотов наклонного желоба определяются остальные геометрические размеры гидровашгерда.

В настоящем учебном пособии не рассматриваются вопросы выбора оборудования размыва – гидромонитора, выбора грунтовых насосов (землесосов), их конструктивного исполнения и расчета гидротранспорта, так как все перечисленное рассматривается в курсе «Гидромеханизация». Ограничимся технической характеристикой оборудования, широко применяемого при разработке россыпей (табл. 1.10, 1.11, 1.12).

Гидроэлеватор – самое простое устройство для напорного гидротранспорта. Достоинства гидроэлеватора по сравнению с грунтовыми насосами:

– простота конструкции (отсутствие движущихся частей, небольшие размеры и масса);
– надежность в работе (они допускают любые концентрации твердого в пульпе, вплоть до сухой загрузки, не чувствительны к подсосу воздуха);
– незначительные затраты на приобретение и эксплуатацию.

Таблица 1.10

Технические характеристики грунтовых насосов типа ЗГМ

Наименование показателей	Марка грунтового насоса			
	ЗГМ-1	ЗГМ-2	ЗГМ-2М	ЗГМ-1-350А
Диаметр рабочего колеса, мм	630, 700	850	850	856, 856, 910
Количество оборотов, с$^{-1}$	12,1; 12,1	9,7	12,1	9,7; 12,1; 9,7
Давление насоса, МПа	0,285; 0,37	0,43	0,53	0,38; 0,61; 0,43
Подача по воде, м^3/ч	1250, 1500	1400	1900	1800, 1900, 1900
Допустимая высота всасывания, м	6; 6	5	5,7	5,5; 4,5; 5,5
Максимальный КПД, %	63, 66	74	65	69; 69; 70
Число лопастей	3, 3	3	3	3; 3; 3
Наименьшее проходное сечение, мм	200; 200	180	190	210; 210; 210
Коэффициент быстроходности	130, 110	100	100	100; 90; 90
Масса грунтового насоса, т	3,82	3,4	3,4	4,01
Диаметр всасывающего патрубка, мм	300	300	350	350
Диаметр напорного патрубка, мм	300	300	300	350
Мощность двигателя, кВт	250, 320	310	630	500, 630, 500

Таблица 1.11

Основные технические характеристики грунтовых насосов типа Гр

Марка насоса	Мощность привода насоса, кВт	Расход по воде, $м^3/ч$	Максимальное давление МПа	Частота вращения рабочего колеса, $с^{-1}$	Диаметр рабочего колеса, мм	Масса насоса, т
ГрУ 800/40	200	800	0,40	12,1	700	1,955
ГрТ 800/71	400	800	0,71	16,1	730	4,545
ГрТ 1250/71	630	1250	0,71	16,1	720	5,020
ГрК 1600/50А	250	890	0,48	12,1	740	3,160
ГрК 1600/50	500	1600	0,50	14,1	840	3,250
ГрТ 1600/50А	250	800	0,48	12,1	740	3,510
ГрТ 1600/50	500	1600	0,50	12,1	840	3,570
ГрУ 1600/25	250	1600	0,25	12,1	650	2,040
ГрУ 2000/63	630	2000	0,63	9,7	1050	6,885
ГрУТ 2000/63	330	1850	0,47	9,7	920	—
ГрУТ 2000/63	500	2000	0,55	9,7	980	—
ГрУТ 2000/63	620	2200	0,63	9,7	1030	8,850
ГрТ 4000/71А	1250	3800	0,58	8,1	1250	15,520
ГрТ 4000/71	1600	4000	0,71	8,1	1390	14,615
ГрУТ 4000/71	750	3650	0,49	8,1	1200	—

Недостатки гидроэлеватора:

– низкий КПД (напорный КПД не превышает 0,27 – 0,30);

– высокий абразивный износ основных деталей.

Серийно выпускаются гидроэлеваторы типа ГЭ-140/250, 170/350, 170/400, 190/400 (ГЭ – гидроэлеватор, числитель – диаметр горловины, знаменатель – диаметр пульповода). Принцип работы гидроэлеватора основан на непосредственной передаче энергии от одного потока жидкости к другому. Поток с большим запасом энергии называют рабочим, им является напорная вода, поступающая от насоса. Поток с меньшим запасом энергии называют перекачиваемым (им является пульпа, поступающая из загрузочного бункера гидровашгерда).

Основными параметрами, обусловливающими эффективность работы гидроэлеватора, являются:

– коэффициент отношения напоров β;

– коэффициент подсасывания α;

– соотношение площадей поперечного сечения насадки и горловины $m = 1/\beta$;

– КПД гидроэлеватора.

Таблица 1.12

Технические характеристики гидромониторов

Характеристики	ГДУ-250	ГМН-250	ГМН-250С	ГМЦ-250	ГМДУЭГ-250	ГМП-250	ГМД-250	ГМСД-300	ГМД-300	ГМДУ-300	ГМН-350	ГМ--350 (190)
Рабочее давление воды, МПа	1,0	1,5	1,5	1,6	1,6	2,0	2,5	1,6	3,0	3,0	2,0	2,0
Диаметр входного отверстия, мм	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	350	350
Расход воды, $м^3/ч$	1600	—	до 1530	до 800	до 2340	до 2000	до 2750	до 2920	до 4000	до 3800	до 4500	4500
Угол поворота, град:												
- в горизонтальной плоскости	100	360	360	360	360	360	360	—	330	360	270	180
- вверх	32	32	27	35	30	27	30	—	40	27	26	26
- вниз	28	18	27	30	30	27	30	—	20	27	10	10
Диаметры сменных насадок, мм	50,65, 75,90, 100	51, 63, 76, 89	50, 70, 90, 100, 150	51, 63, 76, 89, 100	75, 90, 100, 110, 125	80, 100, 110, 125	80, 100, 110, 125	100, 115, 125, 140	125, 140, 150	100, 115, 125, 140	150, 160, 165, 175	125, 150, 190, 165, 190
Габаритные размеры, мм:												
- длина	4165	2528	3200	3460	1448	4048	4420	9000	—	5625	6870	—
- ширина	1500	—	570	1860	1250	690	2190	2105	—	2465	2270	—
- высота	1120	—	1460	1400	1600	1378	1640	2200	—	2680	2950	—
Управление (Д – дистанционное) (Р – ручное)	Д	Р	Р	Р	Д	Р	Д	Д	Д	Д	Д	Д
Масса, кг	1030	182	196	445	1080	318	1035	7360	4000	3000	7000	9500

Рис. 1.11. Конструктивная (а), расчетная (б) схемы гидроэлеватора и - график зависимости (в) между коэффициентом подсасывания (α) и коэффициентом соотношения напоров (β):1 - водовод, 2 - задвижка, 3 - присоединительный патрубок, 4 - насадка, 5 - камера смешивания, 6 - горловина, 7 - диффузор, 8 - трубопровод, 9 – пульповод

Коэффициент отношения напоров

$$\beta = H_{об}/(\varphi_н^2 \cdot H_р), \quad (1.9)$$

где $H_р$ - полный напор рабочего потока у входа в насадку, м;

$H_{об}$ - напор, который должен развить (обеспечить) гидроэлеватор, м;

$\varphi_н$ - скоростной коэффициент у насадки, $\varphi_н \approx 0{,}95 \div 0{,}97$.

Величина β принимается исходя из следующих положений:

а) для высоты подъема песков гидроэлеватором $h_г = 3 \div 6$ м $\beta \approx 0{,}1 \div 0{,}25$;

б) для $h_г = 6 \div 12$ м $\beta \approx 0{,}2 \div 0{,}36$;

в) для $h_г \geq 15$ $\beta \approx 0{,}25 \div 0{,}40$.

Коэффициент отношения весового расхода транспортируемой смеси (засасываемые материалы: песок, гравий) к весовому расходу рабочей жидкости называют коэффициентом подсасывания (рис. 1.11):

$$\alpha = (\rho_м \cdot Q_м)/(\rho_р \cdot Q_р). \quad (1.10)$$

Величину α принимают по графику в зависимости от величины β (рис. 1.11,в): β = 0,39, α = 0,5; β = 0,33, α = 0,7; β = 0,26, α = 1,0; β = 0,2, α = 1,32; β = 0,15, α = 1,85; β = 0,1, α = 2,85.

$\rho_м$, $\rho_р$ - плотность перекачиваемого материала и рабочей жидкости, т/м³;

$Q_м$, $Q_р$ - расход перекачиваемого материала и рабочей жидкости, м³/с.

Величина, обратная коэффициенту отношения напоров, характеризует отношение площадей смесительной камеры и насадки:

$$m = 1/\beta = \frac{\pi D_г^2}{4} / \frac{\pi d_н^2}{4} = \frac{D_г^2}{d_н^2}. \quad (1.11)$$

Соотношение $m \cdot \beta = 1$ справедливо для гидроэлеваторов с расстоянием от насадки до устья горловины $z = 2d_н$.

Следует иметь ввиду, что гидроэлеватор будет работоспособным, когда пропускная способность при скорости в горловине $\upsilon_г$ будет больше скорости, обеспечиваемой рабочим напором

$$\upsilon_г = \frac{4(Q_р + Q_м)}{\pi D_г^2} > 1{,}16\sqrt{2g(h_г + h_\ell)} = 1{,}16\sqrt{2g(H_{об} - h_{вак})}, \quad (1.12)$$

где $h_г$ – геодезическая высота от места выпуска пульпы до гидроэлеватора;

h_ℓ – потери напора в нагнетательной трубе.

Определение параметров гидроэлеватора рассмотрим на примере.

Пример расчета гидроэлеватора

Возможный напор рабочего потока $H_р$ = 60 м. Плотность пульпы (транспортируемого материала) $\rho_м$ = 1,08 т/м³, расход $Q_м$ = 0,2 м³/с. Геодезическая высота всасывания $h_{вс}$= 1,25 м, геодезическая высота подъема пульпы $h_г$ = 4,5 м; максимальный размер транспортируемого куска материала 120 мм.

Таблица 1.13

Конструктивные и гидравлические параметры гидроэлеваторов с приемной воронкой

Конструктивные параметры, мм			Гидравлические параметры							
$d_г$	$d_н$	Z	η	$H_р$, м	$Q_р$, л/с	$Q_м$, л/с	$\upsilon_п$, м/с	$\upsilon_р$, м/с	$\upsilon_г$, м\с	$H_{об}$,м
82	53	440	0,26	30	50	25	2	23	14,2	8,6
116	75	615	0,26	30	100	50	2,5	23	14,3	*.6
141	91	746	0,26	30	15050	55	3	23	14,3	8.5
69	44	367	0,26	60	50	25	2	32,4	20,1	17.3
97	63	522	0,26	60	100	50	2,5	32,4	20,1	17,1
120	77	637	0,26	60	150	75	3	32,4	20,1	17,1
62	40	333	0,26	90	50	25	2	39,6	24,4	25,7
88	57	484	0,26	90	100	50	2,5	39,6	24,4	25,6
108	70	575	0,26	90	150	75	3	39,6	24,4	25,5

1. Минимальный диаметр горловины $d_{г.min}$ принимается не менее чем в 1,3 больше, чем величина максимального куска:

$$d_{г.min} = 1,3 \cdot 120 = 160 \text{ мм.}$$

2. Определяем общий необходимый напор $H_{об}$, вакуумметрическую высоту всасывания, потери напора в нагнетательной трубе:

$$H_{об} = h_{вак} + h_{\ell} + h_г ,$$

где $h_{вак} = h_{вс} + h_{\ell.вс} = 1,25 + 0,5 = 1,75$ м;

$h_{\ell.вс}$ – потери во всасывающей трубе, принимаем равными 0,5м;

$h_{вс}$ - геодезическая высота всасывания, м;

h_{ℓ} - потери напора в нагнетательной трубе, м; h_{ℓ} принимаем равным 3 м, тогда

$$H_{об} = 1,75 + 3 + 4,5 = 9,25 \text{ м.}$$

3. Определяем требуемый напор рабочей жидкости:

$$H_р = (H_{об} / \varphi^2 \beta) = (9,25 / 0,95^2 \cdot 0,19) = 54 \text{ м,}$$

где φ = 0,75 - скоростной коэффициент;

β = 0,19 принимаем в соответствии с геодезической высотой подъема по графику (см. рис. 1.11).

4. Определяем расход рабочей жидкости

$$Q_{\rho} = (\rho_{м} \cdot Q_{м} / \rho_{м} \cdot \alpha) = (1{,}08 \cdot 0{,}2 \,/\, 1{,}0 \cdot 1{,}4) = 0{,}216/1{,}4 = 0{,}1535 \text{ м}^3/\text{с},$$

где $\rho_{м}$ = 1,08 т/м^3 по условию;

$Q_{м}$ = 0,2 м^3/с по условию;

α = 1,4 принимаем по эмпирической зависимости в соответствии с величиной β.

5. Скорость истечения воды из насадки

$$\upsilon_{н} = \varphi \sqrt{2gH_{р}} = 0{,}95\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 54} = 30{,}95 \text{ м/с}.$$

6. Диаметр насадки

$$d_{н} = \sqrt{4Q_{р} / \pi\upsilon_{н}} = \sqrt{4 \cdot 0{,}1535 / 3{,}14 \cdot 30{,}95} = 0{,}0795 \text{ м} = 79{,}5 \text{ мм}.$$

7. Диаметр горловины

$$d_2 = \sqrt{m d_{н}^{\,2}} = \sqrt{5{,}27 \cdot 0{,}0063} = 0{,}182 \text{ м} = 182 \text{ мм}.$$

8. Скорость смеси рабочей жидкости и транспортируемого материала:

- создаваемая рабочими характеристика потоков

$$\upsilon_{г} = 4\,(Q_{р} + Q_{м}) \,/\, \pi \cdot d_2^{\,2} = 4(0{,}1535 + 0{,}2) \,/\, 3{,}14 \cdot 0{,}182^2 = 13{,}55 \text{ м/с};$$

- создаваемая за счет напора потока

$$\upsilon_{г.р.} = 1{,}16\sqrt{2g(h_{г} + h_{\ell})} = 1{,}16\sqrt{2 \cdot 3{,}81(3{,}0 + 4{,}5)} = 13{,}5 \text{ м/с}.$$

$\upsilon_{г} > \upsilon_{г.р.}$ – гидроэлеватор работоспособен.

9. Определяем КПД гидроэлеватора:

$$\eta = (Q_м \cdot \rho_м \cdot H_{об} \cdot 100) / Q_р \cdot \rho_р \cdot (H_р - h_{вак}) =$$

$$= (0{,}2 \cdot 1{,}08 \cdot 9{,}25 \cdot 100) / 0{,}1535 \cdot 1{,}0 \cdot (54 - 1{,}75) = 25\ \%.$$

10. Определяем параметры пульповода (величина потерь в пульповоде не должна превышать 3 м):

- принимаем диаметр пульповода $D_п$ =400 мм, тогда скорость в пульповоде

$$\upsilon_п = (Q_р + Q_м) \cdot 4/\pi \cdot d_н^2 = (0{,}3535 \cdot 4) / (3{,}14 \cdot 0{,}4^2) = 2{,}82 \text{ м/с};$$

- определяем потери напора при движении чистой воды:

$$h_\ell' = \lambda\,(l / D) \cdot (\upsilon^2/2g) = 0{,}0263 \cdot (60/0{,}4) \cdot (2{,}82^2/2 \cdot 9{,}81) = 1{,}58 \text{ м},$$

с учетом движения пульпы

$$h_\ell'' = 1{,}2 \cdot h_\ell' = 1{,}2 \cdot 1{,}58 = 1{,}9 \text{ м},$$

с учетом местных сопротивлений

$$h_{ср} = 1{,}05 \cdot 1{,}9 = 2{,}0 \text{ м}.$$

Потери напора $h_{\ell р}$ меньше принятых нами при расчете элеватора h_ℓ = 3 м, т. е. принятый $D_п$ =400 мм и скорость 2,82 м/с являются приемлемыми.

$$h_\ell = 3 \text{ м}$$

11. Рассчитаем параметры диффузора (рис. 1.12).

Угол конусности первой части диффузора 2º, второй - 4º и третьей - 13º.

В конце первой части скорость потока должна быть снижена на

$$\Delta\upsilon = (\upsilon_г - \upsilon_п)/3 = (13{,}55 - 2{,}82)/3 = 3{,}57 \text{ м/с},$$

т. е. $\upsilon_1 = \upsilon_г - \Delta\upsilon = 13{,}55 - 3{,}57 = 9{,}98$ м/с.

Рис. 1.12. Схема диффузора (конструкция П. Н. Каменева)

Диаметр диффузора в конце первой части

$$D_{\text{д.1}} = \sqrt{4Q_{\text{об}} / \pi \upsilon_1} = \sqrt{4 \cdot 0{,}35 / 3{,}14 \cdot 9{,}98} = 0{,}213 \text{ м}.$$

Длина диффузора $L_1 = (D_{\text{д.1}} - d_{\text{г}})/(2 \text{ tg } 1^{\text{o}}) = 915$ мм;

Скорость потока в конце второго участка

$$\upsilon_2 = 9{,}98 - 2{,}57 = 7{,}41 \text{ м/с};$$

$$D_{\text{д.2}} = \sqrt{4Q / \pi \upsilon_2} \ (4\,Q / \pi\, \upsilon_2) = 266 \text{ мм};$$

$$L_2 = (D_{\text{д.2}} - D_{\text{д.1}})/(2 \text{ tg } 2^{\text{o}}) = 760 \text{ мм};$$

$$L_2 = (D_{\text{П}} - D_{\text{д.2}}) / (2 \text{ tg } 6^{\text{o}}30') = 587 \text{ мм}.$$

Общая длина диффузора $L_{\text{д}} = 945 + 760 + 587 = 2262$ мм.

1.6. Дезинтеграция и грохочение песков

1.6.1. Определение дезинтеграции и грохочения

Под дезинтеграцией понимают процесс разделения (разъединения, разрыхления) песков на составляющие минеральные частицы без дробления этих частиц. Дезинтеграция производится до полного высвобождения частиц

полезного минерала (золота, платины, олова, алмазов) от глинистого материала. Поэтому под степенью дезинтеграции понимают, прежде всего, разделение глинистого материала до 0,1 – 0,074 мм.

$$\varepsilon_{0,1} = (G_{0,1}/G_0)\cdot 100\ \%, \qquad (1.13)$$

где G_0 – количество глинистого материала в исходных песках, кг/м³;

$G_{0,1}$ – количество глинистого материала крупностью менее 0,1 мм после дезинтеграции, кг/м³.

Для предварительного обогащения продезинтегрированные пески разделяют обычно на две фракции на грохотах, выделяя крупную фракцию – галечный материал (галю) крупнее +8 (+16; +20) мм и эфельную фракцию – эфеля -8 (-16; -20) мм. Галечный материал удаляется в галечный отвал, эфельная фракция поступает на дальнейшее обогащение.

Эффективность разделения продезинтегрированного материала при грохочении оценивается по формуле

$$\lambda = (G_{\text{п.р}}/G_{\text{о}})\cdot 100\ \%, \qquad (1.14)$$

где $G_{\text{о}}$ – количество глинистого материала в подрешетном продукте, кг/м³.

Дезинтеграция песков производится в дезинтегрирующих машинах, которые разделяются на следующие группы:

- барабанные (барабанные грохоты, скрубберы);
- шнековые (корытные и мечевые мойки);
- вибрационные;
- гидравлические (гидровашгерды, шлюзы).

На промывочных приборах широко применяются гидровашгерды, шлюзы и барабанные дезинтеграторы. Барабанные дезинтеграторы, в свою очередь, делятся на глухие, перфорированные и комбинированные.

Глухие дезинтеграторы представляют собой барабан, расположенный под небольшим углом к горизонту, их еще называют скрубберами, глухими бутарами, промывочными барабанами.

Перфорированные дезинтеграторы представляют собой также барабан, расположенный под углом к горизонту на опорных роликах, но вся поверхность барабана перфорирована. Такие дезинтеграторы еще называют дражными бочками, барабанными грохотами, бутарами.

Комбинированные дезинтеграторы состоят из глухого и перфорированного ставов, их называют скрубберами, скруббер-бутарами.

1.6.2. Перфорированные дезинтеграторы

Барабанный грохот (бочка) и распределитель служат для грохочения, дезинтеграции и первичной классификации песков, а также равномерного распределения пульпы по сторонам и ярусам улавливающей аппаратуры.

Барабанный грохот обычно цилиндрической формы состоит из верхнего и нижнего бандажей, каркаса, перфорированных листов, приемного и выпускного глухих ставов (рис. 1.13) и внутреннего набора (рис. 1.14). Бандажи бочки крепятся к глухим подбандажным листам и придают ей требуемую жесткость по окружности. В продольном сечении бандажи соединены друг с другом мощным каркасом из профильной стали, к которому крепятся все остальные элементы конструкции бочки. Каркас по длине разделен в зависимости от мощности на 4–8 ставов, заполненных сеющими листами, которые крепятся к последнему посредством болтовых соединений. Все отверстия в сеющих листах имеют конусообразное расширение в направлении наружной поверхности бочки, что предотвращает возможность их закупорки породой. На рабочей поверхности перфорированных листов с целью достижения лучшей дезинтеграции пород и предохранения листов от повышенного износа смонтирован внутренний набор, состоящий из продольных и поперечных стыковых планок и порогов. Размер отверстий в сеющих листах бочки устанавливается в зависимости от ситовой характеристики зерен полезного ископаемого. Внутри бочки расположена оросительная труба с насадками, через которые напорная вода направляется на промываемые пески. Мелкий материал (эфель), проваливаясь, попадает в распределитель, а затем на улавливающие устройства. Крупная (галечная) фракция породы проходит по всей длине бочки и разгружается в галечный лоток, откуда через контрольный самородкоулавливающий прибор поступает на стакер и транспортируется в отвал.

Барабанные дезинтеграторы значительных размеров широко применяются на драгах, вероятно, поэтому барабанные дезинтеграторы даже на маломощных промывочных приборах называют дражными бочками.

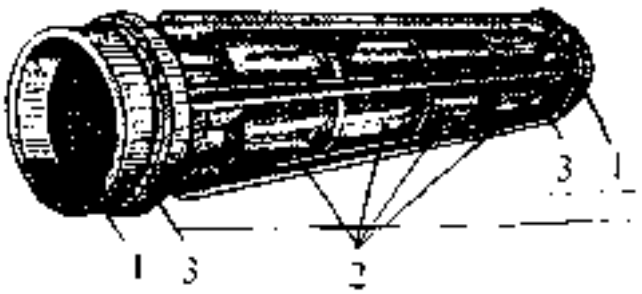


Рис. 1.13. Общий вид дражной бочки:1, – глухие ставы; 2 – перфорированные ставы; 3 – бандаж

Таблица 1.14

Техническая характеристика барабанных дезинтеграторов (дражных бочек)

Показатели	Тип драги		Тип бочки на промывочной установке	
	250Д	ОМ–431	ГБ–1,5	АБГ–1–1000
Производительность, м³/ч	250	280	до 120	до 120
Размеры перфорированного става, м:				
– диаметр	2,4	2,7	1,5	1,5
–длина	16,37	16,74	4,2	3,2
Масса, т	56,16	73,2	5,05	1,81

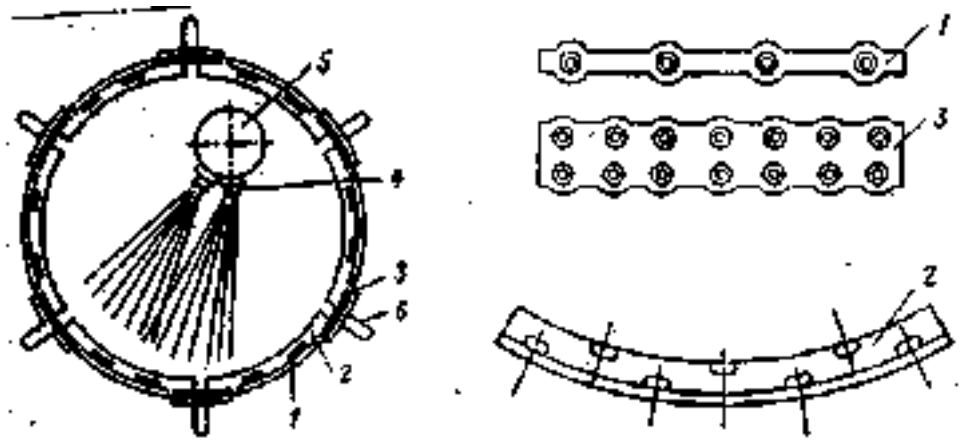


Рис. 1.14. Расположение дезинтегрирующих устройств в дражной бочке:1 – продольные наборины; 2 – кольцевые пороги; 3 – защитные планки; 4 – насадки; 5 – оросительная труба; 6 – каркас бочки

Материал, перемещающийся в барабанном грохоте, можно условно разделить на два слоя: нижний, который движется возвратно-поступательно, частично скольжением по круговым траекториям, и верхний, который в верхней части отрывается от поверхности барабана и ссыпается вниз каскадом (рис. 1.17).

Перемещение материала скольжением определяет возможность его грохочения, а каскадное перемещение – дезинтеграцию. Одновременная относительно высокая эффективность дезинтеграции и грохочения песков в дражной бочке достигается при определенной производительности.

Для расчета производительности м^3/ч, бочки как ленточного транспортера существует несколько формул (по Л. Б. Левинсону):

$$Q = 600 n \times \mathrm{tg} 2\alpha \times \sqrt{R^3 \times h^3}\ , \text{ м}^3/\text{час} \qquad (1.15)$$

где α – угол наклона грохота (6-7°);

R - радиус барабана, м;

h - толщина слоя материала (не более 0,2 диаметра барабана), м.

Производительность бочки как грохота (по П. Е. Егупову), м³/ч

$$Q = 110 \cdot K_c \cdot K_д \cdot R^3 \cdot n \cdot \mathrm{tg}2\alpha, \qquad (1.16)$$

где K_c - коэффициент, учитывающий влияние площади живого сечения;

$K_д$ - коэффициент, учитывающий влияние длины грохота.

При расчетах производительности по данной формуле заполнение барабана равно 0,09 – 0,1 % площади поперечного сечения. Коэффициенты K_c и $K_д$ определяются по графикам, экспериментально определенным во ВНИИ-1 (рис. 1.15 и 1.16). При существующих размерах сеющих листов и при стандартной перфорации площадь живого сечения их составляет от 7 до 15,9 %, коэффициент K_c по графику (рис. 1.16) равен от 0,3 до 0,5. При изготовлении сеющих листов из более прочных материалов можно увеличить площадь и коэффициент живого сечения, а следовательно, и оптимальную производительность грохота.

Рис. 1.15. Зависимость коэффициента длины грохочения $K_д$ от отношения длины к диаметру грохота $L : D$

Рис. 1.16. Зависимость коэффициента K_c от площади живого сечения грохота

Соотношение между диаметром отверстий сеющих ставов бочки и площадью живого сечения

Размер перфорации, мм	8	10	12	14	16	18
Площадь живого сечения, %	17,1	18,2	21,3	22,2	23,4	24,6

Оптимальной, или эффективной, производительностью принято считать производительность грохота, при которой эффективность грохочения по пескам крупностью –16 +0 мм составляет не менее 65 – 70 %.

1.6.3. Комбинированные дезинтеграторы-скрубберы

Скрубберы наиболее широко распространены на промывочных приборах. Скруббер – это два последовательно соединенных барабана - глухого и перфорированного. В таком скруббере операции дезинтеграции и грохочения разделены. Необходимость разделения дезинтеграции и грохочения обусловливается их противоречивым характером.

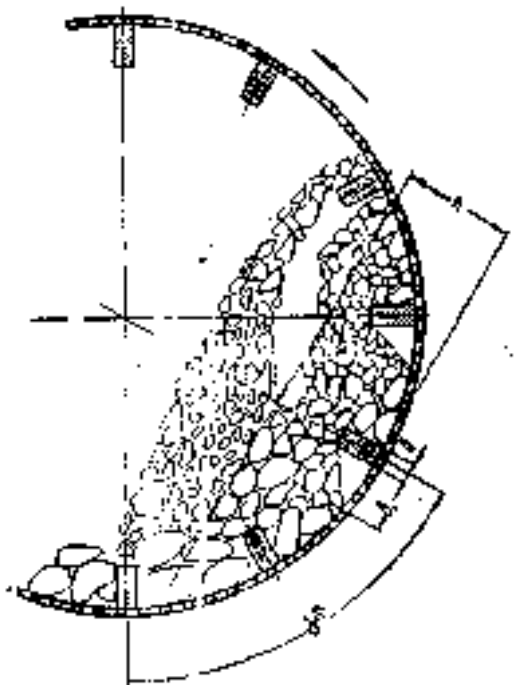


Рис. 1.17. Поперечное сечение барабанного грохота

1. Увеличение высоты слоя породы h_c повышает эффективность дезинтеграции, так как чем больше масса песков, тем лучше истирание. Вместе с тем увеличение высоты слоя не увеличивает эффективность грохочения – грохочение требует минимальной высоты h_c.

2. Для улучшения дезинтеграции требуется максимально возможный угол подъема песков α, это снижает, в свою очередь, грохочение, так как уменьшается проекция отверстий на горизонтальную плоскость.

3. Дезинтеграцию улучшает присутствие в бочке крупных камней и валунов, так как они играют роль дробящих и истирающих тел, превращая бочку в галечную мельницу. Однако наличие крупного материала снижает грохочение – они располагаются внизу на сеющей поверхности и перекрывают отверстия.

4. Для дезинтеграции целесообразно иметь внутри бочки небольшую водяную ванну, способствующую размоканию глины. По отношению к грохочению ванна займет часть сеющей поверхности грохота.

5. Дезинтеграция повышается при наличии на внутренней поверхности бочки системы наборин, по отношению к грохочению наборины перекрывают сеющую поверхность грохота. Например, на стандартных бочках 150-; 250-; 380 (400)- литровых драг наборинами и порогами перекрыто около 15 % сеющей части поверхности. Кроме того, наборины создают затененные полосы шириной b (рис. 1.17). Это обстоятельство не позволяет произвольно увеличивать высоту наборин.

6. Совмещение процессов дезинтеграции и грохочения в одном аппарате дражной бочки растягивает фронт просеивания материала на большую длину. При этом просеивание очень неравномерно: на первых участках очень большое; на последних – незначительное.

На первых участках просеиваются мелкие кусочки глины, что снижает извлечение металла. Это обусловливает неодинаковую перфорацию, вначале мелкие отверстия (~ 8 мм), затем крупные. Уменьшение отверстий резко снижает грохочение, а мелочь растягивается все же в зону крупных отверстий.

Таким образом, совмещение операций дезинтеграции и грохочения нерационально, поэтому эти операции разделены в комбинированных дезинтеграторах – скрубберах. Каждая часть скруббера выполняется так, чтобы она в наибольшей степени соответствовала выполняемой операции.

Глухой став служит для дезинтеграции и снабжается дезинтегрирующими наборинами и порогами оптимальной высоты.

Перфорированный состав служит для грохочения материала и освобожден от порогов и наборин, имеет одинаковую перфорацию по всей длине.

Достоинства скрубберов:

1. При равной технологической эффективности скрубберы имеют в 1,3÷1,5 раза более высокую производительность.

2. При равной нагрузке на 1 м² площади шлюзов общие технологические потери золота на драгах (в основном из-за недостаточного

грохочения и дезинтеграции) составляют 6-8 %, на скрубберах – 2-3 % по отчетным данным приисков. При общем несоответствии этих показателей истинным потерям ввиду неточности эксплуатационного опробования, они правильно характеризуют соотношение потерь.

В золотодобывающей промышленности применяются прямоточные односитовые и двухситовые скрубберы (табл. 1.15) в основном двух типов – ДС и АСК (рис. 1.18 и 1.19, ДС – Дальстрой; АСК – агрегат скрубберный).

Таблица 1.15

Техническая характеристика типов скрубберов, применяемых в золотодобывающей промышленности

Параметры	(ДС-М) 0,8	(ДС-Б) 1,4	Скруббер-бочка	Агрегат скрубберный АСК	
				1	2
Диаметр глухого барабана, м	0,8	1,4	0,8	1,6	1,8
Длина глухого барабана, м	3,2	2,8	1,9	2,4	3,2
Длина перфорационной части, м	2	2,8	1,5	1,8	2,5
Высота порога, м	0,1	0,2	—	—	—
Частота вращения, об/мин	20	15 – 17	20	18 – 20	16 – 18
Крупность питания, мм	100	200			
Производительность, м³/ч	15	50	16	25	50
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	14	—	—	—
Масса (с приводом), т	6,3	10,4	—	—	—

Рис. 1.18. Скруббер прямоточный односитовой ДС-Б-1,4 (перфорация отверстий 16 мм)

Рис. 1.19. Скрубберный агрегат АСК-1-200:1 – глухой (дезинтегрирующий) став; 2 – листы наружного грохота с мелкими отверстиями; 3 – листы внутреннего разгрузочного предохранительного грохота; 4 – концевой барабанный колосник с крупными отверстиями; 5 – эфелесборник; 6 – водовод; 7 – опорная ферма

Существенными недостатками односитового скруббера являются следующие:

на сеющую поверхность поступают пески неограниченной крупности, в том числе большие камни и валуны, поэтому снижается эффективность грохочения, возникают другие отрицательные последствия;

перфорированные листы сеющего става крепятся непосредственно к элементам несущего каркаса (продольным балкам и поперечным связям), поэтому теряется часть полезной площади грохота;

нет возможности регулировать интенсивность дезинтеграции в зависимости от промывистости песков.

Эти недостатки устранены в двухситовых скрубберах. Для этого в сеющую часть става введен дополнительный разгружающий барабанный грохот с отверстиями, исключающими попадание на основную сеющую поверхность крупного материала.

Для регулирования интенсивности дезинтеграции песков в зависимости от их промывистости скрубберы устанавливаются на шарнирной и

домкратной опорах. Это позволяет изменить угол наклона, регулируя таким образом время нахождения песков в скруббере. Угол наклона обычно принимается в пределах 7 - 12º, а число оборотов должно обеспечить окружную скорость 1,3 - 1,7 м/с.

Длина глухого става $l_д$ принимается исходя из промывистости песков, для месторождений Северо-Востока рекомендуется $\upsilon = (l_д / l_с) = 0{,}5 – 1{,}7$, где $l_с$ - длина сеющей поверхности бочки - рассчитывается исходя из производительности барабанного грохота, м. Для легкопромывистых песков $\upsilon = 0{,}5 – 0{,}8$, для среднепромывистых $\upsilon = 1{,}4 – 1{,}7$.

Основные размеры скруббера ориентировочно определяются на основании максимального размера куска материала d_{max} и допустимых удельных нагрузок на внутреннюю поверхность бочки $g_{б.п}$, полный внутренний объем $g_{б.о}$, основную сеющую поверхность g. На приисках Северо-Востока удельные нагрузки составляют: $g_{б.п}$ = 1,5 ÷ 3,5 м³/м²/ч; $g_{б.о}$ = 4 ÷ 7 м³/м²/ч; g = 4 ÷ 7 м³/м²/ч.

Производительность скруббера определяется аналогично производительности дражной бочки, однако наличие у скруббера порога предопределяет некоторое отличие: скруббер имеет производительность даже при горизонтальном положении. Это объясняется наличием большей высоты у кольцевого входного порога (h_1 + h_3), чем высота выходного порога. Поэтому материал размещается под некоторым углом θ к горизонту. Величина θ зависит от сыпучести и степени разжижения песков и колеблется от 30′ до 1º, составляя в среднем 0º45′.

Производительность в горизонтальном положении Q_θ, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_\theta = 600 \cdot n_б \cdot \mathrm{tg}2\theta \cdot \sqrt{(R - h_2)^3 \cdot h^3}\,, \qquad (1.17)$$

где $n_б$ - скорость вращения бочки, об/мин;

θ - угол наклона поверхности породы в бочке, град;

R - радиус барабана, м;

h - высота песков в бочке, м;

$$h = h_1 – h_2 – h_3 – l_д \,\mathrm{tg}\theta,$$

h_1 - высота входного порога, м;

h_2 - высота выходного порога, м;

h_3 - запас высоты входного порога, гарантирующий возможность обратного просыпания породы, м.

Наклон бочки под углом β увеличивает ее производительность на величину, м³/ч:

$$Q_\beta = 600\, n_б \cdot \operatorname{tg}2\beta \cdot \sqrt{(R - h_2)^3 \cdot h^3}\ ; \qquad (1.18)$$

$$h_0 = h_1 - h_2 - h_3.$$

Общая производительность скруббера

$$Q_{ск} = Q_\beta + Q_\theta.$$

Транспортирующая способность сеющего става всегда больше, поэтому нами не рассматривается.

1.7. Основная концентрация золота на шлюзах и отсадочных машинах

1.7.1. Схематическое устройство шлюзов и отсадочных машин

Шлюзы являются простейшими аппаратами гравитационного обогащения, которые широко применяются для обогащения россыпей золота, платины, вольфрама, олова, а также на флотационных фабриках. Шлюзы особенно эффективны при плотности ценного минерала более 6 – 6,5 т/м³. Шлюз представляет собой длинный наклонный деревянный или металлический желоб (лоток) прямоугольного сечения, по которому движется поток пульпы: тяжелые минералы оседают из потока на дно, удерживаясь на шероховатых покрытиях или трафаретах шлюза, более легкие минералы уносятся потоком и сливаются в отвал (рис. 1.20). После накопления тяжелых минералов производится съемка осадка (концентрата) – сполоск. Различают шлюзы глубокого наполнения (высота потока пульпы более 30 – 120 мм) и шлюзы мелкого наполнения с меньшей глубиной потока (до 30 мм). Наклон шлюзов составляет 6 – 8º, ширина лотков 0,7 – 1,2 м.

Отсадка производится на аппаратах, которые называются отсадочными машинами. Разделение минералов по плотности происходит в горизонтально перемещающихся пульсирующих потоках пульпы, причем процесс происходит на решете, на котором размещается слой материала, называемый постелью (рис. 1.21).

Рис. 1.20. Поперечное сечение шлюза:1 – желоб, лоток; 2 – резиновые коврики; 3 – металлические трафареты; 4 – прижимные брусья-плинтусы

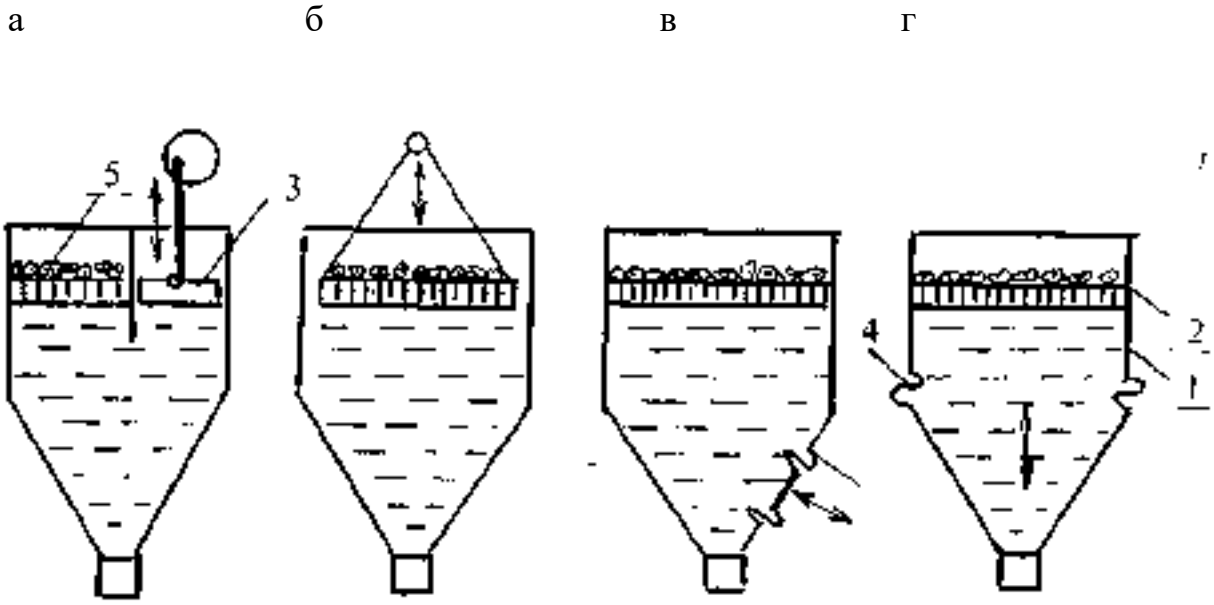


Рис. 1.21. Схемы отсадочных машин:а, в, г – с неподвижным решетом; б – с подвижным решетом; 1 – корпус; 2 – решето; 3 – поршень; 4 – диафрагма; 5 – «постель»

Постель образуется из крупных и тяжелых зерен руды, которая подвергается отсадке. Иногда на решете создают искусственную постель из крупных частиц тяжелого материала: металлической дроби, магнетита, галенита и др. По состоянию решета отсадочные машины делятся на машины с неподвижным и подвижным решетом. По типу механизмов, создающих пульсацию потока, выделяют машины поршневые и диафрагменные (см. рис. 1.21). Под действием пульсирующей струи воды минералы, поступающие в отсадочную машину (над решетом), расслаиваются по плотности. Тяжелые зерна проходят через постель, собираются в нижней части конического днища и периодически выгружаются через разгрузочное отверстие. Легкий продукт разгружается через сливной порог за решетом.

1.7.2. Основные принципы гравитационного обогащения

Гравитационные методы обогащения основаны на разделении минеральных зерен различного удельного веса под действием сил тяжести и инертности (а также центробежной силы) и силы сопротивления проникновению этих частиц в различные среды (воздух, воду или суспензию твердых частиц в воде) под действием вертикальных или горизонтальных импульсов движущейся среды. Основные свойства среды, влияющие на процесс обогащения, – это удельный вес и вязкость. Предварительная классификация обогащаемого материала по крупности частиц или же по удельному весу способствует гравитационному обогащению. Критерием легкости разделения минеральных зерен методами гравитационного обогащения является следующее отношение:

$$K_g = (\delta_т - \delta_с)/(\delta_л - \delta_с), \qquad (1.19)$$

где K_g – показатель обогатимости гравитационными методами;

$\delta_т$ – плотность зерен тяжелых минералов;

$\delta_л$ – плотность зерен легких минералов;

$\delta_с$ – плотность среды.

Если значение K_g более 2,5, то разделение минералов легкоосуществимо при любой крупности материала; при значении его в 1,75 оно практически возможно только до +0,2, +0,147 мм; при 1,5 до +1,65 мм; при 1,25 – только при крупности в несколько миллиметров, при K_g < 1,25 гравитационное обогащение материала практически невозможно (за исключением обогащения в тяжелых суспензиях).

Таблица 1.16

Значение показателя обогатимости K_g для различных минералов при $\delta_с = 1$ и $\delta_л = 2{,}7$ г/см³

Минерал	Средняя плотность $\delta_т$, г/см^3	Показатель обогатимости K_g	Предельная крупность обогащения, мм
Золото	17	9,4	Не ограничена
Платина	18	10	То же
Касситерит	6,9	3,5	- " -
Вольфрам	7,3	3,7	- " -
Монацит	5,1	2,4	+0,147
Колумбит	6	2,9	Не ограничена
Магнетит	5,2	2,5	+0,147
Гранат	3,9	1,7	+0,3
Алмаз	3,5	1,47	+0,83 (1/50 кар.)

Соотношение между диаметром равнопадающих зерен называют коэффициентом равнопадаемости. По П. В. Лященко, коэффициент равнопадаемости определяется по формуле

$$e_G = d_1/d_2 = \psi_2 \cdot (\delta_2 - \delta_с)/\psi_1 \cdot (\delta_1 - \delta_с), \qquad (1.20)$$

где d_1 и d_2 – крупность частиц;

ψ_2 и ψ_1 – коэффициенты гидродинамических сопротивлений по Релею $(\psi = f(Re)$.

Гравитационные методы обогащения не имеют единой общепринятой теории. До сего времени теоретические представления о разделительных процессах гравитационного обогащения носят характер гипотез. В теоретических исследованиях выделены два научных направления - детерминистское и вероятностно-статистическое. В основу первого положено исследование закономерностей движения отдельных зерен (отдельных классов зерен) вначале в свободных, а затем в стесненных условиях, с использованием законов классической механики, гидравлики, гидро- и аэродинамики. Вероятностно-статистическое направление базируется на закономерностях стохастических процессов.

1.7.3. Обогащение на прямолинейных шлюзах с улавливающим покрытием

Обогащение на прямолинейных шлюзах с улавливающим покрытием является основным способом извлечения самородного золота из россыпей.

Широкое его применение обусловлено простейшим аппаратурным оформлением, высокой степенью концентрации, отсутствием необходимости других источников энергии, кроме транспортирующего водного потока минимальными эксплуатационными расходами.

Основной его недостаток – неполное извлечение золота, особенно мелкого. Учитывая все возрастающую долю мелкого золота в запасах и ресурсах россыпного золота, очень важно обозначить потенциальные возможности этого способа обогащения за счет оптимизации его параметров и рационализации конструкции шлюзов.

Для эффективного обогащения на шлюзах необходимо, чтобы разность плотностей полезных и породных минералов была бы значительной: значение показателя обогатимости $(\rho_т - \rho_ж)/(\rho_л - \rho_ж)$ должно быть более 3,5. В этом случае на шлюзах обогащают пески с очень небольшим содержанием полезных минералов и имеют при этом высокую производительность аппарата.

На шлюзах обогащают неклассифицированные или имеющие широкий диапазон крупности бедные материалы. Верхний предел крупности 100 мм. Для обеспечения транспортирования таких зерен необходимы высокие скорости потоков. Но при этом в потоке должно обеспечиваться образование постели – разрыхленного придонного слоя зерен. Совместить эти требования возможно при условии предварительного разделения материала по крупности:

- 100 (200) +16 мм – обогащение на шлюзах глубокого наполнения (со скоростью потока до 3 м/с);
- 16 +0 мм – обогащение на шлюзах малого наполнения – подшлюзках (со скоростью потока до 1÷1,5 м/с).

Исключая начальный и концевой участки, гидродинамика потока по длине шлюза не меняется, поскольку не меняется уклон шлюза, дебит и консистенция пульпы.

По аналогии с некоторыми другими физическими процессами (например, процессом седиментации полидисперсных материалов). О. В. Замятин предложил формулу

$$\varepsilon = 1 - \exp(-k \cdot l), \qquad (1.21)$$

где ε – извлечение золота (или других шлиховых минералов), доли ед.;

l – длина шлюза, м;

k – коэффициент, называемый автором константой осаждения (улавливания) по длине шлюза и коэффициентом кинетики.

Численное значение коэффициента кинетики обратно пропорционально квадрату средней скорости потока и прямо пропорционально отношению квадрата гидравлической крупности (скорости свободного падения) к геометрической крупности зерен расчетной фракции.

Минимальное значение скорости потока на шлюзах ограничивается двумя условиями: указанным выше условием селективности и необходимостью сохранения транспортирующей способности потока для твердой фазы с учетом ее максимальной крупности и консистенции двухфазного потока.

В общем случае, чтобы обеспечить условия для обогащения при снижении средней скорости потока, необходимо уменьшить глубину потока, что возможно при сокращении максимальной крупности обогащаемых песков.

В табл. 1.17 в качестве примера приведены значения критической (минимальной) скорости и соответствующей глубины потока для шлюзов с самотечным транспортированием обогащаемых песков при различной их крупности, типичном ситовом составе, удельной нагрузке по твердому 5 и 8 м³/ч на 1 м ширины шлюза и уклоне шлюза 8º.

Результаты одного из экспериментов (рис. 1.22) наглядно показывают, как изменяется извлечение золота при изменении скорости потока в процессе обогащения на шлюзах песков крупностью – 16 мм и – 3(4) мм.

Таблица 1.17

Значения критической (минимальной) средней скорости, соответствующей глубины потока и разжижения питания в зависимости от максимальной крупности обогащаемых песков

Параметры	Удельная нагрузка, м³/ч на 1 м ширины	Значение параметра при максимальной крупности обогащаемых песков, мм				
		4	6	8	10	15
Минимальное значение средней (по глубине) скорости потока, м/с	5	0,93	1,0	1,05	1,09	1,18
	8	1,09	1,17	1,23	1,28	1,38
Глубина потока, мм	5	15,5	17	18	19	20,5
	8	19,5	21	22	23	25
Минимальное отношение Ж : Т (по объему) в питании	5	9,5	11	12,5	13,5	16
	8	8,5	10	11,5	12,5	14,5

При обогащении песков мельче 16 мм оптимальное значение поверхностной скорости в условиях эксперимента находится в пределах 1,3 – 1,4 м/с ($\upsilon_{ср} \approx$ 1,1 – 1,2 м/с), а при обогащении песков мельче 3(4) мм – в

пределах 0,8 – 0,9 м/с ($\upsilon_{ср} \approx 0,7 – 0,8$ м/с). Падение скорости потока ниже указанных пределов приводит к резкому снижению извлечения золота из-за заиливания трафаретов и заэфеливания шлюзов. Уменьшение максимальной крупности обогащаемых песков с 16 до 3(4) мм в данном случае повысило извлечение с 82,5 до 93 %.

Рис. 1.22. Извлечение золота в зависимости от скорости потока на шлюзах при обогащении песков максимальной крупности 16 мм (1) и 3 (4) мм (2) (при учащенном сполоске концентрата)

Для повышения извлечения золота, особенно мелкого, ограничение максимальной крупности обогащаемых на шлюзах песков является наиболее эффективным способом. Верхний предел крупности песков, обогащаемых на шлюзах с самотечным транспортированием, целесообразно ограничивать 4 (5) мм, так как в большинстве районов россыпной золотодобычи более крупный материал не содержит свободного («россыпного») золота, то есть является отвальным. В каждом конкретном случае, исходя из теоретических предпосылок, на шлюзах целесообразно обогащать только золотосодержащие классы крупности, если есть техническая возможность удалить без потерь золота более крупные, в частности, грохочением.

Указанные закономерности приведены без учета влияния на процесс обогащения улавливающего покрытия шлюза (трафарета) и слоя минеральных зерен, находящихся в ячейках трафарета – постели. По мере работы шлюза постель уплотняется, что осложняет дальнейшее улавливание зерен золота.

В практике разработки россыпей предварительная классификация заключается в грохочении песков на гидровашгерде, барабанном грохоте (дражной бочке, скруббере) с выделением из процесса первичной концентрации на шлюзах фракции более 20 (16)…80 (120) мм. На шлюзы поступает практически не классифицированный материал. В зависимости от крупности обогащаемых песков шлюзы разделяются:

– шлюзы глубокого наполнения для песков крупностью до 150 – 200 мм (ШГН);
– шлюзы среднего наполнения для песков до 25 – 40 мм (ШСН);
– шлюзы мелкого наполнения для песков крупностью менее 18 – 20 мм (ШМН).

Основные факторы, определяющие режим работы шлюзов:

- скорость движения потока $\upsilon_{ср}$;
- разжижение пульпы (соотношение Ж **:** Т по объему);
- наполнение шлюза (глубина потока h);
- удельная нагрузка по твердому на 1 м² шлюза;
- удельная нагрузка по твердому на 1 м ширины шлюза;
- частота съемки концентрата со шлюзов (частота сполоска).

Таблица 1.18

Параметры работы шлюзов (по Б. В. Невскому)

Параметры	Крупность песков, мм						
	6	6–12	12–25	25–50	50 –100	100–200	более 200
Минимальное Ж **:** Т (по объему)	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	16–20	более 20
Минимальная средняя скорость потока, м/с	1–1,2	1,2-1,6	1,4-1,8	1,6-2,0	1,8-2,2	2,0-2,5	2,5-3,0
Коэффициент глубины потока	2,5-3	2,2	1,7-2	1,5-1,7	1,3-1,5	1,2-1,3	1,0-1,2

Ширина одной секции шлюза составляет 0,7 – 0,9 м. Если расчетная ширина шлюзов больше этих величин, то устанавливают несколько параллельно работающих шлюзов. При выбранных скоростях и наполнении потока ширина шлюза определяет его производительность.

Работа шлюзов определяется удельной производительностью по твердому в расчете на 1 м ширины шлюза или на 1 м² улавливающей площади его.

Оптимальная удельная производительность зависит от крупности обогащаемого материала (степени наполнения и скорости потока), а также содержания металла и тяжелых минералов в песках.

Оптимальная удельная производительность дражных шлюзов – от 0,4 до 1,5 м³/(м²/ч); в пересчете на 1 м ширины шлюзов составляет от 40 до 60 м³/ч.

Зависимость извлечения золота от подачи на шлюз по данным исследований

Производительность, м³/(м²/ч) ……	0,7	0,7 – 0,5	0,5 – 0,3
Извлечение золота, % ……..	90,5	92,5	97,0

1.7.4 Шлюзы глубокого наполнения

Применяемые на промприборах шлюзы глубокого наполнения могут служить для обогащения неклассифицированных и классифицированных крупных фракций. Шлюзы для обогащения неклассифицированных крупных фракций, используемые в основном на промприборах с гидравлической загрузкой, выполняют разборно-переставными и передвижными (рис. 1.23).

Рис. 1.23. Разборно-переносной шлюз глубокого наполнения:1 – головная секция; 2 – линейная секция; 3 – хвостовая приставка; 4 – трафареты лестничного типа; 5 – отбойная броня; 6 – монтажная лебедка; 7 – стойка с боками для подъема трафаретов; 8 – тяговый канат; 9 – стропа для захвата трафаретов; 10 – груз натяжного устройства

Разборно-переставные шлюзы состоят из головной и линейных секций, а также хвостовой приставки, в днище которой устроен люк для сброса концентрата при сполоске. Головная секция имеет приемную камеру с патрубками для присоединения пульпопровода. В вертикальной плоскости пульповоды примыкают под углом 45 и 60º. Патрубки снабжены резиновыми манжетами, допускающими изменение угла примыкания пульповода в пространстве на 7 - 8º от оси каждого направления, и сальниковыми устройствами, допускающими осевое перемещение его в обе стороны на 0,5 м. Для гашения остаточного напора пульпы и предохранения от износа приемной камеры служит лобовая отбойная броня, выполненная из сменных секций, отлитых из стали Г–13Л и имеющих зубчатую поверхность. Это способствует дезинтеграции песков и увеличивает сопротивляемость износу благодаря усилению эффекта наклепа стали. Все секции шлюзов имеют с обеих сторон присоединительные фланцы и снабжены полозьями для передвижки на короткие расстояния в процессе перестановки и монтажа промприбора.

Технологическая армировка шлюза состоит из массивных планочных трафаретов лестничного типа (высота планок 90 мм, расстояние между планками 150 мм, угол наклона планок 75º), под которыми укладывают маты или резиновые коврики. Из-за больших массы и размеров трафаретов их подъем требует значительных усилий, что делает процесс сполоска трудоемким и длительным. Для механизации подъема трафаретов было предложено много устройств. Из них наилучшим оказалось устройство, основанное на применении универсальной монтажной лебедки ЛМ-2,5. Устройство состоит из ряда стоек, на головке которых укреплены по два блока – продольный и угловой. По продольным блокам от лебедки проходит основной тяговый канат, постоянное натяжение которого создается подвешенным на его конце грузом. К тяговому канату около каждой стойки с помощью съемных зажимов прикреплены короткие стропы, огибающие угловые блоки. Трафареты выполнены в виде шарнирно присоединенных к борту шлюза секций (по два на каждую секцию шлюза) и снабжены на противоположной шарниру стороне петлями, за которые при подъеме цепляют крючки стропов. Для подъема трафаретов на угол 180º достаточно включить лебедку на 0,4 – 0,5 мин. Подъем можно производить в любом сочетании трафаретных секций и на различный угол (регулируя места закрепления стропов на тяговом канате).

Серийно выпускаются ШГ-II-720, ШГ-III-1000 и ШГ-II-1250 с внутренней рабочей шириной 0,72, 1 и 1,25 м соответственно и длиной линейных секций 5 м. В комплект входит головная и четыре линейных секции, что соответствует общей длине собранного шлюза около 27 м. В такой комплектности масса шлюзов равна 5400, 6400 и 7500 кг

соответственно. Изменять длину шлюзов можно путем набора необходимого числа секций.

Разборно-переставные шлюзы устанавливают на деревянных эстакадах, земляных насыпях или отвалах горной массы. Чтобы обеспечить самотечно-разносную уборку крупных хвостов, шлюзы располагают на значительной высоте, что требует большого объема земляных или строительных работ для сооружения оснований. При длительной работе промприбора на одном месте это не имеет существенного значения. Однако при частых перестановках (более одного раза за промывочный сезон) большая стоимость горно-подготовительных работ ощутимо влияет на себестоимость металла. В таких случаях шлюзы целесообразно выполнять в виде передвижных агрегатов на полозьях.

Шлюзы глубокого наполнения для обогащения классифицированных крупных фракций используют на промприборах с механической загрузкой при технологической схеме 2 (верхний предел крупности обогащаемых фракций d_1 = 40 ÷ 70 мм). В этом случае шлюз выполняют в виде передвижного агрегата (рис. 1.24), состоящего из остова на полозьях, шлюза (угол наклона которого регулируется с помощью винтовых опор), обезвоживающего сотрясательного или неподвижного плоского грохота и наклонного конвейера для возврата обезвоженной гали на главный галечный стакер.

Рис. 1.24. Передвижной шлюзовой агрегат для обогащения крупных фракций:1 - шлюз глубокого наполнения; 2 – обезвоживающий грохот; 3 – сборный кожух обезвоживающего грохота с отводным лотком; 4 – ленточный конвейер возврата мелкой гали на стакер; 5 – остов на полозьях

Диаметр отверстий в обезвоживающем грохоте обычно равен или меньше диаметра d_3 (для облегчения условий разноса эфелей). При благоприятном рельефе местности, допускающем уборку крупных фракций в разнос, узел обезвоживания и возврата гали на стакер может быть отключен.

Расчет основных параметров шлюзов глубокого наполнения производится по методике, рассмотренной в п. 1.7.7. Исходные величины принимаются следующие: $h_п/d_1$ = 1,5÷0,8; скорость потока $\upsilon_п$ = 1,8÷3 м/с; $q_{ш.ш}$ = 60÷40 м³/м²/ч; $q_{ш.п}$ = 2,5÷1,8 м³/м²/ч. Первые цифры соответствуют d_1 ~ 140÷150 мм. При правильно выбранных параметрах степень разжижения пульпы x = Ж : Т = 15÷18, а уклон шлюза $i_ш$ = 0,11÷0,13.

Как уже отмечалось, основным недостатком шлюзов глубокого наполнения является низкая эффективность улавливания мелкого и тонкого золота. Предпринимаются попытки устранить его. Стремление сохранить при этом важные преимущества шлюзов глубокого наполнения (простоту и надежность) не позволяет вводить двухфракционное разделение с выделением и обогащением мелкой фракции. Применявшиеся на приисках простые различные устройства (трафареты особых конструкций, ртутные ловушки и др.) либо не давали заметных результатов, либо оказывались непригодными в эксплуатационном отношении.

1.7.5. Шлюзы мелкого и среднего наполнения

Для обогащения эфелей применяют эфельные шлюзы мелкого или среднего наполнения и эфельные отсадочные машины.

Передвижной обогатительный агрегат с многосекционными шлюзами мелкого наполнения состоит из шлюзового блока (рис. 1.25), который опирается с помощью двух шарнирно-винтовых устройств и поперечных ригелей на остов, снабженный широкими полозьями.

Шлюзовой блок, представляющий собой группу параллельно расположенных шлюзовых секций, выполнен самонесущим, т. е. на основе указанного выше принципа совмещения технологических и силовых функций. Опыт конструирования и изготовления таких агрегатов показал, что объединение в одном цельносварном блоке более двух секций приводит к технологическим трудностям при их изготовлении. Поэтому, если число секций в шлюзовом агрегате больше трех, целесообразно их разделить на несколько параллельно расположенных цельносварных блоков, опирающихся на общие ригели и объединенных общим головным приемно-распределительным звеном.

Рис. 1.25. Обогатительный агрегат АШП-I-6 · 720 (АШГМ-II-1000):1 – шлюзовые двухсекционные блоки; 2 – распределитель пульпы; 3 – поворотные перья с кулисно-зажимными устройствами; 4 – верхние шарнирно-винтовые опоры; 5 – нижние шарнирно-винтовые качающиеся опоры; 6 – остов; 7 – приемная воронка

Эффективная работа многосекционных шлюзов зависит от равномерного распределения пульпы (по расходу и плотности) между секциями. При числе секций до восьми эта задача успешно решается с помощью лоткового одноярусного расширяющегося распределителя открытого типа с поворотными перьями.

В приемной воронке относительно небольшого диаметра, расположенной в головке распределителя, происходит перемешивание и выравнивание плотностей потоков пульпы, поступающих из эфелесборника барабанного грохота промывочной бочки. Плоское днище лотка распределителя расположено на 3 – 5^{o} круче днища шлюзов и не имеет улавливающих покрытий. Армируется оно листовой футеровкой. Для распределения пульпы между секциями служат встроенные шарнирно закрепленные перья, поворот и фиксацию которых производят с помощью

винтовых зажимов, взаимодействующих с верхней поперечной связью корпуса распределителя. Зажимы укреплены на ползунах кулисного типа, перемещающихся относительно поворотного пера неподвижной поперечной связи корпуса. Равномерное поперечное распределение пульпы достигается при $\alpha \leq 25^{\circ}$ (угол расширения бортов лотка). Поэтому длина лотка растет пропорционально числу секций. При числе секций более восьми лотковый распределитель открытого типа становится слишком громоздким. В данном случае, а также в случае распределения пульпы между отдельными обогатительными агрегатами, приемно-загрузочные отверстия которых расположены на значительном расстоянии, следует применять радиально-трубные распределители закрытого типа, получившие применение на последних моделях отечественных драг. Поэтому в случае необходимости производить учащенные сполоски в течение смены (например, при значительном количестве в песках тонкого золота или извлечении других ценных минералов, содержащихся в шлихах), целесообразно количество шлюзовых секций в агрегате предусматривать на одну больше их расчетного числа.

Важное значение имеет рациональная конструкция шарнирно-винтовых опор, с помощью которых производится регулирование угла наклона шлюзов. Опоры выполнены в виде четырех мощных винтов трубчатой конструкции с наружной ленточной резьбой (по два винта с каждой стороны). Винты, расположенные со стороны головки шлюзов, имеют большие длину и ход. Они снабжены качающимися на цапфах поворотными гайками, направляющими и рукоятками.

На шлюзовом блоке шарнирно закреплены поперечины ходовых мостиков и стойки перильных брусьев. При числе секций менее шести следует делать двухсторонние ходовые мостики, поперечины для которых шарнирно подвешивают к днищу шлюзового блока. В случае большого числа секций можно ограничиться установкой вдоль обоих крайних бортов перильных стоек с поручнями и настилкой трапов поверх шлюзов.

Номинальная ширина $B_{\text{с}}$ шлюзовых секций принимается равной 520, 600 и 720 мм. Для шлюзов мелкого наполнителя промприборов и промывочных фабрик, использующих двухфракционную технологическую схему, обычно принимают $B_{\text{с}}$ = 720 мм. Число секций определяется в зависимости от производительности промприбора, способа подачи песков (механического или гидравлического), крупности эфелей, обогатимости песков. Наибольшее число секций имеют шлюзы с гидравлической подачей (особенно с гидроэлеваторной), у которых для снижения скорости потока до минимального значения шлюзовой блок должен иметь большую ширину.

Для промприборов с механической и гидравлической загрузкой выпускаются 2-, 4- и 6-секционные обогатительные агрегаты со шлюзами мелкого наполнения.

Рекомендуемый типоразмерный ряд обогатительных агрегатов со шлюзами мелкого наполнения, которым охвачены все применяемые и перспективные типоразмеры промывочных установок, характеризуется следующими данными:

Агрегат	Число секций	Рабочая длина шлюзов, м	Рабочая площадь, $м^2$	Масса, т
АШП-1-2×720 (АШП-1-700)	2	9,6	13,8	4
АШП-1-4×720 (АШП-1-1200)	4	9,6	27,6	5,8
АШП-II-6×720 (АШГМ-II-1000)	6	9 (6,5)	38,8 (28)	9 (7,2)
АШП-1-8×720	8	9	51,8	11

Технологическая армировка секций, имеющих ширину 720 мм, состоит из трафаретов лестничного типа высотой 35 мм, под которыми укладывают мягкие покрытия (резиновые коврики или маты).

Диапазон регулирования угла наклона шлюзовых блоков у всех агрегатов изменяется в пределах 7 – 13º.

Выполнять расчет улавливающей способности и технологических параметров эфельных шлюзов на основе теории процессов гравитационного обогащения (п. 1.7.2.) не имеет практического смысла. Это объясняется тем, что такие факторы, как влияние разнообразной формы зерен, их взаимодействие в процессе стесненного движения в потоке пульпы при переменной концентрации твердого, различные конструктивные и геометрические параметры улавливающих покрытий, продолжение на шлюзе процесса дезинтеграции мелких комков и высвобождения из них зерен полезного ископаемого и т. д. не могут быть учтены в теоретическом расчете. Поэтому расчетные данные сильно отличаются от практических данных.

Для определения главных технологических параметров эфельных шлюзов может быть рекомендована методика, основанная на следующих предпосылках. Во-первых, шлюзы должны обеспечивать транспортирующую способность потока, необходимую для достижения заданной производительности, при минимально допустимых (для заданной крупности фракций) скорости $\upsilon_{\text{П}}$ и наполнении $h_{\text{П}}$, а также степени разжижения, превышающей (без ограничения верхнего предела) некоторое граничное

значение $x_{\min}$ = 9÷10. Во-вторых, длина шлюзовых секций должна быть не меньше некоторой величины, установленной практикой для россыпей данного типа. Дополнительным критерием реальности принятых параметров шлюза могут служить установленные практикой для россыпей данного типа значения часовой производительности шлюзов по твердому на 1 м² рабочей площади улавливающих покрытий на 1 м ширины шлюзов.

Согласно первой предпосылке, основным фактором, определяющим технологические возможности шлюзов как обогатительного средства, является крупность горной массы d, от которой зависят скорости и наполнение потока, определяющие извлекающую способность шлюзов. Очевидно, что чем меньше крупность d, тем меньше можно принять значения $v_{\text{п}}$ и $h_{\text{п}}$. При этом будет выше извлекающая способность шлюза. С этим связано основное требование, состоящее в том, что диаметр $d_{\text{З}}$ отверстий сеющей поверхности мелкого грохочения должен всегда иметь минимальное значение, допустимое с точки зрения обеспечения необходимой эффективности грохочения.

Ограничение минимальной степени разжижения имеет практический смысл только для промприборов с механической подачей песков, у которых расход технологической воды не связан с процессом транспортирования и может быть принят в строгом соответствии с требованиями технологического процесса на шлюзах. У приборов с гидравлической подачей он всегда намного больше необходимого его минимального значения.

Технологические параметры шлюзов рекомендуется определять в следующей последовательности. Обычно задаются техническая производительность Π промприбора, диаметр d отверстий сеющего става бочки, гранулометрический состав песков. Тогда необходимая техническая производительность шлюзов, м³/ч

$$\Pi_d = \chi_d E \Pi, \tag{1.22}$$

где χ_d – доля фракций менее диаметра d;

E – эффективность грохочения, доли единицы.

Для промприборов с механической подачей песков по заданной оптимальной степени разжижения x определяется расход технологической воды, л/с:

$$Q = x \cdot \Pi_d / 3{,}6. \tag{1.23}$$

Тогда расход пульпы на шлюзах, л/с

$$Q_{\text{п}} = Q + x \cdot \Pi_d / 3{,}6 = (x + 1)\, \Pi_d / 3{,}6. \qquad (1.24)$$

Для промприборов с гидравлической подачей песков расход пульпы на шлюзах заранее задан. Он зависит от степени разжижения x_3 пульпы в гидротранспортном пульпопроводе или на головном шлюзе и определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = x_3 \cdot \Pi + \Pi_d = \Pi(x_3 + \chi_d \cdot E). \qquad (1.25)$$

После установления расхода пульпы следует задаться (в соответствии с диаметром d)главными гидравлическими параметрами $\upsilon_{\text{п}}$ и $h_{\text{п}}$ потока, определяющими транспортную и обогатительную способность шлюзов. Следует принимать $\upsilon_{\text{п}}$ = 1,2÷1,6 м/с и $h_{\text{п}} / d$ = 2,5÷1,5. Меньшие значения $\upsilon_{\text{п}}$ и большие значения $h_{\text{п}} / d$ относятся к фракциям крупностью d_3 = 12 ÷ 15 мм, а большие значения $\upsilon_{\text{п}}$ и меньшие значения $h_{\text{п}} / d$ – к фракциям крупностью d_2 = 28÷30 мм.

Суммарная рабочая ширина шлюзового блока определяется по формуле, м

$$\Sigma B_{\text{с.р}} = Q_{\text{п}} / (1000 \cdot \upsilon_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}). \qquad (1.26)$$

Необходимое число шлюзовых секций

$$z_{\text{с}} = (\Sigma\, B_{\text{с.р}}) / (B_{\text{с}} - 2b_{\text{пл}}), \qquad (1.27)$$

где $B_{\text{с}}$ – номинальная ширина одной секции, м;

$b_{\text{пл}}$ – ширина бортовых плинтусов для крепления трафаретов, м.

Если число $z_{\text{с}}$ дробное, его округляют до ближайшего целого или же меняют значение $B_{\text{с}}$ в принятых пределах. Рабочую длину $L_{\text{с}}$ секций шлюзов мелкого наполнения по опыту работы приисков следует принимать $L_{\text{с}} \geq 8$ м. Для секций шлюзов среднего наполнения $L_{\text{с}} \geq 11$ м.

Найденные параметры шлюзов оцениваются по их удельной часовой производительности по твердому.

Производительность, приходящаяся на 1 м номинальной ширины шлюзового блока, м³

$$q_{\text{ш.ш}} = \Pi_d / \Sigma B_{\text{с}}.$$

Производительность, приходящаяся на 1 м² площади шлюзового блока, м³:

$$q_{\text{ш.п}} = \Pi_d / (L_{\text{с}} \Sigma B_{\text{с}}),$$

где $\Sigma B_{\text{с}}$ – суммарная номинальная ширина секций шлюзового блока, м.

На основании опыта эксплуатации для конвейерно-скрубберных пром-приборов можно принимать $q_{\text{ш.ш}} = 10 \div 14$ м³/м·ч и $q_{\text{ш.п}} = 1{,}1 \div 1{,}4$ м³/м²·ч.

Нижние пределы относятся к фракциям крупностью $d_3 = 12 \div 15$, а верхние – к фракциям крупностью $d_2 = 28 \div 30$ мм.

Для промприборов с гидравлической подачей проверку параметров шлюзов по их удельной производительности можно не производить, так как из-за высокой степени разжижения пульпы значения $q_{\text{ш.ш}}$ и $q_{\text{ш.п}}$ здесь всегда на много ниже допускаемых.

Необходимый уклон шлюзового блока определяется по формуле Шези

$$i_{\text{ш}} = \upsilon_{\text{п}}^2 / (C_{\text{г}}^2 \cdot R_{\text{г}}), \qquad (1.28)$$

где $R_{\text{г}}$ – гидравлический радиус потока, м;

$$R_{\text{г}} = h_{\text{п}} \cdot B_{\text{с}} / (2h + B_{\text{с}}),$$

$C_{\text{г}}$ – коэффициент, зависящий от шероховатости армированного днища шлюзовых секций.

При планочных трафаретах

$$C_{\text{г}} = 40 / (1 + 1/\sqrt{R_{\Gamma}}).$$

При правильно выбранных параметрах шлюзов $i_{\text{ш}} = 0{,}09 \div 0{,}12$. Оптимальное значение $i_{\text{ш}}$ следует определять при каждой перестановке

промприбора, регулируя в процессе его работы наклон шлюзового блока с помощью шарнирно-винтовых опор.

На промприборах с механической подачей песков оптимальная с экономической точки зрения степень разжижения пульпы на шлюзах мелкого наполнения близка к предельному технологическому минимальному значению: $x = 9 \div 10$. На промприборах с гидравлической подачей песков фактическое разжижение пульпы, которое возникает на многосекционных шлюзах мелкого наполнения, определяется по формуле

$$x = x_З \cdot П/П_d.$$

Обычно выход эфелей составляет около 50 %, т. е. в большинстве случаев $П \approx 2П_d$, а $x \approx 2x_З$. На гидроэлеваторных промприборах при крупнокусковой горной массе обычно $x_З \geq 15$, т. е. на многосекционных шлюзах мелкого наполнения степень разжижения составляет $x > 30$. При выполнении требования о сохранении значений $\upsilon_п$ и $h_п$ на уровне, минимально допустимом для данной крупности эфелей, улавливающая способность шлюзов не уменьшается. Как уже отмечалось, повышенные потери золота на промприборах ПГБ-1-1000 объясняются не чрезмерной степенью разжижения пульпы на шлюзах, а недостаточным числом шлюзовых секций на обогатительных агрегатах АШГМ-II -1000.

После определения главных геометрических параметров шлюзового блока производится прочностной расчет его корпуса.

1.7.6. Шлюзы для извлечения мелкого золота

Для улавливания мелкого золота сегодня предлагается большое количество устройств, в том числе шлюзы мелкого наполнения, отсадочные машины, центробежные концентраторы, винтовые сепараторы и др. В определенных условиях они удовлетворительно извлекают мелкое золото, однако эффективно работают при крупности питания 2–12 мм (чем меньше, тем лучше) и при определенной консистенции обогащаемого материала.

Поэтому прежде чем подавать эфеля с промприбора на эти обогатительные устройства, требуется предварительная их подготовка. Если подготовка материала произведена неудовлетворительно, то даже эффективные и дорогостоящие установки, такие, как концентраторы «Knelson» и др., дают незначительное повышение извлечения мелкого золота.

На одной из малолитражных драг в 60-е годы были проведены исследования по обогащению на шлюзах песков различной крупности. В первом случае обогащались поступающие из дражной бочки пески крупностью 16 мм при Ж : Т = (20–24) : 1. Удельная нагрузка составляла 2–2,5 м³/ч на 1 м ширины. Во втором случае на шлюзы поступал материал, дополнительно прошедший вторую стадию грохочения на грохоте с многокамерным поддоном (рис. 1.26).

После двойного грохочения на шлюзы поступали пески крупностью 4 мм. Это позволило уменьшить разжижение пульпы до Ж : Т = (8–12) : 1 и снизить поверхностную скорость потока до 1 м/с, удельная нагрузка при этом составляла около 3–3,5 м³/ч на 1 м ширины шлюза. Опробованием и анализом продуктов обогащения на шлюзах в указанных режимах установлено, что общее извлечение золота во втором случае составляло 94 – 95 % против 88 – 90 % в первом. Анализ золота по классам крупности показывает, что общее повышение извлечения в данном случае происходит за счет мелкого и среднего по крупности золота.

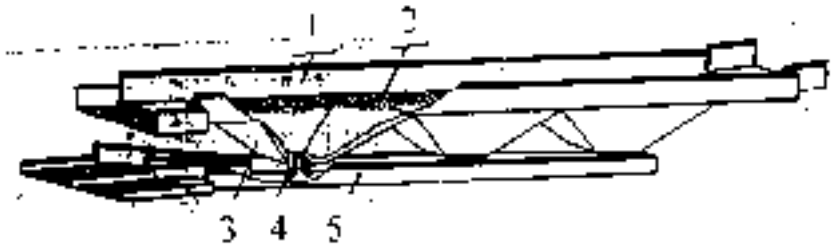


Рис. 1.26. Грохот с многокамерным поддоном:1 – корпус; 2 – перфорированное дно; 3 – камера; 4 –отверстия для выпуска пульпы; 5- желоб для приема пульпы

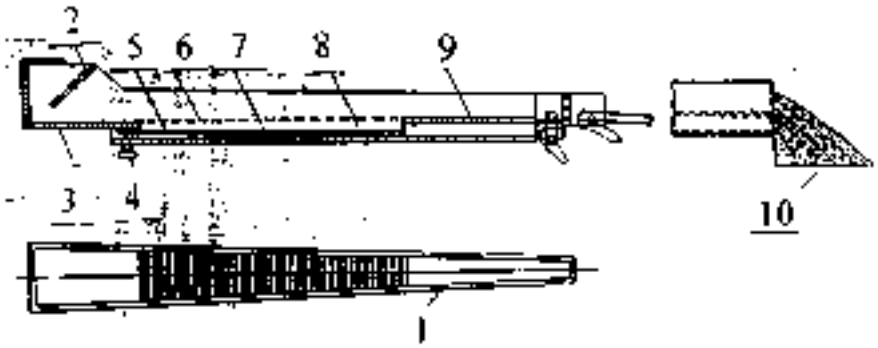


Рис. 1.27. Шлюз-грохот:1 – желоб; 2 – направляющая пластина; 3 – верхнее днище; 4 – регулировочный винт; 5 – пластина; 6 – сетка грохота; 7 – нижнее днище; 8 – водяная подушка; 9 –верхнее днище; 10 – веер продуктов

В 70-е годы создан шлюз-грохот, сочетающий в себе элементы мокрого грохочения материала в потоке с обогащением его по плотности (Д. И. Недоговоров, А. Г. Лопатин, В. С. Дещиц).

Корпус грохота имеет форму либо суживающегося шлюза, либо шлюза с параллельными стенками и двойное днище. Исходный материал по направляющей пластине тонким слоем поступает на верхнюю плоскость желоба и далее на решето, вмонтированное в эту плоскость. Мелкий продукт, особенно из тяжелых минералов, просеивается сначала через движущуюся постель материала, а затем – через отверстия грохота и поступает на нижнюю плоскость (днище) желоба. При движении по нижнему днищу подрешетный продукт расслаивается. Разгрузка концентрата осуществляется либо через узкую поперечную щель в днище, либо отсечкой придонного слоя в веере нисходящего потока. Благодаря водяной подушке часть воды в грохоте остается над решетом и обеспечивает транспортировку надрешетного продукта.

Позднее был создан двухступенчатый шлюз-грохот. Эта конструкция особенно эффективна при грохочении сильнообводненных продуктов, поскольку в первой стадии объем водяной подушки можно отрегулировать таким образом, что на вторую стадию будет поступать материал оптимальной плотности.

При обогащении эфелей на одной из гидравлик Урала на двухступенчатом шлюзе-грохоте были получены результаты, приведенные в табл. 1.19. При этом каждый подрешетный продукт дополнительно обогащается на обычном шлюзе с резиновыми ковриками.

Таблица 1.19

Результат обогащения отвальных эфелей на двухступенчатом шлюзе-грохоте

Продукт	Выход, %	Содержание золота, мг/м³	Извлечение золота, %
Концентрат I	0,04	40180,00	37,11
Хвосты I	20,94	43,00	22,54
Итого I подрешетный продукт	20,98	114,00	59,65
Концентрат II	0,07	17938,00	29,82
Хвосты II	17,39	12,30	5,36
Итого II подрешетный продукт	17,46	81,00	35,18
Надрешетный продукт	61,56	3,40	5,17

Разновидностью стационарных шлюзов является вибрационный шлюз, отличающийся тем, что разрыхление материала при транспортировке его потоком интенсифицировано вибрацией всего шлюза. Шлюз представляет двубортную колоду размером 720×6000 мм, оборудованную амортизаторами

и вибраторами С-414. По литературным данным, производительность шлюза при крупности обогащаемого материала 15 мм составляет 15-20 м^3 на 1 м ширины шлюза.

Двухсекционный вибрационный шлюз размером 720×6000 мм, опирающийся посредством спиральных пружин на металлический остов с широкими полозьями, был испытан ВНИИ-1 на одном из промывочных приборов с грохотом, имеющем отверстия 28 мм. При уклоне шлюза 0,12, амплитуде колебаний 0,2-0,3 мм, производительности 15-20 м^3/ч на 1 м ширины, (Ж **:** Т) = (7,5÷21) : 1 в питании на песках, содержащих до 71 % золота крупностью мельче 0,2 мм, потери золота составляли 6,7-25,6 % против 65-78 % при обогащении на обычных шлюзах.

1.7.7. Обогащение на отсадочных машинах

Отсадочные машины различных конструкций применяются при обогащении золотосодержащих песков, как в основных, так и в доводочных операциях. Процесс разделения минеральных зерен в отсадочных машинах основан на разнице скоростей движения минеральных зерен в пульсирующей гидросмеси. Минеральные зерна различной плотности и крупности распределяются по слоям под действием восходящих и нисходящих потоков воды. Тяжелые минеральные частицы опускаются в нижние слои, проходят через естественную или искусственную постель и разгружаются через сливной порог (рис. 1.28).

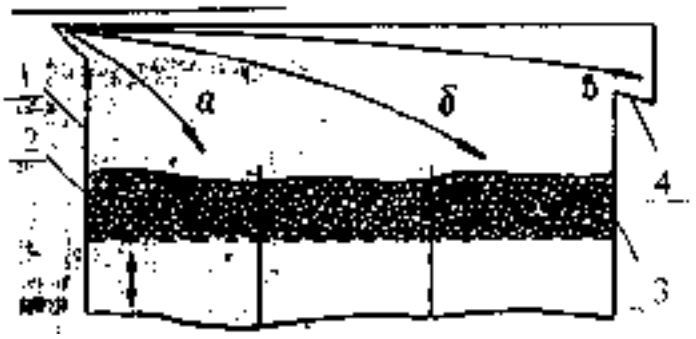


Рис. 1.28. Схема перемещения минеральных зерен в отсадочной машине МОД-3м: 1 – корпус; 2 – решето; 3 – постель; 4 – сливной порог; траектория движения: а – тяжелой частицы; б – частицы средней плотности; в – легкой частицы

В теоретических исследованиях отсадки, как и при оценке других гравитационных процессов, определились два принципиальных направления: детерминистское и вероятностно-статистическое. В результате вероятностно-статистического подхода разработаны 3 модели процесса отсадки: суспензионная, энергетическая и массово-статистическая. Разработка

математической модели отсадки, оптимально сочетающей отдельные элементы существующих моделей, является одной из актуальных задач развития теории процесса отсадки. Применение отсадочных машин в качестве основного обогатительного оборудования на драгах и промприборах в ряде случаев позволило повысить извлечение мелкого золота.

Эффективность обогащения золотосодержащих песков при использовании отсадочных машин зависит в значительной мере от технологических режимов работы обогатительного оборудования. До настоящего времени теоретические представления о расслоении частиц в постели отсадочной машины носят характер гипотез.

Впервые теоретически процесс отсадки был обоснован австрийским ученым-обогатителем П. Риттингером (1867 г.). Теория отсадки Риттингера довольно долго господствовала среди обогатителей так называемой немецкой школы. Главнейшим практическим выводом учения Риттингера являлось то, что перед отсадкой необходимо произвести грохочение руды или угля на несколько классов, которые затем обрабатывают каждый на отдельной отсадочной машине. В связи с этим усложнялась схема обогатительной фабрики. В противовес учению немецкой школы появился метод отсадки без предварительного грохочения. Этого метода придерживалась другая, так называемая английская школа, целиком базировавшаяся на данных практики. Теоретически до сих пор принцип отсадки неклассифицированного материала не имеет объяснения. Нет и единой методики расчета процесса отсадки, а имеющиеся результаты исследований по оптимизации отдельных параметров сформулированы в виде общих рекомендаций. Рассмотрим характер влияния отдельных факторов на эффективность работы отсадочных машин (по К. В. Соломину).

Крупность исходного материала. Отсадка имеет хорошие результаты, если разница в плотности разделяемых минералов не меньше единицы.

Предварительная классификация перед отсадкой необходима при наличии в песках крупных зерен полезных материалов; если же пески представлены мелкими зернами минералов, они подвергаются отсадке без предварительной классификации. Тем не менее процесс отсадки протекает устойчивее на узко квалифицированном материале, разделенном на классы так, что отношение в классе зерен наибольшего к наименьшему не превышает коэффициент равнопадаемости.

Производительность (удельная нагрузка). Удельная нагрузка определяется временем, необходимым для пребывания материала в машине, и зависит от крупности обогащаемого материала, характера разделяемого сырья, от требований, предъявляемых к продуктам обогащения, а также от типа и конструктивных особенностей отсадочной машины. При всех прочих

равных условиях удельная нагрузка больше для песков, содержащих золото, и меньше для песков, содержащих минералы с плотностью 3,5-8 г/см^3.

Разжижение (соотношение Ж **:** Т*).* Во время работы отсадочной машины, при установившейся производительности, величина разжижения должна быть минимальной.

Отсадка дает удовлетворительные технологические показатели при разжижении в питании: на тонкозернистых песках 3-5, крупнозернистых 4-6.

Глубина потока в отсадочной камере увеличивает горизонтальную скорость движения пульпы. Она не должна превышать определенной величины, при которой обеспечивалось бы проникновение мелких зерен полезного ископаемого из пульпы в постель. Нормально глубина потока над постелью должна быть больше 80-100 мм при отсадке золотосодержащих песков и 120-140 мм при отсадке шлихосодержащих песков. При этом горизонтальная скорость не должна превышать в первом случае 0,5-0,6 м/с, во втором – 0,7-0,8 м/с.

Величина хода диафрагмы и число пульсаций (число оборотов) взаимно связаны и в первую очередь зависят от крупности материала, поступающего на отсадку; они подбираются при технологических исследованиях и регулировке машин. Ориентировочно их можно принять по формулам:

$$n = 240/d^{0,24}; \qquad h = 8,2 \cdot d^{0,61}, \tag{1.29}$$

где n – число пульсаций, об/мин;

h – величина хода диафрагмы, мм;

d – максимальная крупность материала, мм.

При обогащении грубоклассифицированных песков принимают: при основной операции число пульсаций 125–180 в минуту и ход диафрагмы 15–30 мм; при очистных операциях число пульсаций 180–250 в минуту и ход диафрагмы 5–7 мм.

Длина фронта отсадки. При отсадке грубоклассифицированного россыпного материала одним из основных параметров является длина фронта отсадки, которая зависит от крупности и плотности зерен полезного ископаемого.

В производственных условиях, учитывая перегрузку отсадочной машины за счет неравномерности питания, наличие полезных ископаемых различной крупности и плотности, необходимо предусматривать длину фронта отсадки при обогащении золотосодержащих песков 2–3 м; для песков, содержащих ценные минералы с плотностью 3,5–8 г/см³ длина фронта 0,3–4 м.

Размеры отверстий решета влияют на разрыхляемость постели и расслоение материала. Для равномерного распределения пульсаций воды по всей поверхности отсадочного отделения решето должно иметь максимально возможное живое сечение.

Плетеные сетки по сравнению с перфорированными решетами имеют большое живое сечение, но обладают меньшей прочностью, поэтому в практике наибольшее распространение получили перфорированные решета с отверстиями размерами 1,5×3,5 мм и 3×12 мм. Длинная сторона отверстий располагается перпендикулярно направлению потока пульпы.

Расход подрешетной воды. В отсадочных машинах основными элементами разделения смеси минералов по плотности являются скорость струи воды переменного направления и время воздействия воды на обогащаемый материал.

Максимальная скорость восходящего потока в отсадочном отделении возрастает с увеличением хода диафрагмы, числа качаний и расхода подрешетной воды, скорость последней, по исследованиям Б. В. Кизевальтера, не превышает 0,4–0,5 см/с. Установлено, что при обогащении песков, содержащих полезные ископаемые крупностью мельче 0,25 мм, расход подрешетной воды не должен быть более 3 л/с на 1 м² площади отсадочного отделения. На песках с ценными минералами крупнее 0,25 мм колебания в расходе подрешетной воды от 3 до 6 л/с на 1 м² решета не оказывают существенного влияния на извлечение.

Характер и толщина постели. При отсадке в отсадочном отделении различают две достаточно четко выраженные зоны: верхняя – надпостельная, состоящая из более мелких, в подавляющей массе более легких зерен разделяемого материала; нижняя, состоящая из более крупных и более тяжелых зерен разделяемого материала и естественной или искусственной постели.

Наиболее целесообразен материал для постели из неправильных по форме зерен. Такая постель укладывается плотнее и при нисходящих потоках воды дает более четкое расслаивание зерен исходного материала.

Постель из зерен круглой формы укладывается неплотно, что является причиной проникновения тонких зерен пустой породы через каналы постели, вследствие чего повышается выход концентрата.

Размер зерен постели в практике принимают равным утроенному размеру отверстий сит. Рекомендуется при отсадке тонкозернистых материалов принимать постель с минимальной крупностью зерен, которые задерживались бы только решетом. Толщина постели подбирается экспериментально.

Наиболее эффективной является постель из окатанного гематита крупностью: для основной операции 10–15 мм и для перечистной 6–8 мм.

Окатывание дробленого гематита производится в глухом барабане диаметром 500–1200 мм, вращающемся со скоростью 25 об/мин. Окатывание производится в течение 2–3 часов. На 1 м² решета нагружается 150–170 кг гематита. Толщина постели из гематита: при основной операции 50–70 мм, при перечистной 30– 40 мм.

Рекомендуется следующие основные параметры отсадочных машин для обогащения песков россыпных месторождений размером менее 25 и 12 мм:

Размер отверстий сит, мм ..... 2,5×12
Высота решета, мм 50
Размер ячеек решета, мм ..... 125×333
Высота постели из дроби, мм 45
Диаметр дроби, мм ..... 3 – 6
Высота слоя материала, мм ..... 130 – 140
Число пульсаций в минуту ..... 130 – 150
Величина хода диафрагмы, мм ..... 35 – 40
Производительность отсадочной машины на 1 м² решета, т/ч ..... 7 – 9

Таблица 1.20

Техническая характеристика отсадочных машин

Параметры	ОМДСД-1	МОД-1	МОД-2П	МОД-4
Размер рабочей камеры, мм	1000×1000	600×600	1000×1000	1000×1000
Число камер	4	2	2	4
Величина хода диафрагмы, мм	0 – 60	0 –16	2 – 70	0 – 50
Число пульсаций в минуту	125 – 155	475 – 825	250 – 350	131 – 165
Производительность, т/ч	2,8	До 12	До 25	2,3 – 6
Установленная мощность, кВт	2,7	2,8	1,7	2,8
Масса машины, кг	2478	692	1360	2230
Выход концентрата, %	2-10			

В настоящее время известно около 90 конструкций отсадочных машин (рис. 1.29, 1.30). При извлечении золота в основном применяются диафрагмовые отсадочные машины типа МОД с вертикальной диафрагмой в наружных стенках (МОД-4) и с подвешенным коническим днищем (МОД-1, МОД-2, МОД-3, МОД-6).

Опыт эксплуатации 250-л драг показал, что применение в схемах обогащения отсадочных машин в настоящее время технологически и экономически целесообразно при разработке россыпей, содержащих более 10–15 % золота в классе – 0,25 мм при общем содержании золота в песках не менее 250–300 мг/м³.

Рис. 1.29. Диафрагмовая отсадочная машина МОД-4:1 – траверса; 2 – подрешетная рама; 3 – решето; 4 – надрешетная рама; 5 – корпус; 6 – редуктор; 7 – упругая муфта; 8 – электродвигатель; 9 – разгрузочное устройство; 10 – манжета

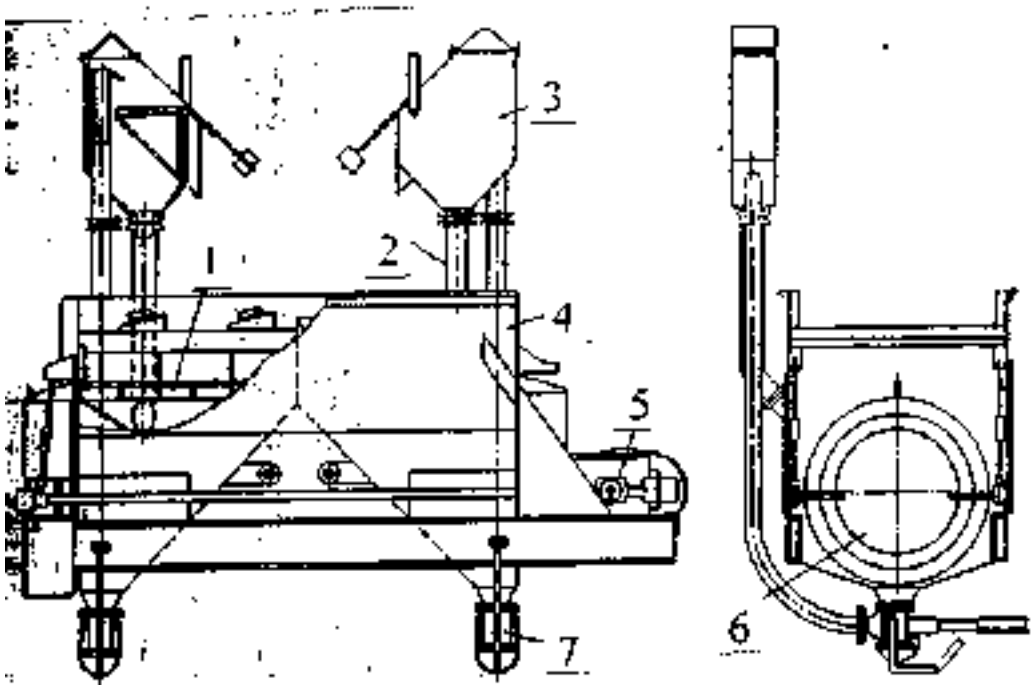


Рис. 1.30. Отсадочная машина МОД-2П:1 – решето; 2 – сливная труба; 3 – обезвоживатель; 4 – корпус машины; 5 – привод; 6 – диафрагма; 7 – гидроэлеватор

Выпускаемые заводами типы эфельных отсадочных машин (в том числе основная модель МОД-4) для первичного обогащения в конструктивном отношении плохо приспособлены для использования на промывочных установках переставного типа. Они не имеют базовой опорной и ходовой части, позволяющей буксировать их тракторами и устанавливать с минимальными затратами труда и времени при монтаже и перестановке промприборов. У них отсутствуют присоединительные загрузочные, распределительные и хвостовые желоба, мостики для обслуживания, приемноотводящие желоба для концентрата. Применение их требует выполнения дополнительного объема монтажных и горноподготовительных работ, что затрудняет первичную установку промприборов и последующие их перестановки.

С целью преодоления этих недостатков на базе модели МОД-4 разработан передвижной обогатительный агрегат, включающий две машины МОД-4, смонтированные на базовой металлоконструкции с опорно-ходовой частью (рис. 1.31.).

Рис. 1.31. Схема обогатительных агрегатов с эфельными отсадочными машинами МОД-4: а – агрегат АОП-I-2МОД-4 с параллельным расположением машин; б – агрегат АОП-II-2МОД-4 с последовательным расположением машин; 1 – остов на полозьях; 2 – отсадочные машины МОД-4; 3 – распределитель пульпы; 4 – винтовые опоры; 5 – хвостовой лоток

Агрегат разработан в двух модификациях: с параллельным и последовательным расположением машин. Он состоит из остова с широкими полозьями, на котором смонтированы машины МОД-4. Со стороны загрузки к машинам шарнирно присоединен головной приемно-распределительный лоток, опирающийся другим концом на винтовую шарнирную опору. Лоток

снабжен приемной круглой воронкой, где происходит перемешивание и осреднение пульпы, и системой поворотных перьев (с кулисно-винтовыми зажимами), позволяющей регулировать распределение пульпы между машинами и между параллельными камерами каждой машины. Общая длина $L_{\text{р.л}}$ головного расширяющегося лотка должна быть достаточной для того, чтобы угол расширения α не превышал 25º. Это условие необходимо для равномерного поперечного распределения пульпы.

Со стороны разгрузки к машинам шарнирно присоединен хвостовой сборник с консольным хвостовым желобом, опирающийся другим концом на винтовую шарнирную опору. Общая его длина $L_{\text{х.л}}$ должна быть достаточной для того, чтобы исключить возможность подэфеливания полозьев остова. Винтовые опоры головного и хвостового лотков позволяют регулировать угол наклона лотков в рабочем положении и приводить их в крайнее верхнее транспортное положение. С обеих сторон машин МОД-4 на остове расположены ходовые мостики и лестницы для обслуживания.

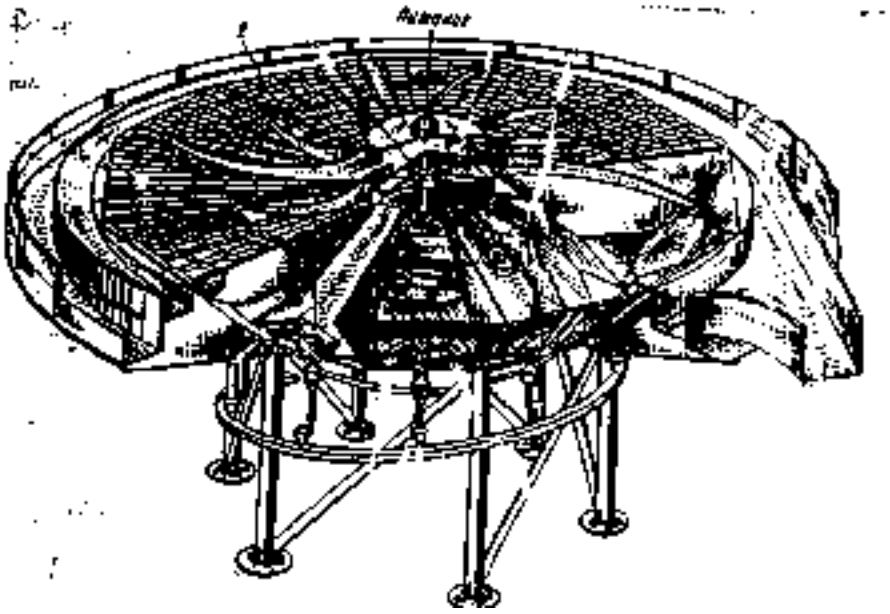
При последовательной установке отсадочных машин фронт отсадки и значения $\upsilon_{\text{п}}$ и $q_{\text{о.ш}}$ определяются только первой машиной. Вторая машина обеспечивает рост величины $q_{\text{о.п}}$ и доизвлекает зерна металла, унесенные с первой машины. Поэтому она имеет небольшую эффективность. Отсюда следует, что последовательную установку машин целесообразно применять на труднообогатимых песках при высоком содержании в них полезного ископаемого и большой производительности промывочной установки.

Круглые отсадочные машины «Кливленда» (рис. 1.32) отличаются тем, что питание вместе с водой подается в центр машины. Для более равномерного распределения и ускорения передвижения обогащаемого материала по поверхности постели в верхней части камеры вращаются ножи гребкового механизма. Этот же механизм предохраняет машину от перегрузки и заиливания. Для привода диафрагм, расположенных в наклонной стенке конуса, применен гидравлический механизм, создающий пилообразные колебания: вверх – ускоренный и вниз (всасывание) – замедленный.

Производительность машины в зависимости от ее диаметра (по данным фирмы)

Диаметр, м.	Производительность, м³/ч
2,4	19 – 38
3,6	38 – 85
5,5	85 – 175
7,5	175 – 350

а



б

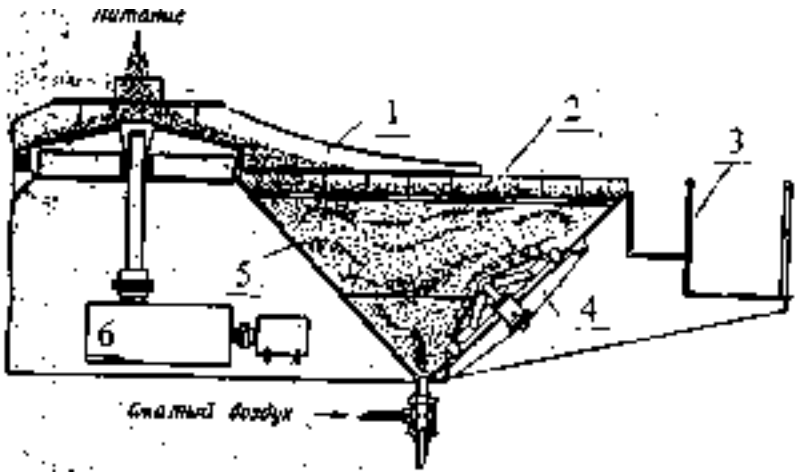


Рис. 1.32. Отсадочная машина «Кливленда»:1 – гребковое устройство; 2 – грохоты с решеткой; 3 – хвостовой желоб; 4 – диафрагма; 5 – камера-секция; 6 – редуктор; а – общий вид; б – отсадочная камера

Испытания такой отсадочной машины показали более высокое извлечение ценных минералов (выше на 15 %) по сравнению с обычной машиной.

В настоящее время заводом «Труд» (г. Новосибирск) выпускаются высокопроизводительные отсадочные машины с балансирным приводом, круглой формой отсадочного отделения и подвижным решетом (табл. 1.21).

Таблица 1.21

Техническая характеристика отсадочных машин «Труд»

Параметры	МОД 4М2	Труд-3	Труд-6ПР	Труд-12
Производительность по исходному продукту, т/ч, не более	36	45	150	200
Рабочая площадь решет, м²	4	3	6	12
Количество решет, шт.	4	2	2	2
Длина хода конусов, мм		43		
Частота хода конуса, мин. в пределах		125-331		
Крупность питания, мм, не более	30	25	25	20
Установленная мощность, кВт		3,0	7,5	15
Габаритные размеры, мм не более длина, L ширина, B высота, H		 3200 1520 2300	 4613 2480 2523	 7470 3370 3550
Масса, кг	3900	2000	5130	13300

Для обогащения крупных фракций и улавливания самородков из надрешетных фракций песков применяются отсадочные машины типа ОМТ (ОМТ-IIIА-600, ОМТ-Iп-800). Во всех отсадочных машинах с неподвижным решетом осадке подвергается материал, транспортируемый водным потоком и разгружаемый в виде пульпы. Это ограничивает крупность материала 30 мм. В машинах типа ОМТ (рис. 1.33) отсадке подвергается материал, транспортируемый механическим способом (конвейером), что позволяет увеличить крупность материала, производить его сухую загрузку, обезвоживание и сухую выгрузку хвостов.

По сравнению со шлюзами глубокого наполнения ОМТ позволяют в 7-8 раз уменьшить расход технологической воды, в 2-3 раза снизить расход электроэнергии и повысить степень извлечения металла. Производительность машины как транспортного устройства определяется по формуле

$$Q_{ом} = 3600 \upsilon_{ск} \cdot b_{ск} \cdot h_{ск} (K_н / K_р), \qquad (1.32)$$

где $Q_{ом}$ - производительность ОМТ, м^3/ч;

$\upsilon_{ск}$ - скорость движения скребково-ящичного конвейера, $\upsilon_{ск}$ = 0,27 – 0,3 м/с;

$b_{ск}$, $h_{ск}$ - соответственно ширина и высота скребков, м;

$K_н$ - коэффициент наполнения межскребковых ящиков ($K_н \leq 0{,}5$);

$K_с$ - коэффициент разрыхления зернистого слоя, перемещаемого скребками ($K_с$ = 1,7 – 1,8).

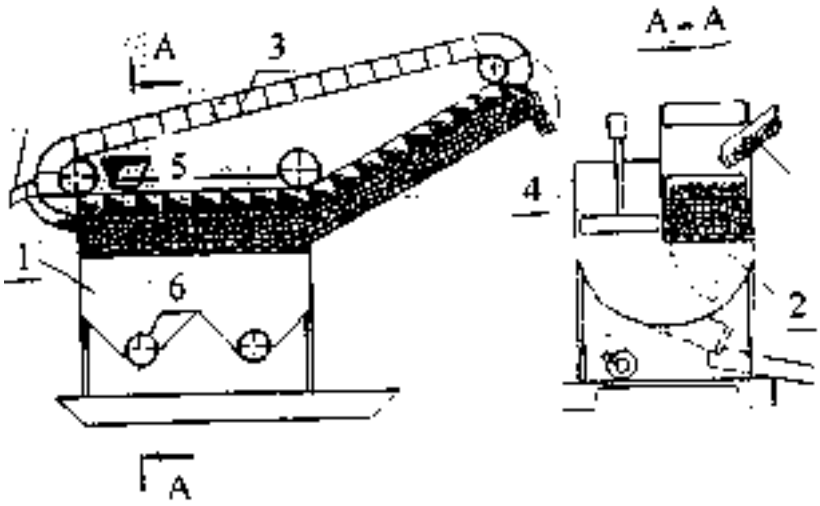


Рис. 1.33. Принципиальная схема машин ОМТ:1 – корпус; 2 – поворотное отсадочное решето; 3 – надрешетный скребково-ящичный конвейер; 4 – поршень; 5 – загрузочный лоток; 6 – люк для разгрузки подрешетного концентратора; 8 – контрольный слив; $h_{н.с}$ – толщина постели

Односекционный корпус машины типа ОМТ состоит из решетного и поршневого отделений и наклонного разгрузочного обезвоживающего желоба (но не грохота). В решетном отделении решето закреплено шарнирно. Над решетом расположен скребково-ящичный конвейер. Он представляет две стандартные пластинчатые цепи, между которыми расположены пластины и скребки – получается ящик, в скребках имеются отверстия для улучшения обезвоживания.

Нижняя рабочая ветвь, обеспечивающая постоянство $h_{н.с}$ (250 или 400 мм) имеет направляющие.

В поршневом отделении установлен поршень, совершающий возвратно-поступательное движение.

Принцип действия ОМТ заключается в следующем: машину заполняют водой до верхней кромки скребков нижней рабочей ветви, обогащаемая горная масса загружается непосредственно на рабочую ветвь конвейера, скребки перемещают горную массу по поверхности образующейся постели из горной массы (между скребками и решетом). В процессе транспортирования горная масса подвергается длинноходовой отсадке. После выхода горной массы из слоя воды она обезвоживается на обезвоживающем желобе.

В процессе отсадки мелкие зерна полезного ископаемого проходят через отверстия в решете (3 – 5 мм) и разгружаются через краны. Крупные зерна полезного минерала образуют постель. Этот крупный концентрат и самородки периодически разгружаются путем поворота решета.

Выпускались машины ОМТ-IIIА-600; ОМТ- 1П-800 и для драги 600 л изготовлены 2 машины ОМТ-1Д-1050 (табл. 1.22).

Таблица 1.22

Основные технические данные ОМТ

Показатели	ОМТ-IIIА-600	ОМТ-1П-800	ОМТ-1Д-1050
Ширина скребково-ящичной цепи, мм	600	800	1050
Техническая производительность, м³/ч	25–30	50–60	80–100
Максимальная крупность загрузки, мм	120	140	140
$L_р$	1,5	3,65	10,15
Масса, т	7,8	11,43	41,16
Скорость конвейера, м/с	0,22 – 0,35		
Частота пульсации, пульс/мин	72 – 95		
Ход поршня, мм	100 – 200		

1.8. Доводка гравитационных концентратов

В результате основной концентрации золота на драгах и промывочных приборах гравитационными методами (шлюзами, отсадкой) получаются бедные золотосодержащие концентраты, которые подвергаются доводке. Доводка – это конечная стадия технологического процесса обогащения в результате которой получают кондиционный концентрат.

Доводку первичных коллективных концентратов с целью повышения содержания в них ценных компонентов производят обычно на таких же аппаратах, что и первичное обогащение. Для выделения мономинеральных концентратов в процессе доводки применяют специальные методы обогащения (электромагнитную и электростатическую сепарацию, флотогравитацию, флотацию и др.).

В зависимости от типа промывочного устройства и применяемого способа сполоска шлюзов количество концентрата, направляемого на доводку за один сполоск, различно.

На приисках Магаданской области широко распространена централизованная доводка концентратов на приисковых шлихообогатительных фабриках (ШОФ) или участковых шлихообогатительных установках (ШОУ). На отдаленных промывочных приборах доводку концентратов производят на полевых доводочных установках (ПДУ).

Такая организация работ явилась следствием широкого развития контейнерного сполоска шлюзов, при котором концентраты можно транспортировать на значительное расстояние. Она соответствует сложившейся на Северо-Востоке практике разработки россыпей, когда пески обогащают на большом количестве переставных промывочных приборов.

Оборудование технологических операций доводки включает грохоты, шлюзы, вашгерды, концентрационные столы, амальгамационные бочки, а также оборудование обработки чернового золота в ЗПК (золотоприемных кассах).

Перечистной доводочный шлюз (американка). Во всех схемах доводки в голове процесса применяют доводочный шлюз, на котором обрабатывается первичный шлюзовой концентрат. Конструктивно – это обыкновенный стационарный шлюз длиной 3–5 м и шириной – 0,7–0,8 м, имеющий небольшой бункер для загрузки материала и углубления в днище (карманы) для более полного улавливания золота. Иногда шлюз выполняется в два или три ската. Он застилается резиновыми ковриками и цельнотянутыми трафаретами.

Вашгерд (доводочный станок) представляет собой наклонный стол размером 1,5×1 м, по которому небольшим слоем движется вода. Доводка на вашгерде производится вручную, путем перемещения скребком материала по наклонной деке навстречу движущемуся потоку воды. Обработка концентратов на вашгерде является трудоемкой и малопроизводительной, а степень извлечения золота во многом зависит от внимания и искусства доводчика. Извлечение золота в черновой концентрат при высокой квалификации доводчика колеблется в пределах 96–98 %.

Отсадочные машины весьма эффективно извлекают золото из хвостовых продуктов доводочного шлюза и вашгерда и широко применяются на драгах в схемах доводки. Наиболее распространены машины 2ОВМ-1, ОВМ-3, МОД-1 и МОД-2. На отсадочных машинах извлечение золота в концентрат составляет 97–99 % при степени сокращения 9–10. При этом хвосты отсадки получаются отвальными.

Грохоты. В процессе доводки для грохочения первичных концентратов наиболее удобны компактные вибрационные грохоты ВГД, ГУП и ГЖ-2 (табл. 1.23).

Для грохочения предварительно сокращенных на приборе концентратов, объем которых невелик, следует применять грохот ГЖ-1. Для этой цели могут быть применены также различные малогабаритные вибрационные грохоты местного изготовления.

Концентрационные столы применяются для обогащения гравитационных золотосодержащих концентратов крупностью – 2 (– 4) мм.

Таблица 1.23

Техническая характеристика грохотов

Показатели	ВГД-1	ГУП-I-М	ГЖ-2	ГЖ-1
Ширина сита, мм	1250	1250	800	400
Длина сита, мм	2500	2500	1600	800
Двойная амплитуда колебаний, мм	4,8	2–6	6	6
Число сит	2	2	1	1
Угол наклона, град	15–25	15–20	0–30	0–30
Скорость вращения вала, об./мин.	1300	1200	1450	1800
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	3,8	1,7	0,6
Размеры, мм				
длина	2635	2635	—	—
ширина	1980	2010	—	—
высота	1460	1450	—	—
Масса, кг	1394	1320	600	220

Гравитационное обогащение производится по плотности в потоке тонкого слоя воды на наклонной плоскости – деке, совершающей почти горизонтальное асимметричное возвратно-поступательное движение (рис. 1.34).

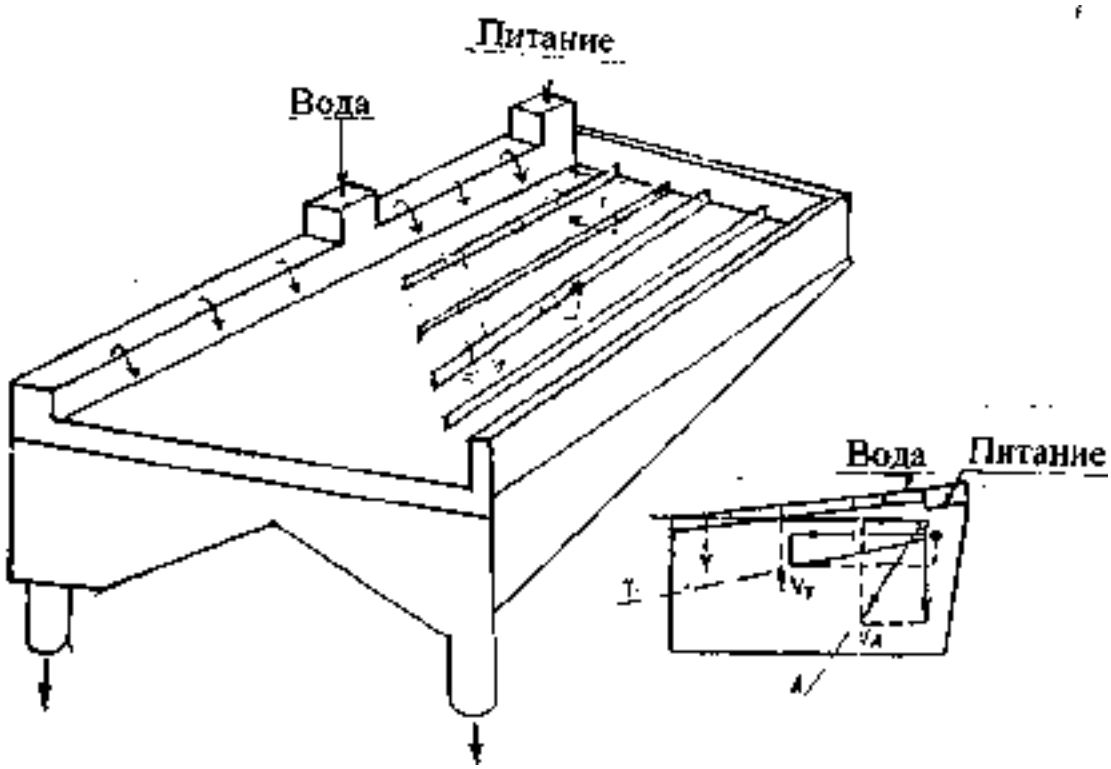


Рис. 1.34. Схема концентрационного стола (а) и схема движения легкого (Л) и тяжелого (Т) минералов на концентрационном столе.

Дека имеет продольный (0,2–0,5º) и поперечный (1–2º) наклон, она снабжена нарифлением, образующим мелкие каналы, направление которых близко к направлению переноса тяжелых частиц. На концентрационном столе выделяются концентрат, промпродукт и хвосты.

Столы обладают высокой степенью концентрации ценных минералов, но имеют сравнительно невысокую производительность, вследствие чего не могут применяться для основной концентрации бедных материалов. В основном концентрационные столы применяются в перечистных и доводочных операциях. В табл. 1.24 приведена техническая характеристика однодечных опорных концентрационных столов, широко применяющихся для перечистки золотосодержащих продуктов.

Таблица 1.24

Техническая характеристика однодечных концентрационных столов

Параметры	СК-1	СКМ-1А	СС-1	СС-2	30-КЦ-1
Ширина деки, мм	1000	1800	920	1620	360
Длина деки, мм	2100	4500	2160	4620	990
Длина хода деки, мм	12–25	8–30	12–25	8–30	8–16
Число ходов в минуту	230–300	230–300	290	230–300	390–430
Угол поперечного наклона, градус	0–10	2–8	—	—	0–10
Производительность, т/ч	0,2–1	0,6–5	0,6–5	0,6–5	0,95
Расход воды, л/мин.	—	—	5–15	20–80	8–9
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	1,7	1	1,7	0,6
Масса без электрооборудования, т	0,48	1,3	0,5	1,2	0,1

Наиболее высокие технологические показатели концентрации на столах получаются при предварительной гидравлической классификации питания по равнопадаемости. Первичные концентраты и шлихи, содержащие золото, олово и вольфрам, обычно обрабатывают при исходной крупности 3–5 мм без специальной подготовки. Для определения удельной производительности столов на 1 м² площади деки часто пользуются формулой, т/ч

$$Q = 0{,}2d, \tag{1.31}$$

где d – максимальный размер зерен в питании, мм.

При общей площади деки F, м² производительность стола выражается формулой

$$Q = 0{,}2Fd. \qquad (1.33)$$

Следует учитывать, что производительность концентрационных столов зависит от содержания шлиховых минералов в поступающем материале. Так, при содержании шлиховых минералов 35–50 кг/т и менее производительность концентрационного стола СКМ-1А составляет 1–1,2 м³/ч, а при содержании 80–100 кг/т и более производительность снижается до 0,6 м³/ч.

Граничный размер зерен золота, извлекаемого на концентрационных столах, на основании исследований Иргиредмета и ЦНИГРИ составляет 0,05 мм.

В 1992 г. прошел промышленные испытания концентрационный стол СКО-1-3,5 (рис. 1.35).

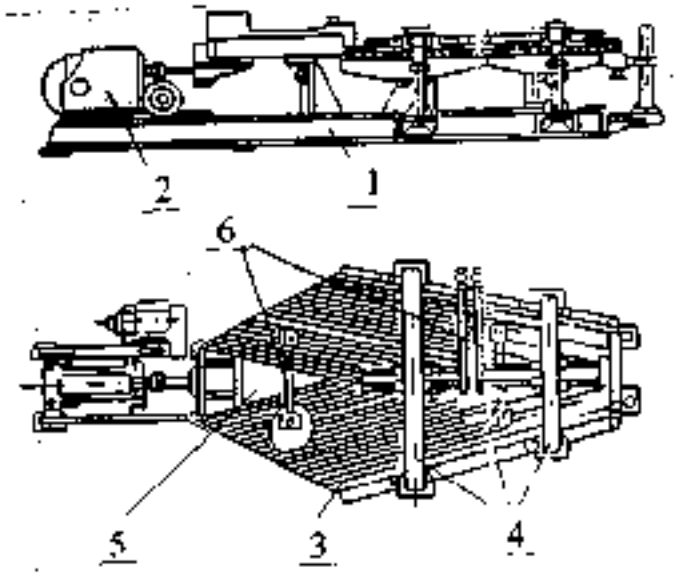


Рис. 1.35. Схема концентрационного стола СКО-1-3,5:1 – рама; 2 – привод; 3 – дека; 4 – оросительная система; 5 – струйный желоб; 6 – опорные рессоры

Особенности стола новой конструкции:

– двухскатная ромбоидальная с усеченными вершинами форма деки и наличие в зоне загрузки стола струйного желоба для предварительного разделения, обеспечивающие интенсивную работу всех зон деки и получение удельной производительности, в 2 раза более высокой, чем у серийно выпускаемого стола СКО-1-7,5;

– расположение рифлей под определенным углом к траектории колебания деки создает условия для неоднократного перемыва разделяемых частиц, позволяя с малой площадью деки получать концентрат с высоким содержанием металла;

– принятая форма деки, малая площадь ее и установка деки на рессорные пакеты исключают возникновение паразитных вертикальных колебаний разделяемых частиц;

– отсутствие креновых механизмов и трущихся поверхностей, малые габариты.

Техническая характеристика концентрационного стола СКО-1-3,5

Количество дек, шт	1
Площадь деки, м²	3,5
Крупность питания, мм:	
максимальная	3 мм
номинальная	1,0 мм
Производительность:	
песковый, т/с	1–3
шламовый, т/ч	0,5–1
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры, мм:	
длина	4500
ширина	2000
высота	1100
Масса, кг	1400

Многими исследователями установлена высокая эффективность работы концентрационных столов при доводке золотосодержащих концентратов. Извлечение золота в концентрат при этом достигает 98 – 99 %.

Амальгамация. В ряде случаев концентраты подвергают амальгамации. Золото из кассовых отдувов и дражных концентратов (концентратов стола от перечистки подрешетных концентратов отсадочных машин) также извлекают амальгамацией.

Процесс амальгамации основан на способности ртути смачивать частицы благородных металлов, проникать в них и образовывать соединения этих металлов с ртутью. В процессе амальгамации благородных металлов ртуть по существу является коллектором, собирающим мельчайшие частицы благородных металлов в укрупненный агрегат-амальгаму, которая оседает и задерживается в определенных частях приборов или на наклонной поверхности специальных приборов-шлюзов и отсюда периодически снимается. Переход благородных металлов в амальгаму создает условия для быстрого и полного улавливания их из пульпы, что уменьшает возможность выноса мельчайших частиц благородных металлов из цикла и потери их с хвостами.

Образованию амальгам благородных металлов обязательно должно предшествовать смачивание их поверхности ртутью. Давно было известно, что легче всего амальгамируется золото; серебро и особенно платина амальгамируются медленнее. Установлено, что успешно амальгамируются частицы металлов с неокисленной и не имеющей пленок поверхностью. Покрывающие частицы металла пленки препятствуют смачиванию металла ртутью и диффузии ее внутрь металла. У золота пленка окиси, по-видимому, имеет ничтожную толщину.

Процесс амальгамации осуществляют в амальгамационных бочках (рис. 1.36, табл. 1.25).

Рис. 1.36. Амальгамационная бочка:1 – цилиндрический корпус; 2 – торцевые стенки; 3 – чугунные диски; 4 – полуоси; 5 – подшипники; 6 – шкив; 7 – крышки разгрузочных люков

Перед началом амальгамации в бочку через один из люков загружают подлежащий амальгамации материал (концентрат, шлих), стальные шары, воду и ртуть. Последнюю берут обычно в количествах, в 8-15 раз превышающих содержание золота в материале. Если перед амальгамацией необходимо доизмельчить материал, ртуть сразу не загружают, а пускают бочку с повышенной скоростью во избежание пемзования ртути. Для борьбы с пемзуемостью ртути применяют химические реагенты, например ксантогенат. Продолжительность предварительного измельчения для более полного вскрытия золота и освежения его поверхности в каждом отдельном случае устанавливают опытным путем. В среднем на ту и другую операции затрачивают по 3-

4 ч. По окончании амальгамации содержимое бочки выпускают через воронку на подшлюзок, на котором улавливается амальгама, выносимая из воронки, основная масса остается в воронке.

В амальгамационой бочке размером 800 × 1200 мм в сутки можно переработать 2,5-5 т концентрата.

Таблица 1.25

Техническая характеристика амальгамационных бочек

Тип бочки	Внутренние размеры			Производительность за операцию, кг	Скорость вращения, об./мин.	Мощность электродвигателя, кВт	Масса бочки, кг	Масса шаров, кг	Размер шаров, мм
	диаметр, мм	длина, мм	объем, $м^3$						
Тяжелый	600	800	0,22	100-150	22-38	1-2,2	1500	150-300	38-50
	750	900	0,39	200-300	21-36	1,8-3,7	2000	300-600	38-50
	800	1200	0,60	300-450	20-33	3-6	2600	500-1000	38-50
Легкий	700	800	0,3	100-150	20-22	0,55-1,1	420	10-20	38-50

Обработка чернового золота в золотоприемных кассах. Черновое золото со шлихообогатительных фабрик и установок поступает в золотоприемные кассы (ЗПК) для окончательной очистки его от механических примесей перед отправкой на аффинажный завод.

Кассовая обработка золота заключается в его рассеве на классы крупности и выделении примесей из крупных классов путем ручной разборки, из мелких – отдувкой.

В ЗПК кроме проведения ситового анализа золота детально изучают крупные самородки: раздельно их взвешивают, определяют размеры и плотность, описывают поверхность и характер срастания с жильными породами, зарисовывают и производят масштабное фотографирование. Наиболее интересные самородки становятся достоянием государственного алмазного фонда.

Содержание золота в кассовых отдувах достигает нескольких десятков килограммов на тонну. Из кассовых отдувов золото извлекают путем амальгамации в бочках на шлихообогатительных фабриках. Вследствие загрязнения поверхности золотин при кассовых операциях амальгамация этих продуктов проходит недостаточно эффективно. Лучшим способом выделения золота из кассовых отдувов является плавка.

1.9. Оборудование и технология центробежного извлечения мелкого золота

1.9.1. Основные положения центробежного обогащения

Основным способом обогащения золосодержащих песков при разработке россыпных месторождений является гравитационное обогащение – разделение частиц под действием силы тяжести в зависимости от плотности, крупности и формы частиц. Для интенсификации процесса обогащение производят в криволинейном потоке, в котором возникает центробежная сила. Если величина центробежной силы не превышает силы тяжести (центробежное ускорение меньше или соизмеримо с ускорением свободного падения), в этом случае обогащение называют центробежно-гравитационным. Если центробежная сила, действующая на зерна в криволинейном потоке, во много раз больше силы тяжести, то в этом случае процесс называют центробежным разделением зерен (обогащением). Отношение ускорения центробежной силы к ускорению свободного падения называют фактором разделения

$$\Phi_P = (a_ц / g) = [(\omega^2 \cdot R_т) \cdot g] = [\upsilon_t^2 / (R_т \cdot g)] = (R_m \cdot n^2)/900, \quad (1.33)$$

где $R_т$ - радиус кривизны траектории зерен, м;

g = 9,81 м/с^2;

ω - угловая скорость, рад/с;

υ_t - тангенциальная скорость движения зерна, м/с;

n - число оборотов зерна, об/мин.

Использование центробежной силы для разделения минеральных зерен создает дополнительные возможности для повышения эффективности извлечения мелкого золота. Так же, как и при теоретическом исследовании разделения зерен, на шлюзах и отсадочных машинах выделяют три модели описания закономерностей движения твердых частиц в центробежном поле:

- детерминистская (механическая);
- стохастическая (вероятностная);
- диффузионная.

В детерминистской модели рассматриваются все силы, действующие на одиночное зерно в потоке. Схема действия сил приводится на рис. 1.37.

Принимаются следующие допущения:

- частица движется равномерно;

- относительным движением частицы в жидкости в осевом (сила $F_{\text{с}}$) и тангенциальном (силы $F_{\text{с}}'$ и $F_{\text{р}}$) направлениях можно пренебречь.

Для расчета используется равенство силы сопротивления в радиальном направлении $F_{\text{ц}}$, центробежной силы $F_{\text{с}}$ и сила Архимеда $F_{\text{А}}$:

$$F_{\text{с}} = K_i \cdot \rho_{\text{ж}}^{\text{a-1}} \cdot \mu^{2-\text{a}} \cdot \omega^{\text{a}} \cdot d^{\text{a}}, \qquad (1.34)$$

где K_i, a – корректирующие коэффициенты;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости;

μ – динамическая вязкость жидкости;

ω – скорость частицы;

d – диаметр частицы.

Рис. 1.37. Схема сил, действующих на зерно в центробежном потоке.

Центробежно-гравитационное обогащение производится на винтовых аппаратах (шлюзах, сепараторах).

Среди аппаратов центробежного разделения зерен полезных минералов можно выделить два типа: напорные аппараты цикличного действия; безнапорные аппараты типа центрифуг.

Из числа напорных аппаратов при обогащении золотосодержащих песков внедряются короткоконусные гидроциклоны ККГЦ с углом конусности конической части 90–120 (рис. 1.42). Испытания ККГЦ показали, что они по эффективности улавливания мелкого золота не уступают отсадочным машинам и концентрационным столам. Гидроциклоны с углом конусности 120º диаметром 50 и 75 мм при выходе концентрата 8–9 % обеспечивают извлече-

ние золота крупностью – 0,1–0,05 мм на 83 и 76,6 % соответственно. Обязательным условием эффективной работы гидроциклона является предварительная классификация обогащаемого материала по узким классам.

Безнапорные центробежные концентраторы по способу рыхления образующейся постели можно разделить на следующие типы:

– без рыхления постели-центрифуги (рис. 1.40);
– с механическим рыхлением постели (типа «Orocon»);
– с разрыхлением постели с помощью ожижающей воды (концентраторы «Knelson», «Falcon», СЦМ, «Итомак»).

В 1995-1996 гг. из-за низкой эффективности извлечения мелкого золота на шлюзах и отсадочных машинах, из-за низкой производительности центробежных концентраторов (отечественного производства), значительно повысился интерес (не без участия рекламных публикаций) к центробежным концентраторам «Knelson», «Orocon», «Falcon». Появились новые отечественные концентраторы конструкции ЦНИИГРИ, Новосибирского НПО «Итомак», Иркутского ООО «Сатурн».

1.9.2. Обогащение золотосодержащих песков на винтовых сепараторах

Винтовые сепараторы для обогащения песков получили широкое распространение в США и других странах. В СССР начали применять сепараторы несколько позднее. Испытания и внедрение винтовых сепараторов в отечественной практике начаты Иргиредметом (К. В. Соломин, М. Ф. Аникин и др.). Для обогащения золотосодержащих песков первоначально применялись винтовые сепараторы М-1 и М-3.

Процесс обогащения на винтовом сепараторе определяется в основном параметрами желоба: радиусом, профилем поперечного сечения, углом подъема винтовой линии и длиной винтового желоба. Оптимальным профилем поперечного сечения является профиль, близкий к эллипсу, с соотношением осей 2 : 1.

Испытаниями винтовых сепараторов М-1, М-3 на золотосодержащих песках установлено, что максимальная крупность питания для сепаратора М-1 – 4 мм, для сепаратора М-3 – 12–16 мм; винтовой сепаратор с большим диаметром (М-3) при колебаниях нагрузки дает более устойчивое извлечение золота в концентрат; зерна золота пластинчатой и угловатой форм извлекаются значительно лучше, чем округлой и сферической; образование четкого веера минералов тяжелой фракции происходит в конце первого (в середине второго) витка. Выведение образовавшейся полосы ценных минералов с этого участка сепаратора в виде отдельного продукта является целесообразной технологической операцией. Количество извлекаемого золота в продукт первого отсекателя составляет от 60 до 85 %. Позднее получили распростране-

ние сепараторы более совершенной конструкции СВ1 и СВМ-1200 (сепаратор винтовой металлический) (рис. 1.38).

Штампованные металлические винтовые сепараторы СВМ-1200 были испытаны на драгах для обогащения исходных песков (нижний продукт барабанного грохота) и хвостов поперечных шлюзов. Оптимальный режим работы сепаратора в процессе испытаний был принят следующий: крупность питания –8+0 и –12+0 мм; производительность по твердому от 7 до 10 м³/ч; Ж : Т в питании от 12 : 1 до 15 : 1 (по объёму); шаг винтового желоба 650–750 мм; число витков 3. Результаты обогащения песков на винтовых сепараторах, установленных на некоторых драгах, указывают на достаточно высокую эффективность их работы.

Проведенными испытаниями было установлено положительное влияние на стабилизацию процесса обогащения предварительного обесшламливания песков перед подачей их на винтовой сепаратор. Извлечение золота от операции при обогащении обесшламленных песков в среднем повышается на 3–4 %.

Рис. 1.38. Винтовой сепаратор СВМ-1200

Рис. 1.39. Двухжелобной металлический винтовой шлюз ШВ2-1000А:1 – питатель; 2 – винтовые желоба; приспособления для вывода продуктов обогащения; 4 – каркас

Преимуществами винтовых сепараторов по сравнению с отсадочными машинами являются: отсутствие движущихся деталей, простота конструкции, незначительная занимаемая площадь, наглядность процесса, простота обслуживания, низкие эксплуатационные расходы. К недостаткам (сравнительно с отсадочными машинами) следует отнести: большой выход концентрата, низкое извлечение золота округлой комковатой формы, значительный перепад пульпы в аппарате, что затрудняет компоновку оборудования на обогатительных установках.

В некоторых случаях винтовые сепараторы имеют явные преимущества перед отсадочными машинами, например, при отработке глинистых песков, когда технологическая вода содержит значительное количество взвесей (до 300 г/м³) и регулируемая подача ее под решета отсадочных машин связана с существенными трудностями. При этом, как показывают результаты испытаний, обогащение на винтовых сепараторах можно вести без подачи дополнительной смывной воды на желоба.

Винтовой шлюз (рис. 1.39) является разновидностью винтового сепаратора и предназначен для обогащения шламов крупностью от 0,5 до 0,02 мм.

Испытания, проведенные В. Д. Ивановым (Иргиредмет) на оловянных и вольфрамовых рудах, показали высокую их эффективность. При этом отмечается, что при практически одинаковом с концентрационными столами извлечении винтовые шлюзы имеют более высокую производительность.

Испытания винтового шлюза диаметром 1000 м, проведенные на песках одной золотосодержащей россыпи, показали высокую эффективность его по извлечению золота крупностью –1+0,05 мм (87,2 %) при достаточно высоком выходе концентрата (21,6 %). В сравнительных опытах на концентрационном столе получено извлечение золота в тех же пределах.

Положительные результаты испытаний винтовых шлюзов и применение их на фабриках для обогащения шламов дают основание полагать, что их можно применять для извлечения золота крупностью до 40 – 50 мкм. Техническая характеристика разработанных моделей винтовых аппаратов приведена в табл. 1.26.

Наиболее приемлемыми моделями винтовых сепараторов для обогащения песков россыпных месторождений являются СВМ-1200 и СВМ-750. В последнее время разработаны модели многозаходных винтовых сепараторов в силлуминовом исполнении. Данные модели внедряются при обогащении редкометалльных песков.

Таблица 1.26

Техническая характеристика винтовых аппаратов (для промышленности)

Параметры	СВ-750	СВ2-750	ШВ-750	ШВ2-750	СВ3-1000	ШВ3-100
Диаметр желоба, мм	750	750	750	750	1000	1000
Кол-во желобов, шт.	1	2	1	2	3	3
Шаг желоба, мм	400	400	500	500	700	700
Число витков желоба, шт.	3	3	3	3	3	3
Производительность по твердому, т/ч	0,6-1,5	1,2-3,0	0,1-0,3	0,2-0,6	3,0-12,0	1,0-5,0
Содержание твердого в питании, %	15-40	15-40	15-40	15-40	15-40	15-40
Крупность извлекаемого ценного компонента, мм	-2+0,07	-2+0,07	-0,5+0,03	-0,5+0,03	-2+0,07	-0,5+0,03
Расход смывной воды, $м^3/ч$	0,1	0,2	0,1	0,2	0,4	0,4
Габаритные размеры, мм:						
- диаметр	800	800	800	800	1000	1000
- высота	1800	1800	1800	1800	3700	3700
Масса, кг	80	150	80	150	1200	1200

Внедрение винтовых сепараторов и винтовых шлюзов при обогащении золотосодержащих песков на драгах задерживается в результате отсутствия специальных моделей применительно к дражным условиям работы (по массе и компоновке).

1.9.3. Безнапорные центробежные концентраторы

Безнапорные центробежные концентраторы без рыхления минеральной постели в отечественной практике применяются при разведке россыпей (рис. 1.40).

При вращении чаши под действием центробежных сил частицы большей плотности концентрируются на пористой поверхности чаши. Мелкие частицы и частицы меньшей плотности уходят через сливной лоток. По мере накопления концентрата чаша останавливается и производится сполоск концентрата через разгрузочный патрубок. Существенным недостатком, снижающим эффективность извлечения, является быстрое уплотнение слоя частиц на поверхность чаши (слоя «постели»), исключающее возможность проникновения через него мелкого золота. Увеличение частоты сполоска для освежения «постели» резко снижает производительность установки.

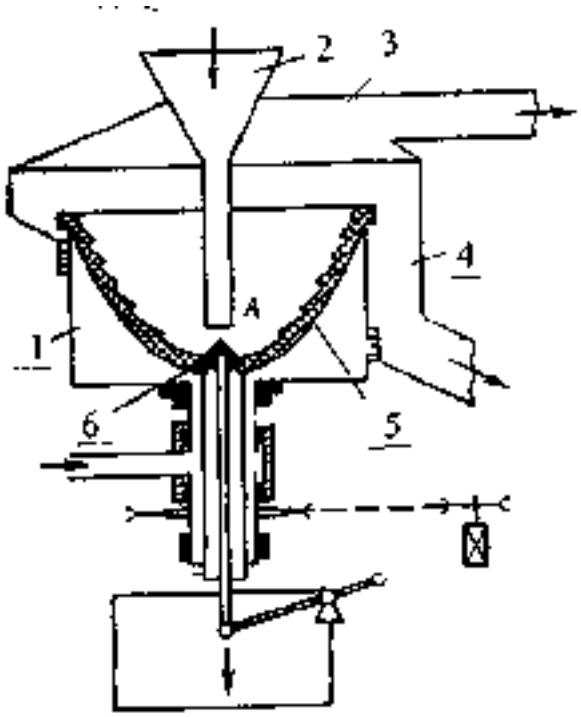


Рис. 1.40. Схема центробежного безнапорного концентратора:1 – корпус цилиндрический; 2 – питающая воронка; 3 – кожух; 4 – сливной лоток; 5 – чаша пористого материала; 6 – разгрузочный патрубок

В концентраторе «Orocon – M30» разрыхление и перемешивание концентрационного слоя осуществляется с помощью «пальцев», изготовленных из легированной стали и стационарно установленных вблизи кольцевых желобов на внутренней поверхности конуса, предназначенных для накапливания концентрата (рис. 1.41). Это позволяет повысить качество концентрата и увеличить продолжительность рабочего цикла сепаратора между сполосками.

Исходный материал в виде пульпы поступает по центру в нижнюю зону вращающейся конусной чаши 1 вместимостью 0,9 м³. Чаша вращается от электропривода. Как в обычном сепараторе, пульпа перемещается вверх, проходя при этом по кольцевым желобам, расположенным на внутренней образующей конуса. При вращении конуса частицы золота под действием силы тяжести и центробежных сил отбрасываются к внутренней стенке конуса, и в кольцевых желобах чаши набирается обогащенный золотом материал (концентрат).

Слой частиц, собирающихся в кольцевых желобах на внутренней поверхности конуса, поддерживается в разрыхленном состоянии с помощью рыхлителей 2, представляющих собой металлические стержни (пальцы), закрепленные горизонтально на неподвижных консолях аппарата 4.

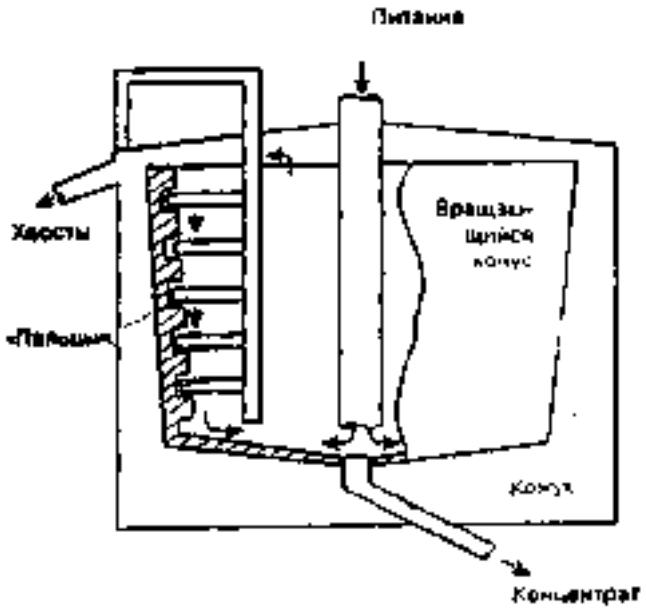


Рис. 1.41. Схема центробежного сепаратора «Orocon»

Такое рыхлительное действие в совокупности с центробежными силами, действующими на более плотные частицы, делает возможным постоянный взаимообмен между плотными и легкими частицами, в результате чего более тяжелые частицы аккумулируются в желобах ближе к поверхности конуса.

Исходное питание подается в центральную трубу 3, в нижнюю зону конусной чаши. Хвосты переливаются через верхнюю кромку конусной чаши и через неподвижный сливной желоб 5 направляются в следующую операцию. Концентрат выпускают через два отверстия в днище конусной чаши, которые после сполоска закрывают винтовыми пробками.

Институт «Иргиредмет» провел сопоставительные испытания (табл. 1.27), результаты которых показали, что по технологическим возможностям сепаратор «Orocon» идентичен отсадочной машине, но уступает песковому концентрационному столу в части извлечения золота крупностью менее 0,25 мм.

«Orocon» предназначен для извлечения частиц золота крупностью менее 44 мкм. Он имеет конус диаметром 762 мм, вращающийся с частотой 87 мин$^{-1}$, создающий центробежное поле в 8g. Производительность сепаратора по твердому составляет 20-30 т/ч при плотности пульпы 20-35 % и максимальной крупности частиц в питании до 5 мм. Время рабочего цикла – 8-12 ч, количество накапливаемого концентрата – 85-120 кг. Сепаратор имеет массу 2,8 т и снабжен приводом мощностью 11 кВт.

Таблица 1.27

Извлечение золота различной крупности на обогатительных аппаратах, %

Аппарат	Извлечение золота крупностью, мм				
	+1,0	-1,0+0,5	-0,25+0,10	-0,10+0,05	-0,05
Песковый концентрационный стол	100	100	97	92	30
Отсадочная машина	100	98	93	76	18
Центробежный сепаратор «Orocon»	100	94	85	80	12

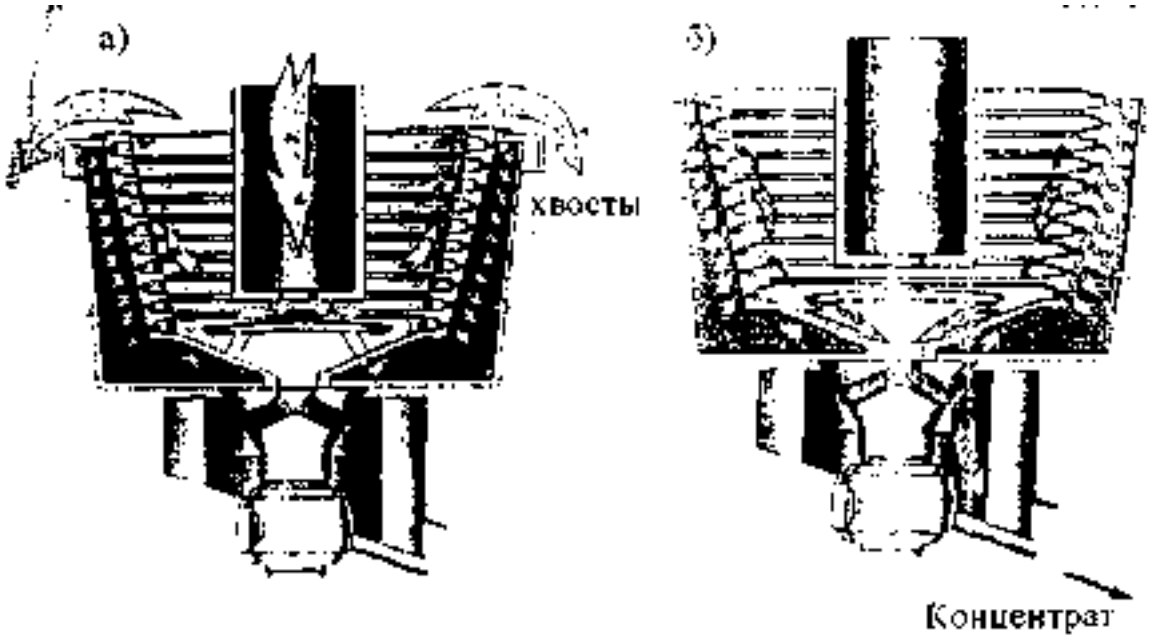


Рис. 1.42. Схематическое изображение концентратора «Knelson»

В США разработан центробежный сепаратор «Knelson» компании «Batman Engineering Incorporation» (табл. 1.28). Сепаратор предназначен для обогащения тонкозернистых золотосодержащих руд и песков и основывается на центробежно-шлюзовом принципе с разрыхлением придонной постели струями воды. Сполоск осуществляют чаще всего один раз в смену. Центробежный сепаратор «Knelson» (рис. 1.42) представляет собой вертикально установленный ротор, выполненный в форме конуса с двойными крутыми стенками. Футеровка ротора ступенчатая, образующая кольцевые канавки треугольного сечения. Питание сепаратора осуществляется через центральную трубу, не доходящую до дна конического ротора.

Внутренняя коническая поверхность имеет перфорацию для подачи воды из межстенного пространства конуса. Подача разрыхляющей воды позволяет увеличить частоту вращения ротора и производительность. Ускорение достигает в 60g. Расход разрыхляющей воды достигает 24 м³/ч для сепаратора диаметром 760 мм при производительности 45 т/ч песков крупностью 6 мм.

Таблица. 1.28

Характеристика концентраторов «Knelson»

Показатели	KC-CD12	KC-CD20	KC-CD20	KC-CD20
Мотор, кВт	1,5	5,6	11,2	30
Вес, кг (приблизительно)	263	907	1455	5680
Питание по твердому, т/ч	0-3,6	0-13,6	0-36,3	0-90,9
Питание по жидкому, л/мин	0-190	0-454	0-1363	0-2270
% твердого в пульпе, вес	0-75	0-75	0-75	0-75
Максимальный размер частиц, мм:				
коренные	1,7	1,7	1,7	1,7
россыпные	6,4	6,4	6,4	6,4
Потребление ожижающей воды, л/мин.	113-159	302-454	473-663	1136-1893
Длительность цикла концентрации, ч:				
коренные	2-6	2-6	2-6	2-6
россыпные	8-24	8-24	8-24	8-24
Длительность цикла очистки, мин	1-2	1-2	1-2	2-3
Объем концентрата, л	2,72	9,2	17,6	41
Вес концентрата, кг	4-7	14-18	27-36	90-100

Результаты исследований и опытно-промышленных испытаний показали, что эффективность извлечения мелкого золота во многом определяется характеристикой исходного материала (в основном наличием глинистых частиц) и соблюдением режима работы (рис. 1.43, 1.44).

Выявилось, что сепараторы «Knelson» очень чувствительны к колебаниям расхода дополнительной воды. Плохо также и то, что расход ее приходится задавать «втемную», визуально не наблюдая за процессом концентрации.

Институтом «Иргиредмет» проведены сопоставительные испытания обогащения на сепараторе «Knelson» и винтовых сепараторах (табл. 1.29).

Сопоставительные лабораторные работы показали также одинаковый уровень извлечения золота. Золото крупнее 0,2 мм извлекается на 2-4 % больше, чем на отсадочной машине. При этом степень концентрации золота на сепараторе «Knelson» существенно выше, чем на отсадочной машине. Однако сепаратор «Knelson» уступает концентрационному столу по полноте извлечения, особенно из песков мелких классов крупности.

Рис. 1.43. Извлечение золота концентратором «Knelson KC-MD7,5» в зависимости от содержания твердого в пульпе

Рис. 1.44. Зависимость извлечение золота в концентраторе «Knelson KC-MD7,5» от давления ожижающей воды: 1 – пески россыпного месторождения (-1+0,25 мм); 2 – пески месторождения (-0,25 мм); 3 – хвосты шлюзов (-1 мм); 4 – хвосты отсадочных машин (-1 мм)

Таблица 1.29

Извлечение золота на сепараторе «Knelson» и винтовых сепараторах

Показатели	Сепаратор» Knelson»	Винтовой сепаратор
Извлечение золота, %	88,7	83,3
Степень концентрации	21,1	15,4
Выход хвостов, %	95,8	94,6

Центробежный сепаратор «Falcon» имеет непрерывную разгрузку, при этом тяжелая фракция осаждается на гладкой внутренней поверхности конуса, удерживается на ней с помощью верхнего порога, а разгрузка осуществляется самотеком непрерывно через выпускные клапаны (рис. 1.45). При этом крупность питания сепаратора не должна превышать 1,4 мм, что ужесточает требования к исходному питанию.

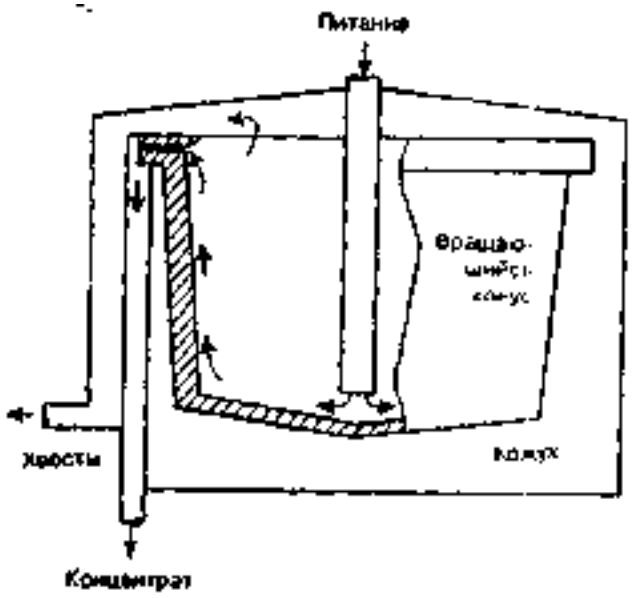


Рис. 1.45. Схема центробежного сепаратора «Falcon»

Сепараторы «Falcon» развивают центробежное ускорение до 300g, однако, по мнению специалистов компании «Knelson», увеличение центробежного поля свыше 60g не приводит к улучшению показателей обогащения, утяжеляет конструкцию и требует увеличения мощности привода и расхода электроэнергии.

Сепараторы «Falcon» предназначены для обогащения сырья с различным содержанием тяжелых фракций – золотосодержащих руд и россыпей, касситеритовых и магнетитовых руд, углей, а также выделения сульфидов. Для защиты от износа и коррозии внутреннюю поверхность конуса покрывают резиной или полиуретаном. Характеристика сепараторов приведена в табл. 1.30.

Таблица 1.30

Характеристика центробежных сепараторов «Falcon»

Показатели	Модель сепаратора					
	C -10	B - 6	B -20	SB - 12	SB –21	SB - 38
Производительность:						
по твердому, т/ч	4,5	0,4	22	4,5	18	55
по пульпе, $м^3/ч$	17,1	3,5	57	17,1	45,6	136,2
Расход разрыхляющей воды, $м^3/ч$				9,0	18,0	79,5
Масса аппарата, т	0,8	0,1	1,8	0,37	0,82	2,91
Мощность привода, кВт	17,5	0,75	15	2,2	5,6	30
Габариты, м:						
длина	1,2	0,6	1,5	1,1	1,2	1,9
ширина	1,2	0,5	1,4	0,8	1,2	1,9
высота	1,2	0,9	2,7	1,5	2,0	2,7

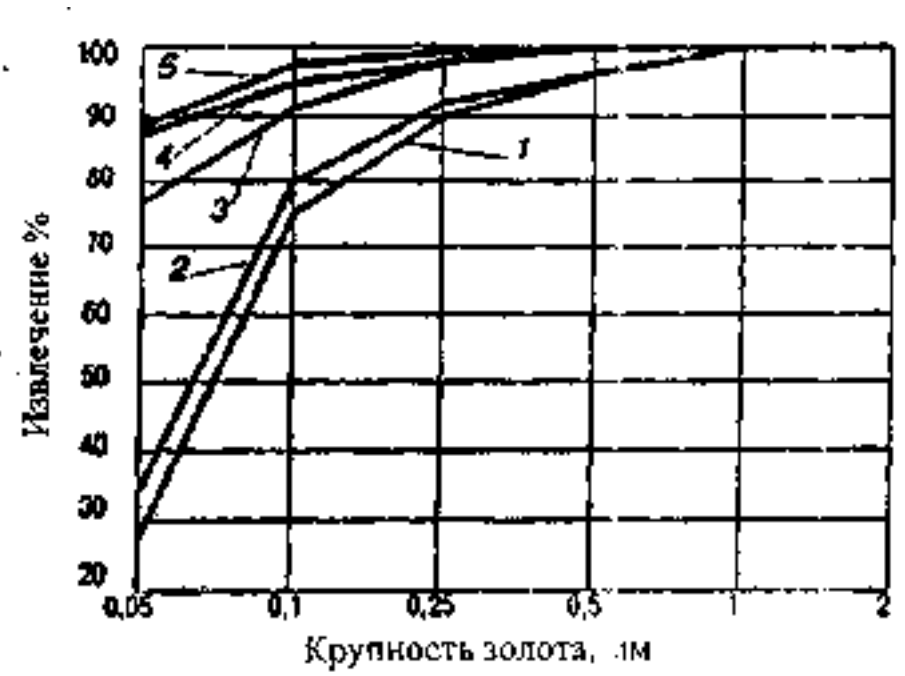


Рис. 1.46. Извлечение золота центробежными концентраторами:1 – без дополнительного рыхления минеральной постели; 2 – с механическим рыхлением; 3 – с вибрационным рыхлением; 4,5 – разрыхление с помощью ожижающей воды

Научно – производственным объединением «ИТОМАК» (г. Новосибирск) разработаны концентраторы с разрыхлением минеральной постели водой. Концентратор предназначен для извлечения тонкого и пластинчатого золота без амальгамации из россыпей, руд и эфельных отвалов (рис. 1.46).

Концентратор состоит (рис. 1.47) из рамы 1, электропривода 2, корпуса ротора 3. Корпус ротора закреплен при помощи болтов на вал ротора 4, который установлен на двух шарикоподшипниках в корпусе 5. Корпус закреплен при помощи болтов к кожуху 6. Во избежание случайного попадания воды на подшипники в дно кожуха вмонтированы дренажные трубки 25.

Сверху кожуха установлена воронка 12 для подачи исходного материала в концентратор, которая имеет окно 21, предназначенное для визуального наблюдения за процессом обогащения.

В корпус ротора установлен конус 7 из износостойкого материала. Конус уплотняется в корпусе ротора с помощью резинового кольца и прижимается крышкой 13, закрепляемой винтами 14. Ротор приводится во вращение асинхронным электродвигателем с помощью двух клиновых ремней 8, закрытых кожухом 9.

Внизу концентратора установлена труба 10, служащая для подачи промывочной воды, которая поступает через пустотелый вал ротора 4, в пространство между конусом 7 и корпусом ротора 3. Труба уплотняется сальниковой набивкой 15. Сальниковая набивка поджимается гайкой 16. Соедине-

ние трубы 10 с водоводом производится посредством армированного резинового шланга 24, обжатого хомутами 26.

Вывод хвостов обогащения осуществляется через патрубок 11, а смыв концентрата - через патрубок 22.

На водоводе расположены шаровой вентиль, манометры, отводы с кранами.

Внутри конуса 7 на его дне прикреплен активатор, предназначенный для равномерного и быстрого распределения поступающего материала.

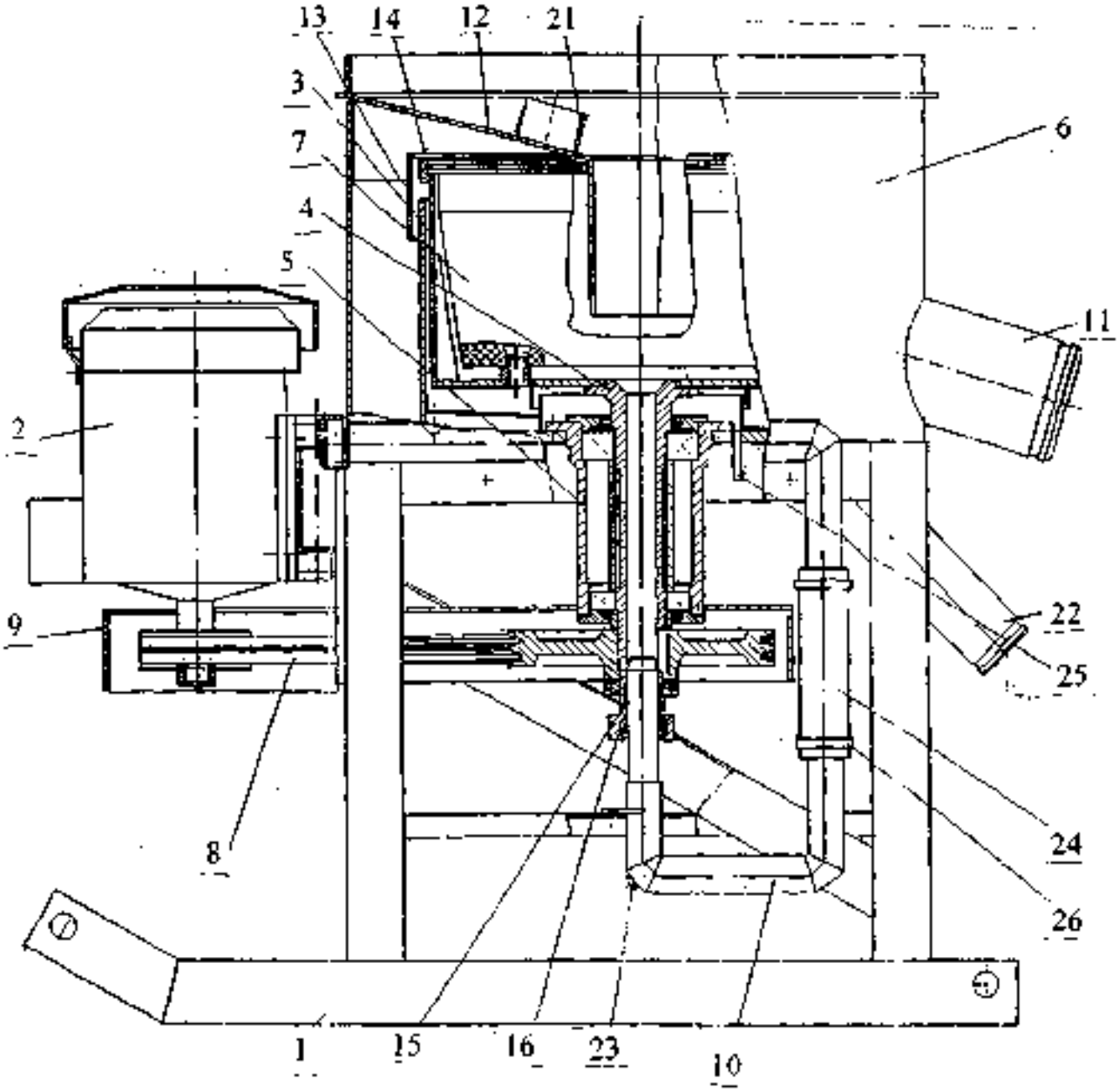


Рис. 1.47. Схема концентратора ЦКИ – 10

На трубе 10 имеется пробка 23 для слива воды из водяной системы при остановке на длительное время.

В условиях работы с сильно загрязненной водой ее необходимо очищать с помощью фильтров, центрифуг, гидроциклонов и т. д.

Режим подачи материала 0-15 т/ч по сухому или 0-40 $м^3$/ч по пульпе (в зависимости от характеристики поступающего продукта). Размер частиц породы не должен превышать 3-4 мм. Режим обогащения регулируется расходом промывочной воды.

Время накопления концентрата в рабочем конусе до его смыва зависит от плотности поступающего материала, длительности цикла обогащения и определяется экспериментально.

Качественный контроль за работой концентратора осуществляется путем визуального наблюдения через окно 21 в воронке 12.

При нормальной работе концентратора должны быть видны все или часть белых рифлей конуса.

Для выгрузки концентратора необходимо: поместить специальную емкость под патрубок 22 для смыва концентрата; прекратить подачу исходного продукта; отключить электродвигатель; при необходимости уменьшить расход промывочной воды (не перекрывая совсем!).

Качество смыва концентрата контролируется через окно 21. При смыве необходимо добиться полного удаления концентрата из канавок конуса.

Для повышения степени извлечения рекомендуется провести предварительный рассев материала на фракции крупностью –3+0,5 и –0,5 мм. Каждую фракцию обогащать на концентраторе отдельно (табл. 1.31).

Таблица 1.31

Рекомендуемые режимы обогащения

Исходный материал	Фракция, мм	Давление воды, МПа	Степень сокращения
Продукты с высоким содержанием минералов повышенной плотности (богатые гравиоконцентраты, промпродукты ШОУ)	-3+5	0,1-0,15	До 100
	-0,5	0,05-0,08	До 100
Бедные гравиоконцентраты, богатые руды, россыпи, серые шлихи, хвосты ШОУ	-3+0,5	0,06-0,1	100-1000
	-0,5	0,03-0,05	100-1000
Бедные руды, россыпи, эфельные хвосты, отвальные продукты ЗИФ	-3+0,5	0,04-0,08	< 1000
	-0,5	0,03-0,05	< 1000
Флотоконцентраторы, сливы классификации и гидроциклонирования. Хвосты флотации, цианирования	-0,1	0,02-0,04	< 1000

Техническая характеристика ЦКИ –10 приведена ниже:

Масса, не более, кг	300
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Число оборотов ротора, об./мин	500
Производительность по твердому осадку, т/ч	10 – 15
Производительность по пульпе, $м^3$/ч	25 – 40
Макс. расход промывочной воды, $м^3$/ч	20
Крупность подаваемого материала, не более, мм	4,0
Соотношение твердого к жидкому	1: (1 – 4)
Объем концентратора, не более, л	10
Габаритные размеры, не более, мм	
длина	1200
ширина	1000
высота	1170

1.9.4. Напорные центробежные концентраторы

Из числа напорных аппаратов при обогащении золотосодержащих песков внедряются короткоконусные гидроциклоны ККГЦ с углом конусности конической части 90 – 120º.

Гидроциклоны (рис. 1.48) – аппараты для классификации тонкоизмельченных материалов по гидравлической крупности в центробежном поле, создаваемом в результате вращения пульпы. Они применяются также для обогащения мелко- и среднезернистых руд в тяжелых суспензиях.

Исходная пульпа подается в гидроциклон под давлением через питающую насадку 2, установленную тангенциально непосредственно под крышкой аппарата. Пески разгружаются через песковую насадку 3, а слив – через сливной патрубок 4, расположенный в центре крышки и соединенный со сливной трубой 5 непосредственно или через сливную коробку 6. Движущихся деталей в гидроциклоне нет.

Главной действующей в гидроциклоне силой является центробежная сила инерции, возникающая при вращении пульпы благодаря тангенциальной подаче питания и осевой разгрузке продуктов. Под действием центробежной силы более крупные и более тяжелые частицы твердого отбрасываются к стенке корпуса 1 гидроциклона и затем разгружаются через песковую насадку 3, а более тонкие и легкие частицы выносятся со сливом.

При вихревом движении жидкости в гидроциклоне образуются два вращающихся потока – внешний, перемещающийся вдоль стенок конуса вниз к песковой насадке, и внутренний цилиндрический, направленный вверх вдоль оси к сливному патрубку. Вблизи геометрической оси аппарата центробежная сила становится настолько большой, что происходит разрыв жидкости – вокруг оси образуется воздушное ядро (воздушный столб). Диаметр его составляет 0,6–0,7 диаметра сливного патрубка d. Линии тока в продольном

сечении гидроциклона показаны на рис. 1.49. Тангенциальная скорость пульпы увеличивается с уменьшением расстояния от оси, поэтому в гидроциклоне наблюдается резкое возрастание центробежной силы от стенок к оси. Осевая скорость во внешнем потоке направлена вниз, а во внутреннем – вверх. Таким образом, между внутренним и внешним потоками имеется коническая поверхность, на которой осевые скорости равны нулю. Характер изменения радиальных скоростей изучен еще недостаточно.

Абсолютные значения скорости жидкости зависят от большого числа исходных условий. Поэтому попытки аналитического выражения скоростей приводят к чрезвычайно сложным уравнениям, дающим лишь качественную характеристику процесса.

Рис. 1.47. Гидроциклон: 1 – цилиндро-конический сосуд; 2 – питающая насадка; 3 – песковая насадка; 4 – сливной патрубок.

Рис.1.48. Линия тока в гидроциклоне.

В обычных классифицирующих гидроциклонах (угол конусности 20º и менее) плотность зерен мало сказывается на разделении их смеси по крупно-

сти. Исследованиями ЦНИГРИ установлено, что с увеличением угла конусности начинает все больше сказываться разница в плотности разделяемых минералов. При значениях угла конусности 90° и более в гидроциклоне разделение происходит не по крупности, а по плотности. Таким образом, из классифицирующего гидроциклон превращается в обогатительный аппарат. Степень обогащения в нем регулируется соотношением диаметров сливной и песковой насадок Δ, а также изменением угла конической части гидроциклона. Гидроциклоны с большим углом конусности получили название короткоконусных, или гидроциклонов со сложным профилем конуса (если образующая его имеет изломы) – ККГЦ.

Эти аппараты предназначены для обогащения мелкозернистых смесей. В короткоконусном гидроциклоне одновременно имеются благоприятные для гравитации факторы:

наличие центробежных сил, превосходящих силы тяжести в десятки и сотни раз, в результате чего достигается весьма большое расслаивание материала;

наличие подвижной (в определенной мере разрыхленной) и вращающейся в циклоне постели, состоящей из зерен обогащаемого материала. В результате эффективно обогащается материал и при высоких производительностях.

Результаты испытаний короткоконусных гидроциклонов на россыпном золотосодержащем материале показывают, что по эффективности извлечения золота эти аппараты не уступают отсадочным машинам и даже концентрационным столам. В табл.1.32 приведены результаты обогащения песков крупностью –1 мм одного из россыпных месторождений. Содержание свободного золота в обогащаемом продукте составляет около 0,8 г/т.

Таблица 1.32

Извлечение россыпного золота различной крупности гравитационными аппаратами

Аппарат	Производительность, кг/ч	Выход концентрата, %	Распределение золота %, по классам, мм			
			+0,5	-0,5 +0,25	-0,25 +0,1	-0,1 +0,05
Концентрационный стол	30 ÷ 50	7,9	100	100	93,5	79,3
Отсадочная машина	200	9,1	100	100	96,5	79,3
Короткоконусный гидроциклон (α = 120°, Δ = 22/4 мм, диаметр 75 мм)	600	9,4	100	100	98,5	76,7
То же (диаметр 50 мм, α = 120°, Δ = 16/4 мм)	200	7,4	100	100	95,0	83,0

Короткоконусные гидроциклоны могут применяться для первичного гравитационного обогащения тонкозернистых продуктов, содержащих золото крупностью менее 0,1 мм.

Важным требованием при обогащении в гидроциклоне является подготовка материала по крупности. Существует определенное соотношение между размером гидроциклона и величиной наибольшего зерна обогащаемого материала. Так, в гидроциклоне диаметром 75 мм можно обогащать материал не крупнее 1,5 мм. В больших гидроциклонах можно обогащать и более крупный материал.

Для мокрого грохочения материала перед обогащением его в гидроциклонах можно использовать высокопроизводительные дуговые грохоты, а также шлюзы-грохоты.

В лаборатории гидромеханизации УГГГА изготовлена установка, представляющая комбинацию конического грохота и короткоконусного гидроциклона (рис. 1.50).

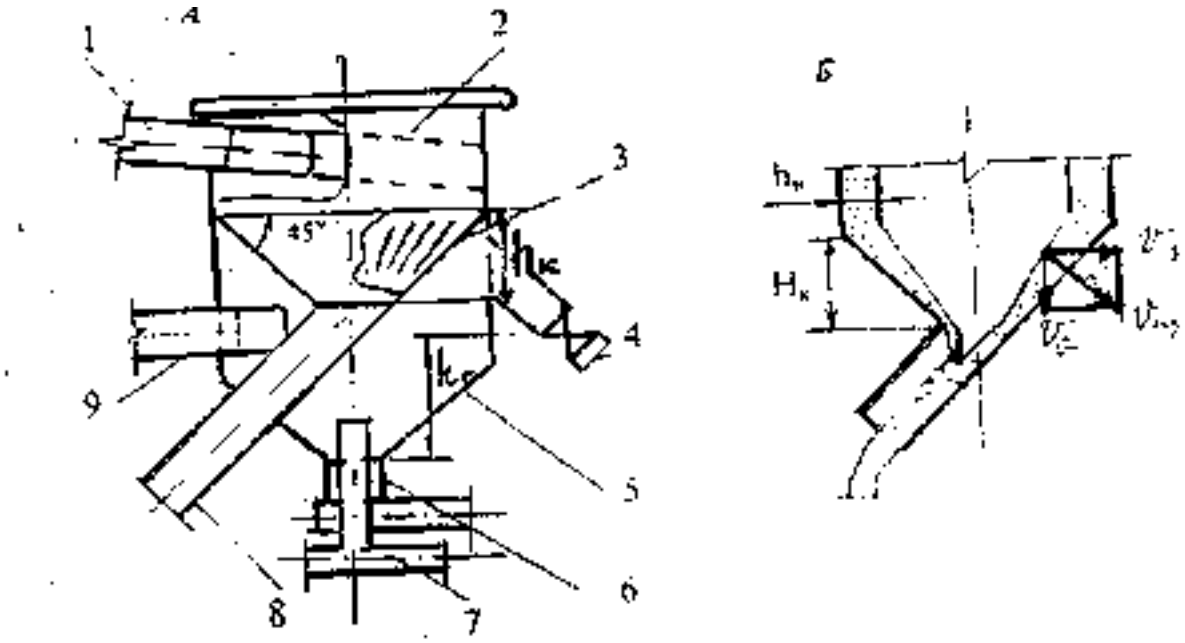


Рис. 1.50. Схема установки для центробежного разделения зернистых материалов:1 – питающий патрубок; 2 – струенаправляющие пластины; 3 – грохот; 4 – сливной патрубок с задвижкой; 5 – корпус; 6 – песковый патрубок; 7 – распределитель; 8 – галечный патрубок; 9 – патрубок для подачи воды

При грохочении смеси на цилиндрической и конической частях грохота образуется слой крупного материала, который аналогичен постели на решете отсадочной машины. При одинаковых размерах частицы минералов большой плотности в центробежном поле имеют большую скорость и вероятность

прохождения через постель, чем частицы небольшой плотности. Таким образом, при классификации смесей минералов различной плотности КГГ является обогатительным аппаратом. В технологической цепи гравитационного извлечения золота на шлюзах, отсадочных машинах КГГ будет являться и классифицирующим аппаратом, и аппаратом предварительного обогащения. Установлено, что на цилиндрической части гидросмесь не удерживается и обычно более половины решета не участвует в работе. Вдоль цилиндрической части движется в основном жидкая фаза гидросмеси, которая быстро проходит через щели, практически не участвуя в процессе разделения исходного материала, а материал концентрируется в нижней конической части решета. Все это затрудняет условия классификации. В этой связи для использования КГГ в схемах обогащения золотосодержащих отложений разработан грохот без цилиндрической части с распределителями для выделения концентрата и подачей напорной воды для «подкрутки» потока гидросмеси (см. рис. 1.50).

Эксперименты на лабораторной установке (изготовленной из плексигласа) и теоретический анализ показали:

- большая часть гидросмеси проходит через щели на первой (верхней) третьей части грохота;
- после прохода через щели скорость вращения потока гидросмеси значительно меньше, чем при поступлении на грохот;
- центробежное разделение зерен по крупности и плотности почти не происходит.

Для усиления центробежного разделения в цилиндрическую часть корпуса подводится дополнительная вода в объеме выхода гидросмеси через галечный патрубок и с таким же напором, как и напор на выходе из питающего патрубка. Для регулирования режима работы установлен сливной патрубок с задвижкой.

В результате центробежного грохочения гидросмесь разделяется на 4 потока, которые направляются:

- поток галечного патрубка – на шлюз глубокого наполнения;
- центральная часть потока пескового патрубка – на шлюз мелкого наполнения № 1;
- периферийная часть потока пескового патрубка – на шлюз глубокого наполнения № 2;
- поток сливного патрубка – в отстойник.

Установлены и обоснованы теоретически формулы для подачи и расхода гидросмеси через установку:

$$\begin{gathered} Q_{\text{щ}} = \mu_1 \cdot S_{\text{щ}} \cdot \upsilon_{\text{ср}}; \\ Q_{\text{г}} = \mu_2 \cdot S_{\text{г}} \cdot \upsilon_{\text{ср}}; \\ \upsilon_{\text{ср}} = 1{,}41\varphi_{\text{с}} \sqrt{h_{\text{ср}} \left(\frac{\upsilon_{\text{т}}}{R_{\text{г}} - 0{,}33 H_{\text{к}} \operatorname{tg}\alpha} + \frac{g}{\sin\alpha} \right)} \quad ; \end{gathered} \tag{1.35}$$

$$\varphi_{\text{с}} = 1 - \frac{F_{\text{о}}}{F}; \quad \varphi_{\text{с}} = 1 - \left(\frac{d_{\text{п}}}{\text{Д}}\right)^2;$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{0{,}028}{(\mu_1 S_{\text{щ}} + \mu_2 S_{\text{г}})};$$

$$\mu_1 = 0{,}5 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{п}}}{S_{\text{щ}} + S_{\text{г}}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{R_{\text{г}}}}; \quad \mu_2 = 0{,}5 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{п}}^2}{(S_{\text{щ}} + S_{\text{г}}) d_{\text{с}}}},$$

где $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{щ}}$, $Q_{\text{г}}$ – подача (расход) гидросмеси через патрубок соответственно питающей, песковой и галечный, м³/с;

$S_{\text{щ}}$, $S_{\text{г}}$ – площадь щелей грохота и галечного патрубка, м²;

μ_1, μ_2 – коэффициенты расхода гидросмеси через щели и галечный патрубок;

$\upsilon_{\text{ср}}$ – средняя скорость прохождения гидросмеси через щели грохота, м/с;

$\varphi_{\text{с}}$ – коэффициент скорости, учитывающий гидравлическое сопротивление при выходе потока гидросмеси из питающего патрубка в цилиндрическую часть корпуса;

$F_{\text{о}}$, F – площадь поперечного сечения в питающем патрубке (до расширения) и цилиндрической части корпуса, м²;

$d_{\text{п}}$, Д, $d_{\text{г}}$ – диаметр питающего патрубка, цилиндрической части корпуса и галечного патрубка, м;

$h_{\text{ср}}$ – средняя высота потока на грохоте, м;

$\upsilon_{\text{т}}$ – скорость движения потока по окружности (тангенциальная скорость потока гидросмеси), м/с;

$R_{\text{г}}$, $H_{\text{к}}$, α – соответственно радиус основания (м), высота (м) и половина угла конусности (град) конического грохота.

Установлено, что выход мелких частиц (менее 0,1 мм) породы и полезного минерала под решето соответствует выходу гидросмеси ($Q_{\text{щ}}$). Количество мелких частиц, оставшихся в надрешетном продукте (галечной фракции), обусловливается степенью дезинтеграции глинистого материала и эффективностью грохочения.

В практике обогащения извлечение фракции в подрешетный продукт:

$$\varepsilon_x = 1 - x^m;$$
$$\varepsilon_o = 1 - k \cdot x^m / (m + k), \quad (1.36)$$

где ε_x – извлечение фракции;

ε_o – суммарное извлечение фракций (суммарная фракционная эффективность);

$x = \delta_п / b$ – относительная крупность узкого класса частиц;

$\delta_п$ – крупность частиц класса, мм;

b – размер отверстий грохота, мм;

k, m – эмпирические коэффициенты.

Для принятых конструктивных соотношений установки (см. рис. 1.51) величина эмпирических коэффициентов составила $m = 2$ и $k = 5$, а суммарное извлечение

$$\varepsilon_o = 1 - 0{,}75 \cdot (\delta_п / b)^2. \quad (1.37)$$

В ходе лабораторных работ получены зависимости извлечения частиц от плотности и соотношения Ж **:** Т.

Рис. 1.51. График зависимости частиц в подрешетный продукт:А – от соотношения Ж : Т; Б – различной плотности; 1 – частицы латуни (фракция – 1 мм, ρ = 8,71 г/см³); 2 – частицы пород (фракция крупностью – 1 мм, ρ = 2,65 г/см³); 3 – (1 + 0,5) мм; 4 – (–0,5) мм

1.10. Уборка хвостов промывки

1.10.1. Общая характеристика процесса уборки хвостов промывки

Уборка хвостов промывки – заключительная операция технологического процесса промывки песков, она обусловливает пропускную способность промывки в целом. Применяемые на приисках способы уборки хвостов могут быть разделены на две группы. В первую группу входят способы, при которых хвосты направляются в отвал в виде пульпы. Это типично для средних и мелких эфелей на установках со средним и мелким грохочением песков, а также для крупных хвостов на установках с гидравлической подачей песков и шлюзами глубокого наполнения. Уборка необезвоженных хвостов производится высотно-разносным, напорно-гидравлическим и гидромониторным способами.

Во вторую группу входят способы, при которых хвосты направляются в отвал в обезвоженном виде. Вторую группу можно разделить на подгруппы А и Б. В подгруппе А обезвоживание входит в состав хвостовых операций, а в подгруппе Б оно совмещается с грохочением и входит в состав технологических операций. В подгруппу Б входят способы уборки гали различной крупности (на установках с бочками скрубберного или дражного типа) и крупных камней (на гидротранспортных установках с загрузочно-ограничительными устройствами). К этой подгруппе также следует отнести способ уборки хвостов, когда обезвоживание является промежуточной технологической операцией, выполняемой обычно на плоских механических или неподвижных грохотах (например, на шлюзовых промприборах с эфельными подшлюзками). Уборка обезвоженных хвостов производится ленточными конвейерами, землеройно-транспортными машинами, автосамосвалами.

1.10.2. Высотно-разносный способ уборки необезвоженных хвостов

Основным и наиболее эффективным способом уборки необезвоженных хвостов является высотно-разносный – растекание пульпы на откосе гидроотвала. При этом промывочная установка размещается на высоте $H_{\text{с}}$, достаточной для самотечного размещения хвостов. Величина затрат на уборку хвостов существенно зависит от высоты установки.

Для снижения затрат на промывку необходимо соблюдать следующее обязательное условие: высота сброса $H_{\text{с}}$ должна иметь минимально допустимую величину, чтобы при окончании промывки на данной приборостоянке она была полностью использована. Если часть этой высоты остается неиспользованной, это значит, что бесполезно расходовались средства в процессе

всего периода эксплуатации на избыточный переподъем песков, а в процессе строительства и монтажа - на создание излишней высоты расположения промывочной установки. Из этого следует, что определение оптимальной высоты H_c по заданному геометрическому объему самотечно-разносного отвала имеет важное значение. Иногда приходится по заданной величине H_c (из условий местности и конструктивных параметров промприбора) находить V_o. В обоих случаях нужно знать зависимость между H_c и V_o, обеспечивающую достаточную для практических целей точность.

При естественном разносе транспортирующая способность потока вдоль оси шлюза или хвостового желоба всегда несколько выше, чем в поперечном направлении, поэтому продольный угол φ_1 откоса отвала обычно больше поперечного угла φ_2 откоса (рис. 1.52).

Отвал можно разделить на две части. Часть, расположенная впереди по ходу пульпы от вертикальных плоскостей 1–0 и 0–1, проходящих через конец шлюза и ограничивающих отвал со стороны промприбора, является главной. В большинстве случаев плоскости внутренней границы отвала совпадают и перпендикулярны к оси шлюза. Тогда площадь основания главной части отвала имеет форму половины эллипса с большой ($a = H_c \cdot \mathrm{ctg}\varphi_1$ и малой ($b = H_c \cdot \mathrm{ctg}\varphi_2$) полуосями.

Рис. 1.52. Схема к определению объема самотечно-разносного отвала необезвоженных хвостов промывки

Часть отвала, расположенную по другую сторону от плоскостей 1–0 и 0–1, можно назвать обратной. В формировании этой части отвала поток пульпы принимает незначительное участие и её объём определяется углом φ_3 откоса, имеющим промежуточное значение между углом φ_2 и углом φ естественного откоса обезвоженного материала. Обычно эта часть отвала образуется путем бульдозерных подваловок. На передвижных шлюзовых агрегатах со значительным вылетом $l_к$ консольной хвостовой части шлюзов, а также на переставных гидравлических шлюзах глубокого наполнения, располагаемых на временных деревянных эстакадах, объем обратной части колеблется в пределах 5 – 10 % от общего объема отвала. С достаточной для практики точностью ее объем можно приравнять к объему пирамиды с основанием в виде треугольника 3–1–1.

Объем отвала (м³) при складировании на горизонтальной поверхности определяется как объем полуконуса-полупирамиды с основанием в виде фигуры 3–1–2–1 и высотой $H_с$, т. е.

$$V_о = 1/3H_с^3(0{,}5\pi\cdot\operatorname{ctg}\varphi_1 + \operatorname{ctg}\varphi_3)\operatorname{ctg}\varphi_2, \text{ м}^3. \qquad (1.38)$$

В общем случае местность может иметь продольный угол Θ наклона. Так как обычно уклон незначителен ($\Theta < \varphi_1$), что объем разносного отвала с достаточной для практики точностью можно определять по формуле, (м³)

$$V_о = 1/3H_с^3[0{,}5\pi\cdot\operatorname{ctg}(\varphi_1 \pm \Theta) + \operatorname{ctg}(\varphi_3 \pm \Theta)]\operatorname{ctg}\varphi_2. \qquad (1.39)$$

При наличии уклона местности угол Θ вычитается из угла φ_1 и прибавляется значение к углу φ_3. При наличии подъема местности - наоборот.

В общем случае размещение разносного отвала в плане может быть ограничено с внутренней стороны некоторым центральным углом α и расстоянием x от конца шлюза до крайних боковых точек отвала 1′–1′. Тогда площадью основания главной части отвала будет служить эллиптический сектор 0–1′–2–1′, а площадью его обратной части – два треугольника 3–1′–0, величина которых ввиду малого значения Δb незначительно отличается от треугольников 3–1–0. В этом случае

$$V_о = 1/3H_с^3\{(\pi/180)\arccos[x/H_с \operatorname{ctg}(\varphi_1 \pm \Theta)]\operatorname{ctg}(\varphi_1 \pm \Theta) +$$

$$+ \operatorname{ctg}(\varphi_3 \pm \Theta)\}\operatorname{ctg}\varphi_2. \qquad (1.40)$$

При размещении переставного шлюза глубокого наполнения на земляной подваловке (что часто имеет место на промприборах с гидравлической подачей) обратная часть разносного отвала резко сокращается за счет подваловки. Однако ввиду того, что объем обратной части весьма невелик, достаточно общий объем отвала, найденный по формуле (1.39) или (1.40), уменьшить на 3–6 % (больше значения относится к наиболее высокой и широкой подваловке). При сложном рельефе местности, ограничивающем в разных местах конфигурацию отвала в плане, и при поперечных уклонах местности объем отвала следует определять по конкретным слагающим его геометрическим фигурам.

Расчеты по формулам (1.39), (1.40) показали хорошую сходимость с маркшейдерскими замерами. Объем V_o при заданной высоте H_c зависит в основном от углов φ_1 и φ_2. Главными факторами, от которых зависят величины этих углов, являются максимальная крупность d фракций в пульпе и степень x ее разжижения, определяющие скорость и глубину потока в естественном русле, образующемся на откосе отвала. В результате маркшейдерских съемок установлены следующие значения:

d, мм	φ_1, град.	φ_2, град.
16	2–3	2,8–4,2
25	3,2–3,8	4,2–5,3
50	4,5–5,7	6,3–8
120	6–6,5	8,7–9,5
150	7,5–8	12–13

Для мелких и средних эфелей значения углов φ_1 и φ_2 колеблются в более широком диапазоне, чем для крупных фракций, что объясняется более резкими колебаниями степени разжижения. Наибольшие значения углов относятся к скрубберным промприборам с механической подачей, у которых обычно $x = 10 \div 12$, наименьшие – к промприборам с гидравлической подачей и классификацией песков, у которых обычно $x = 25 \div 30$. Для крупных фракций углы откоса изменяются в меньшем диапазоне в связи с тем, что у шлюзов глубокого наполнения степень разжижения более стабильна.

Для достижения наибольшего эффекта при самотечном разносе хвостов следует использовать увалы, террасы, каньоны, отвалы горной массы прошлых лет, борта разрезов, обработанные площади.

1.10.3. Напорно-гидравлический способ уборки хвостов

При напорно-гидравлическом способе уборки необезвоженные хвосты промывки подаются в отвал по пульповодам с помощью специальных гидроэлеваторов или землесосов. Степень разжижения пульпы, сбрасываемой с обогатительных аппаратов, колеблется в пределах 12-30 (бóльшие значения относятся к промывочным установкам с гидравлической подачей и классификацией песков).

Чтобы свести до предельного минимума бесполезный расход энергии на вторичный подъем и транспортирование технологической воды, составляющей основную часть хвостовой пульпы, необходимо осуществить предварительное ее сгущение. Хвостовые гидроэлеваторы или землесосы работают под заливом (с гравитационной загрузкой), поэтому загружаемую в них горную массу можно сгущать до весьма низкой степени разжижения (для хвостовых гидроэлеваторов она может составлять 2-2,5, для хвостовых землесосов – 5-6). Для промывочных установок с гидравлическим подъемом песков на промывку разработан агрегат для сгущения хвостов и транспортирования эфелей АГЭП-1-200 (агрегат гидроэлеваторный передвижной).

Основой агрегата (рис. 1.53) служит отстойник с пирамидальным днищем, опирающийся на несущий каркас с полозьями. Сгущенные эфеля через отверстия в днище поступают в гидроэлеватор, который по наклонному хвостовому пульповоду транспортирует их в отвал.

Пульповод подвешен к портальной укосине, удерживаемой вантами. Для канатной подвески применена ручная червячная лебедка, позволяющая в сочетании с шарнирным соединением пульповода изменять его угол наклона в диапазоне от 20 до 30º. Соединение приемно-всасывающего патрубка гидроэлеватора с отстойником позволяет разворачивать пульповод в плане относительно среднего положения на 13º в обе стороны. Слив поступает по обеим сторонам отстойника. Для этого служат сливные пороги, высоту которых можно регулировать путем набора поставленных на ребро досок, и сливные желоба, от которых воду отводят в нужном направлении. Агрегат АГЭП-1-200 предназначен для эфелей крупностью 25-30 мм. Он имеет отстойник объемом 2 м^3 и гидроэлеватор ГЭ-120/200. При рабочем напоре у насадки 35-40 м и расходе воды 50-60 л/с он поднимает эфеля на высоту 7-8 м в количестве 400-500 м^3 в сутки. Из-за сравнительно небольшого объема отстойника и площади зеркала воды в слив уходит большое количество тонких фракций и взвесей, что необходимо учитывать при решении вопросов об отводе сбрасываемой воды или об оборотном водоснабжении промывочного прибора. Вместо гидроэлеватора на агрегате АГЭП-1-200 может быть применен землесос (например, землесос 5Гр-8) с электродвигателем 30-40 кВт, обеспечивающий значительно большие высоту и дальность сброса эфелей. Ввиду ограни-

ченной высоты свободного пространства под отстойником землесос следует устанавливать сбоку в виде отдельного агрегата, соединяя его с разгрузочным отверстием отстойника приёмно-всасывающим патрубком.

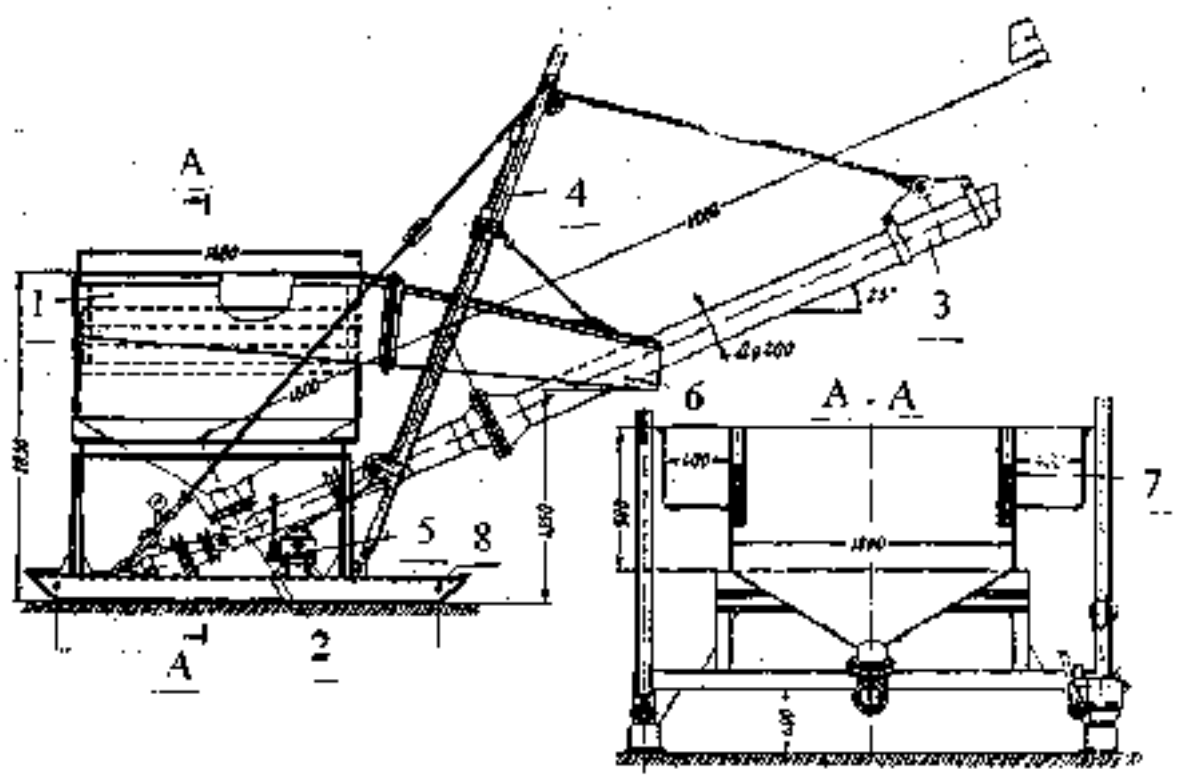


Рис. 1.53. Передвижной агрегат АГЭП-1-200 для напорно-гидравлической уборки эфелей: 1 – отстойник; 2 – гидроэлеватор; 3 – хвостовой эфельный пульповод; 4 – укосина; 5 – ручная червячная лебедка; 6 – сливные желоба; 7 – регулируемые сливные пороги; 8 – каркас на полозьях

Напорно-гидравлический способ уборки хвостов целесообразно применять в том случае, когда особые гидротехнические условия с самого начала полностью исключают возможность использования высотно-разносного способа. В этом случае для подачи напорной воды в хвостовые гидроэлеваторы более целесообразно применять не отдельные дополнительные насосы, а соответственно увеличивать мощность главных насосных агрегатов.

Хвостовые гидромониторы обычно устанавливают на отвале вблизи конца шлюза после исчерпания всей свободной высоты сброса, когда уборка хвостов ведется в межсменные периоды путем использования всей мощности насосного агрегата. Такое применение хвостовых гидромониторов не требует дополнительных насосов и позволяет уменьшить во всех направлениях угол откоса разносных отвалов, а также увеличить их емкость. Однако этот способ уборки хвостов следует рассматривать как вспомогательный, так как увеличение емкости отвала, достигаемое в межсменный период, относительно не-

велико (10-15 %). Устанавливать же дополнительный насос, работающий одновременно с основным насосом, менее выгодно, чем применять для той же цели хвостовой гидроэлеватор или землесос.

1.10.4. Уборка обезвоженных хвостов промывки ленточными отвалообразователями (стакерами)

Для уборки обезвоженных хвостов промывки наиболее целесообразно использование ленточных конвейеров, которые широко применяются в виде консольно-подвесных стакеров на плавучих мойках и драгах. Консольно-подвесной стакер представляет собой отвальный конвейер, смонтированный на стреле, перемещающейся совместно с подвижной промывочной установкой.

Опорно-звеньевые ленточные отвалообразователи состоят из шарнирно соединяемых линейных звеньев (рис. 1.54), которые последовательно наращивают.

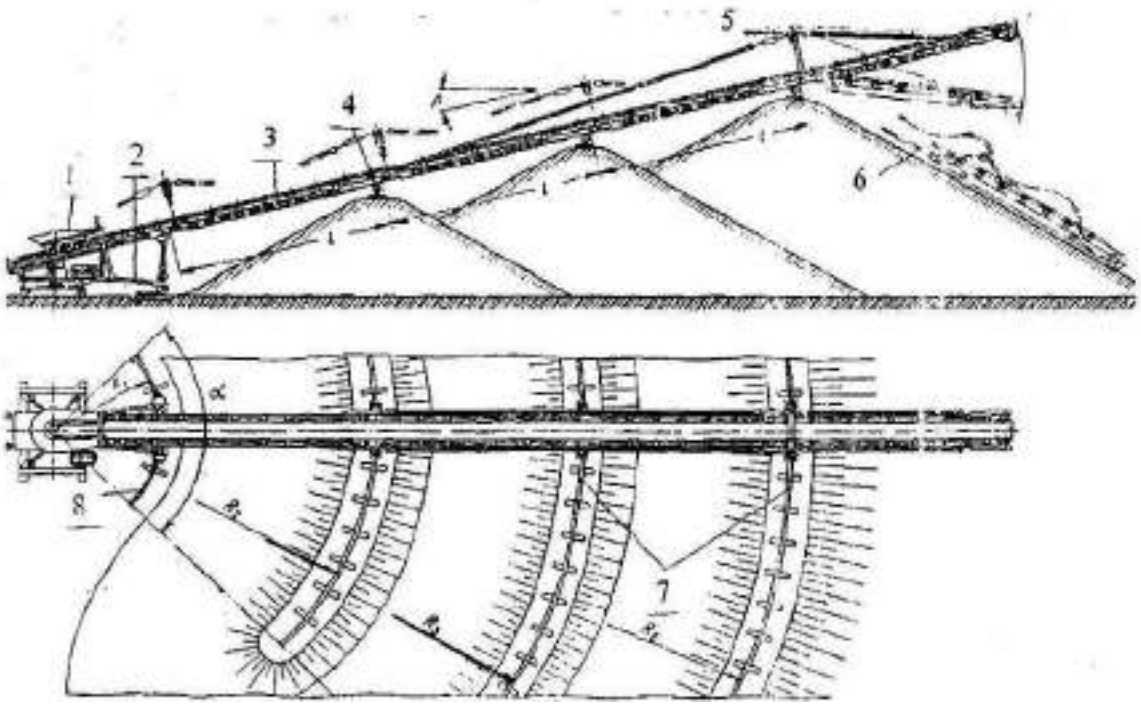


Рис .5.9 Опорно-звеньевой ленточный отвалообразователь (стакер):1 – базовый агрегат; 2 – базовое колесное шасси; 3 – линейные звенья; 4 – колесные шасси линейных звеньев; 5 – переставная портальная укосина с вантовыми подвесками; 6 – монтажный канат для наращивания линейных звеньев; 7 – отвальные дуговые монорельсы; 8 – наземный дуговой монорельс базового шасси

Каждое звено опирается с помощью колесного шасси на им же отсыпанный концентрический отвал, по гребню которого укладывается дуговой монорельс. Наращенное линейное звено до отсыпки им очередного гребня удерживается с помощью переставной портальной укосины и вантовых растяжек. Основанием отвалообразователя служит базовый агрегат, на котором расположены совмещенные приводная и натяжная станции отвального конвейера, приемно-направляющий загрузочный лоток и вспомогательные механизмы отвалообразователя. Базовый агрегат имеет центральную опору, обеспечивающую вращение звена в вертикальной (на некоторый ограниченный угол $\beta < 18^{\circ}$) и горизонтальной (на угол α) плоскостях. Второй опорой является шарнирно присоединенное к агрегату базовое колесное шасси, перемещающееся по первому наземному дуговому монорельсу.

В отдельных случаях, когда отвалообразователь устанавливается на значительной начальной высоте, первое линейное звено жестко соединяется с базовым агрегатом, а базовое колесное шасси убирается. В качестве второй опоры используется канатная подвеска к специальному пилону или к элементам металлоконструкции промприбора.

В процессе периодических поворотов вокруг оси на центральный угол α, зависящий от условий местности, и последовательных наращиваний линейных звеньев образуется отвал, который можно назвать концентрично-гребенчатым. Конечный объем отвала на одной стоянке отвалообразователя при заданных углах α и β определяется длиной линейных звеньев и их числом, максимально возможной длиной отвального конвейера $L_{\text{к}}$ и мощностью его привода.

Базовые агрегаты у серийных отвалообразователей имеют три барабана. Первоначально выпускавшиеся отвалообразователи имели схему обводки ленты, при которой первый барабан по ходу ленты является натяжным, второй – приводным, а третий – направляющим (рис. 1.55). Эта схема требовала чрезмерно большого усилия натяжения и не обеспечивала необходимого тягового фактора. Поэтому она была заменена схемой с двумя ведущими барабанами (см. рис. 1.55), имеющими жесткую кинематическую связь и концевой натяжной барабан, перемещаемый ручным винтовым устройством.

Линейные звенья серийных отвалообразователей имеют длину 8 м. Они выполнены в виде листовых балок из гнутых тонкостенных профилей и обладают небольшой массой (307 кг), что облегчает наращивание стакеров. При такой длине звеньев максимальная глубина пазух, образующихся между гребнями отвала, практически не превышает 1,5 м. Это позволяет отказаться от ходовых трапов, так как обслуживание линейного става можно производить с поверхности отвала.

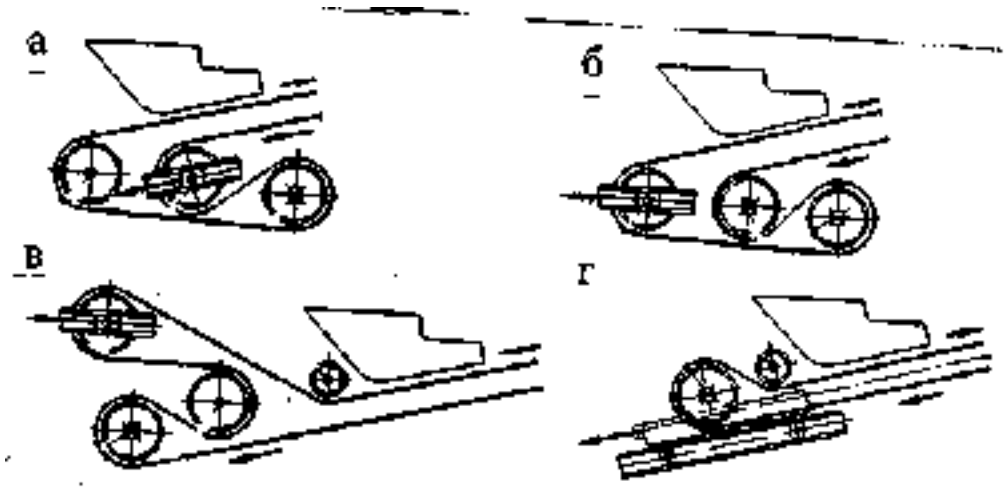


Рис. 1.55. Схемы приводно-натяжных устройств базовых агрегатов ленточных отвалообразователей:а – трехбарабанное одноведущее устройство с головным натяжным барабаном; б – трехбарабанное двухведущее с концевым натяжным барабаном; в - трехбарабанное одноведущее с концевым натяжным и дополнительным отклоняющим барабанами; *г* – однобарабанное одноведущее; 1, 2, 3, 4 – соответственно ведущий, натяжной, концевой, отклоняющий барабаны; 5 – тележка; 6 – направление натяжения

Выпускаемые серийно опорно-звеньевые отвалообразователи (стакеры передвижные звеньевые) СПЗ-II-650 и СПЗ-II-800 имеют отвальный конвейер длиной 42,5 и 68 м с лентой шириной 650 и 800 мм и приводом мощностью 14 и 30 кВт соответственно. Они обеспечивают укладку хвостов в первичный отвал (при α =120º и β = 16º) в объеме 50 и 150 тыс. м^3 соответственно. Общая масса с комплектом линейных звеньев и лентой равна соответственно 7300 и 12500 кг.

Повороты отвалообразователей выполняются вручную с помощью простейших рычажных приспособлений, взаимодействующих с монорельсом, или с помощью закрепляемой на рельсе и периодически переставляемой ручной лебедки с червячной передачей. Рациональный способ наращивания линейных звеньев состоит в том, что очередное заранее подготовленное линейное звено (с роликоопорами, концевым барабаном, навешенной лентой, портальной укосиной и растяжками) располагают у основания отвала по оси линейного става и монтажной лебедкой подтягивают по откосу к верхней бровке (см. рис. 1.54, изображение пунктиром). После совмещения концевых шарниров соединяемых звеньев и установки осей наращиваемое звено с поднятой портальной укосиной поднимают монтажной лебедкой, поворачивая вокруг шарнира, и закрепляют вантами в поднятом консольном положении.

Для наращивания используются универсальные монтажные лебедки ЛМ-2,5, входящие в комплект промприборов или отвалообразователей.

Отвалообразователи СПЗ-II-650 и СПЗ-II-800 предназначены для промприборов с суточной производительностью 350 - 1250 м^3. Для более мощных промприборов и обогатительных фабрик нужны более мощные отвалообразователи.

Применение отвалообразователей связано с решением двух задач. При проектировании отвалов их геометрические параметры определяются по заданным параметрам отвалообразователя. При конструировании же отвалообразователя его параметры определяются по заданным параметрам отвала. В обоих случаях необходимо пользоваться удобной методикой определения объема концентрично-гребенчатых отвалов (рис. 1.56), образуемых опорно-звеньевыми ленточными отвалообразователями. Применяется обычно способ поочередного суммирования объемов последовательно отсыпаемых отдельных слоев отвала.

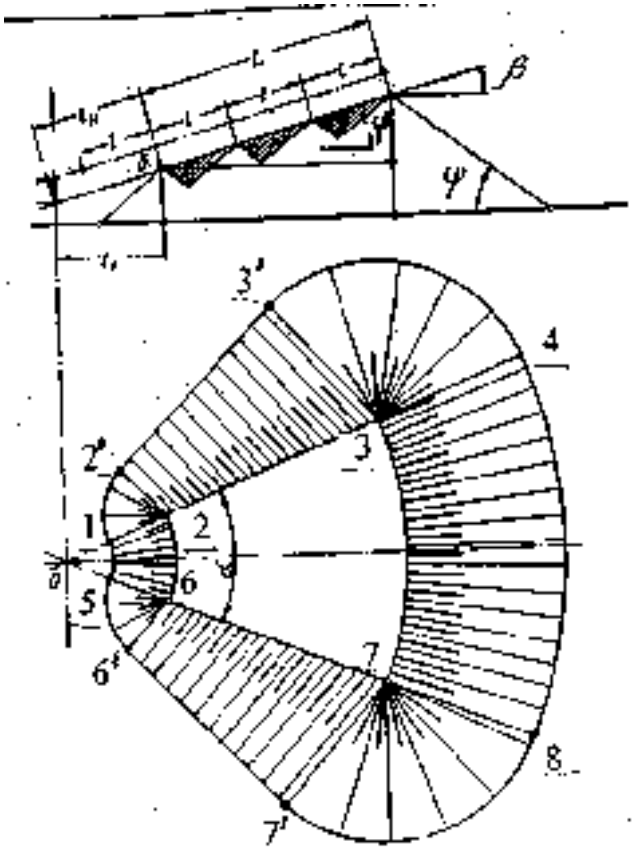


Рис. 1.56. Схема к определению объема концентрично-гребенчатых отвалов

При этом геометрическую фигуру отвала разделяют на центральную часть (зависящую от угла α разворота стакера и ограниченную в плане контуром 1 – 2 – 3 – 4 – 8 – 7 – 6 – 5) и боковые откосы (не зависящие от угла α

и ограниченные контурами 1 – 2 – 2' и 5 – 6 – 6', 3 – 3' – 4 и 7' – 7 – 8, 7' – 6' – 6 – 7 и 2 – 2' – 3' – 3). Применяя известные выражения для определения объемов конуса и усеченной пирамиды, вычисляют объем отвала $W_{от}$.

Ориентировочно объем отсыпаемого отвала ($W_{от}$, м^3) рассчитывается по формуле

$$W_{от} = 400L^2 (\beta / \alpha)^2,$$

где L - расстояние между первым и последним гребнями отвала, м;

β - угол наклона конвейера, град;

α - угол разворота конвейера (в плане), град.

Если отвалы отсыпаются на поверхность, наклоненную под углом θ, в этом случае в формуле вместо угла β следует принять $\beta' = (\beta - \theta)$ при подъеме и $\beta' = (\beta + \theta)$ - при падении.

Применение землеройно-транспортных машин в качестве основных средств уборки необезвоженных хвостов допустимо только при работе промывочных установок в осенне-зимнее время без использования оборотной технологической воды, когда применение разносного и напорно-гидравлического способов затруднено из-за замерзания пульповодов.

2. АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ И ТИПОРАЗМЕРЫ ПРОМЫВОЧНЫХ УСТАНОВОК

2.1. Агрегатно-комплексное построение промывочных установок

До середины 40-х годов основным промывочным прибором был разносный шлюз длиной 25-30 м, работавший на неклассифицированном материале. С внедрением в 1945-1946 гг. бульдозеров на разработке песков началось широкое внедрение скрубберных приборов, осуществляющих одновременно дезинтеграцию и классификацию песков. Это позволило повысить степень извлечения металла и производительность приборов. К концу 40-х годов основным типом прибора стал стационарный скрубберно-шлюзовой прибор на деревянных эстакадах с конвейерной подачей песков. В 1960 г. были разработаны и внедрены гидроэлеваторные приборы. Массовое применение бульдозеров, скреперов, гидроэлеваторных приборов сократило продолжительность отработки промышленных контуров, обусловило большую частоту перестановки промывочных приборов. В этих условиях приборы на деревянных эстакадах и цельнометаллические стали неэффективны из-за больших затрат времени на каждое их перемещение. Эта задача была решена путем создания агрегатно-блочных металлических модулей для различных приборов.

Агрегатно-блочное изготовление позволило решить также задачу компоновки промывочных установок, наиболее полно соответствующих разнообразным горно-геологическим условиям разработки россыпей.

К 1970-1980 гг. на приисках Северо-Востока страны применялись промывочные установки трех видов: конвейерно-скрубберные, гидроэлеваторные и землесосные. В их состав входили следующие агрегаты, блоки (модули):

– загрузочно-ограничительный;

– оборудование подъема песков к головному аппарату обогатительного комплекса;

– обогатительный комплекс, включающий агрегаты дезинтеграции, грохочения, первичной концентрации;

– комплекс вторичной концентрации и доводочные аппараты;

– комплекс оборудования складирования хвостов обогащения.

Отдельно выпускалось оборудование водоснабжения и транспортирования пульпы. Серийно выпускались промывочные приборы: МПД – 3 (1954) – металлический переставной прибор с дезинтегратором; МПД – 2 (1955); МПП – 1; МПД – 4; МПД – 5 (1956 – 65 гг.); МПД - 6 (1960); ПКС – 1 – 700 ; ПКС – 1 – 1200 (1967 – 68 гг.); ПГШ – 30, 50, 75 (прибор гидроэлеваторный шлюзовой), ПГБ-1000 (прибор гидроэлеваторный с барабанным дезинтегратором).

В Уральском регионе на приисках изготовлялись установки понурного типа (гидровашгерд со шлюзом), Миасского типа 2А, 4А (комбинация шлюзов глубокого и мелкого наполнения).

В настоящее время разработаны комплексы с производительностью до 200 м³/ч (ТОК-200), комплекс обогатительный разборно-переносной (КОРП-180), схемы стационарных обогатительных фабрик (СОФ) для разработки крупных месторождений. Разработаны также модули для концентрации мелкого золота, которые включают в состав типовых приборов:

ПБСР-100 – прибор бочечно-скрубберный раздельного обогащения;

ПГШ-И – прибор гидровашгердный шлюзовой (конструкции Иргиредмета);

ПГО-И – прибор гидровашгердный отсадочный (конструкции Иргиредмета).

Богдановым Е. И. [1] предложено следующее обозначение промывочных установок. Первой буквой обозначена промывочная установка. Следующая буква указывает способ загрузки прибора: К – конвейерный, Н – непосредственно землеройной машиной без подъемного устройства, Г – гидравлический. Если уточняется вид гидротранспортной установки, то для гидроэлеваторов ставится Гэ, а для грунтовых насосов (землесосов) – Гр. Следующей буквой обозначен тип головного технологического аппарата: С – скруббер, Ш – шлюз глубокого наполнения, Б – барабанный грохот без головного шлюза, БШ – барабанный грохот с головным шлюзом. У промприборов, предназначенных для оловосодержащих песков, после первой цифры, означающей порядковый номер модели, ставится буква К (касситерит). Последняя цифра означает техническую часовую производительность.

По производительности предлагается выделить 5 типоразмеров:
1-й – 25 м³/ч; 2-й – 50 м³/ч; 3-й – 100 м³/ч; 4-й – 200 м³/ч; 5-й – 400 м³/ч.

2.2. Скрубберные промывочные приборы

Скрубберные промывочные приборы были созданы и получили наибольшее распространение на предприятиях Северо-Востока, Якутии и Ленского района. Промывочные приборы строятся на деревянных или разборно-переносных металлических эстакадах.

В приборах на деревянных эстакадах дезинтеграция осуществляется в скрубберах, чаще всего с перфорацией 30 мм и концентрацией золота из нижнего продукта на шлюзах длиной 12–15 м. При наличии в песках самородков и мелкого золота на промывочных приборах дополнительно устанавливаются самородкоулавливатели и подшлюзки.

Существует несколько типов передвижных цельнометаллических скрубберных промывочных приборов: МПД-2, МПД-3, МПД-4, МПД-5, МПД-6,

МПП-1. Все они представляют собой комплексные установки с дезинтегрирующими, классифицирующими, транспортными и концентрирующими аппаратами и отличаются способами подачи песков и удалением хвостов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Техническая характеристика металлических разборно-переносных приборов

Показатели	МПП-1	МПД-3	МПД-4	МПД-5	ПКС-1-700	ПКС-1200
Производительность, м³/ч	до 20	до 40	до 30	до 40	до 35	до 70
Расход воды, л/с	50-80	120	80	80-130	120	120
Тип бункера	ББК-III-800	Питатель	ББК-III-800	ББК-II	ББК-III-800	ББК-II-М
Ширина ленты, м	0,70	0,75	0,70	0,70	0,80	0,80
Длина, м	50	85	70	82	70	108
Тип скруббера	ДС-48	ДС-53	ДС-53	ДС-55	АСК-700	АСК-1200
Размер перфорации, мм	20-30	10, 20, 50	20	15, 50	20, 50	20, 125
Эфельные подшлюзки, шт.	2	2	2	2	2	4
Рабочая длина секции, м	12,4	13,7	12,4	12,0	11,2	9,6
Самородкоулавливающие шлюзы						
Ширина секции, м	0,6	0,52,	0,6	0,72	0,45	0,80
Рабочая длина секции, м	2,7	0,35	2,7	12,0	11,2	1,8
Тип галечного стакера	СОЗ-II	13,7	СПЗ-IV-600	СОЗ-III-600	СПЗ-I-650	СПЗ-800
Ширина ленты, м	0,60	0,60	0,60	0,60	0,65	0,80
Установленная мощность, кВт	37	57	48	62	70	113
Общая масса прибора, т	31,5	46,0	35	43,4	43,5	69,5

В качестве дезинтегрирующих аппаратов применяются различные скрубберы. Иногда используют барабанные грохоты.

Пески подаются скреперными погрузчиками, бульдозерами, посредством бункера с каретчатым питателем. Для удаления гали применяются стакеры, транспортеры. Эфеля удаляются самотеком или землесосом.

Применяемые технологические схемы на скрубберных промывочных приборах можно подразделить на следующие группы (по Е. И. Богданову):

- с однофракционным (средним по классу 28 мм) грохочением;
- с головным шлюзовым и однофракционным (мелким) грохочением;
- с двухфракционным грохочением (с резкой разницей в размерах выделяемых классов).

По наиболее простой технологической схеме, предусматривающей грохочение в скруббере с однослойным барабанным грохотом и промывку подгрохотной фракции на шлюзе мелкого наполнения, работают промывочные приборы МПД-2 и МПД-6. По такой же схеме (в случаях исключения из схемы головного самородкоулавливающего шлюза) может эксплуатироваться промывочный прибор МПП-1.

Промывочный прибор МПД-2 до 1955 г. эксплуатировался со скреперным погрузчиком на подаче песков и двумя последовательно расположенными отвальными галечными конвейерами для уборки гальки от промывочного прибора.

В 1957 г. прибор был оборудован бульдозерным бункером с каретчатым питателем для подачи песков на конвейер и отвальным стакером.

Промывочный прибор МПД-6 не имеет завалочного бункера и конвейера подачи песков. Пески подаются непосредственно в завалочный люк скруббера. Этот прибор наиболее удобен на промывке террасовых россыпей, когда обеспечивается удобство подачи песков и складирование эфелей «вразнос». В некоторых случаях промывочный прибор МПД-6 оборудуют землесосной установкой, что приводит к увеличению его веса и повышенному расходу мощности.

Промывочный прибор МПП-1 является усовершенствованной модификацией промприбора МПД-2 и отличается от него наличием головного самородкоулавливателя. Конструктивно промывочный прибор состоит из автономных узлов, которые при перестановке транспортируются без разборки. Прибор предназначен для промывки на одной стоянке до 10-15 тыс. м³ песков (рис. 2.1).

При отсутствии в песках крупного золота промывочный прибор МПП-1 может эксплуатироваться без головного самородкоулавливающего шлюза. В этом случае его масса снижается до 28 т, а расход воды – до 50 л.

При необходимости промывочный прибор может быть дополнен отсадочной машиной, устанавливаемой в конце эфельных шлюзов. Для этого могут быть использованы отсадочные машины ОМДСД-2м или МОД-4. Если не обеспечивается самотечный разнос эфелей, для их перекачки может быть установлен землесос 4НЗ.

Промывочный прибор МПД-4. Было несколько модификаций промывочного прибора МПД-4, различающихся между собой размерами отверстий грохота скруббера и шлюзами.

Вариант МПД-4, использующийся и в настоящее время, имеет отверстия размером 20 мм на всей длине, обеспечил получение высоких коэффициентов грохочения фракций мельче 15 мм, что позволило расширить область применения промывочного прибора МПД-4. Этот тип промывочного прибора получил наиболее широкое распространение.

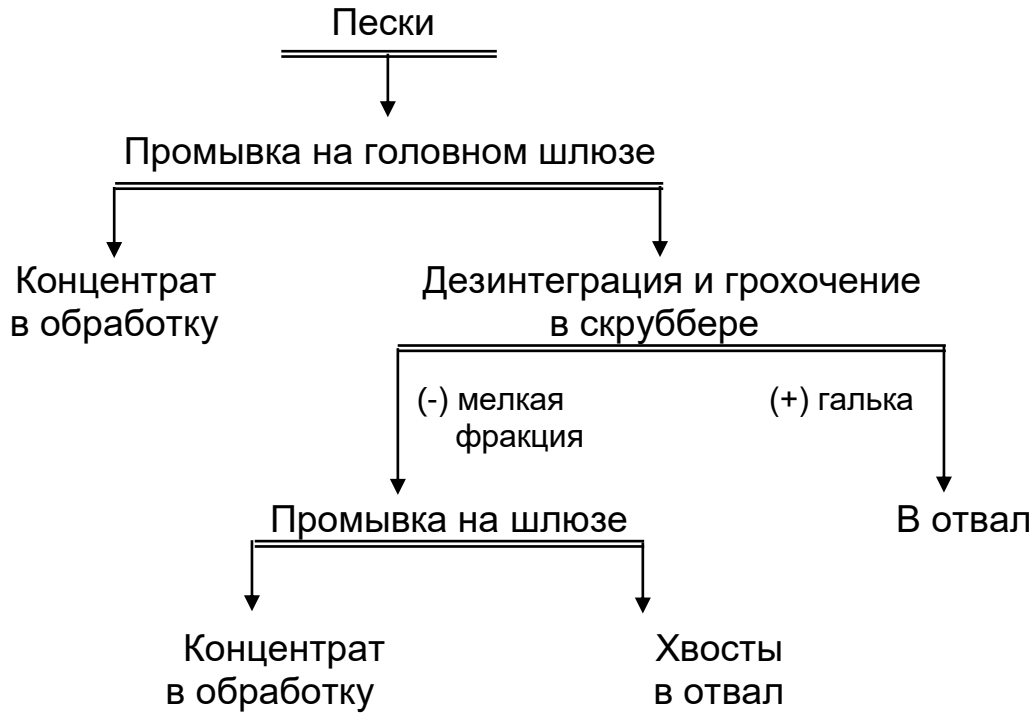


Рис. 2.1. Технологическая схема промывочных приборов МПП-1 и МПД-4

В 1957 г. была выпущена серия модифицированных приборов МПД-4м (рис. 2.2).

Промывочный прибор ПКС-I-700 оборудован более тяжелым скруббером, имеющим дезинтегрирующий набор в глухом ставе. Скруббер в состоянии принимать пески с валунами максимальным размером до 600 мм. Он оборудован системой грохотов, обеспечивающих получение трех разных по крупности фракции песков. В соответствии с этим он имеет один или несколько шлюзов.

В связи с повышением крупности песков ПКС-1-700 оборудован более производительным конвейером для подачи песков и стакером для уборки гальки. В случае использования отсадочной машины ОМТ-III-А-600 для извлечения самородков золота (вместо самородкоулавливающего шлюза) размер отверстий грохота увеличивается с 50 до 100 мм.

Технологическая схема прибора ПКС-1-700 показана на рис. 2.3.

Промывочный прибор ПКС-1-1200. Скруббер промывочного прибора ПКС-1-1200 конструктивно аналогичен скрубберу промывочного прибора ПКС-1-700, но мощнее его. Крупная фракция песков размером –125 +20 мм обогащается на отсадочной машине ОМТ-1-800.

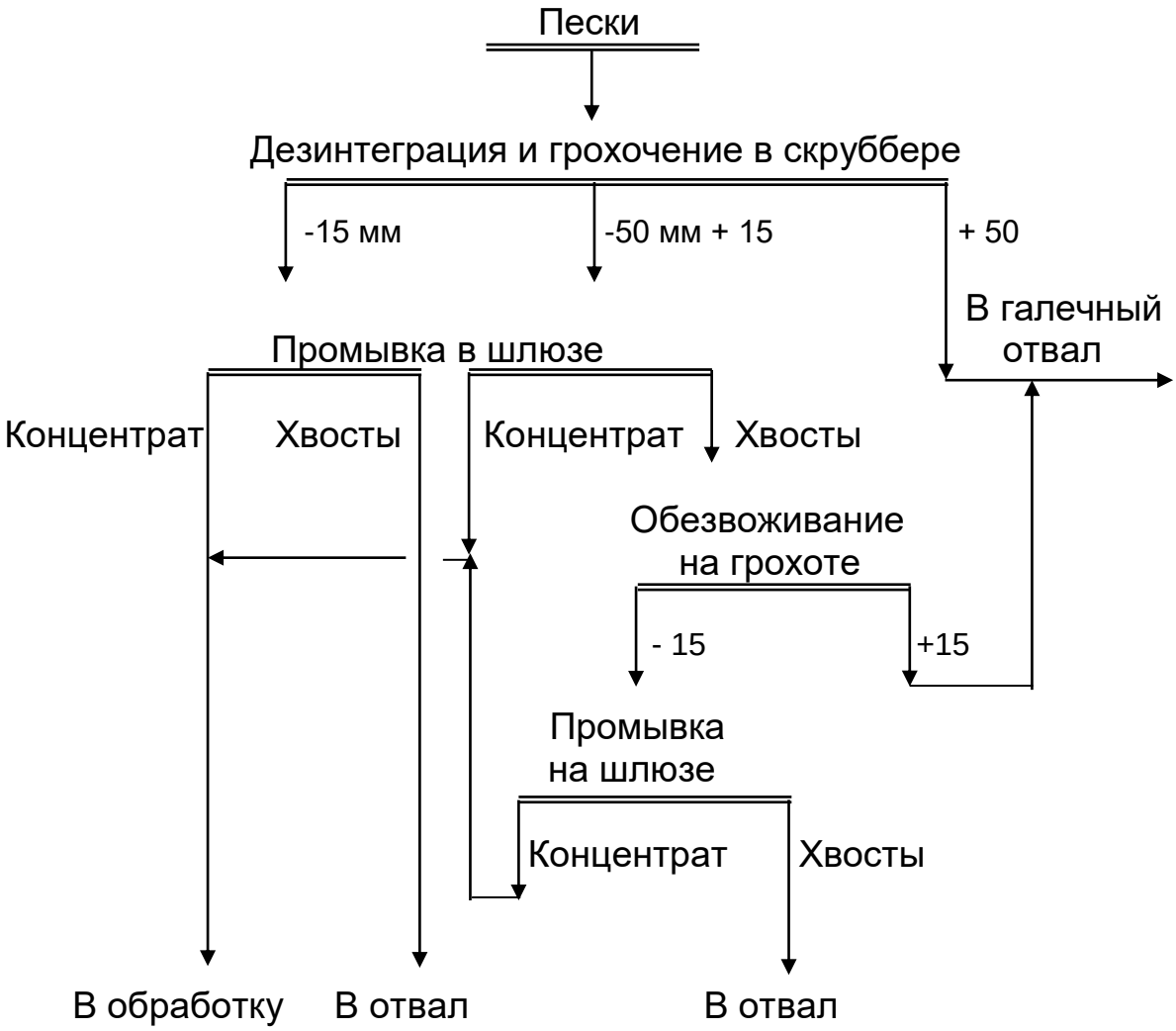


Рис. 2.2. Технологическая схема промывочного прибора МПД-4м

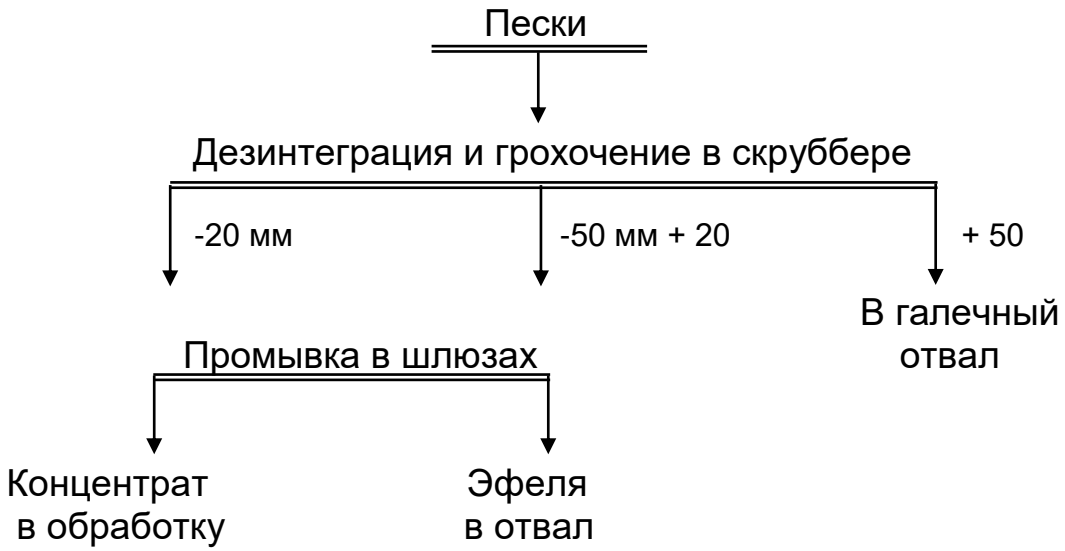


Рис. 2.3. Технологическая схема промывочного прибора ПКС-1-700

Хвосты отсадочной машины поступают на стакер и вместе с галькой укладываются в отвал. Подрешетный концентрат отсадочной машины промывается на специальных шлюзах. Крупные самородки (больше 10-15 мм) оседают на решете машины в виде надрешетного концентрата, который периодически выпускается. Самородки из концентрата выбирают вручную.

2.3. Шлюзовые, гидроэлеваторные и землесосные промывочные приборы

При разработке россыпей в отдаленных и труднодоступных районах до настоящего времени применяется простейшее оборудование в виде гидровашгерда в комбинации со шлюзом (рис. 2.4).

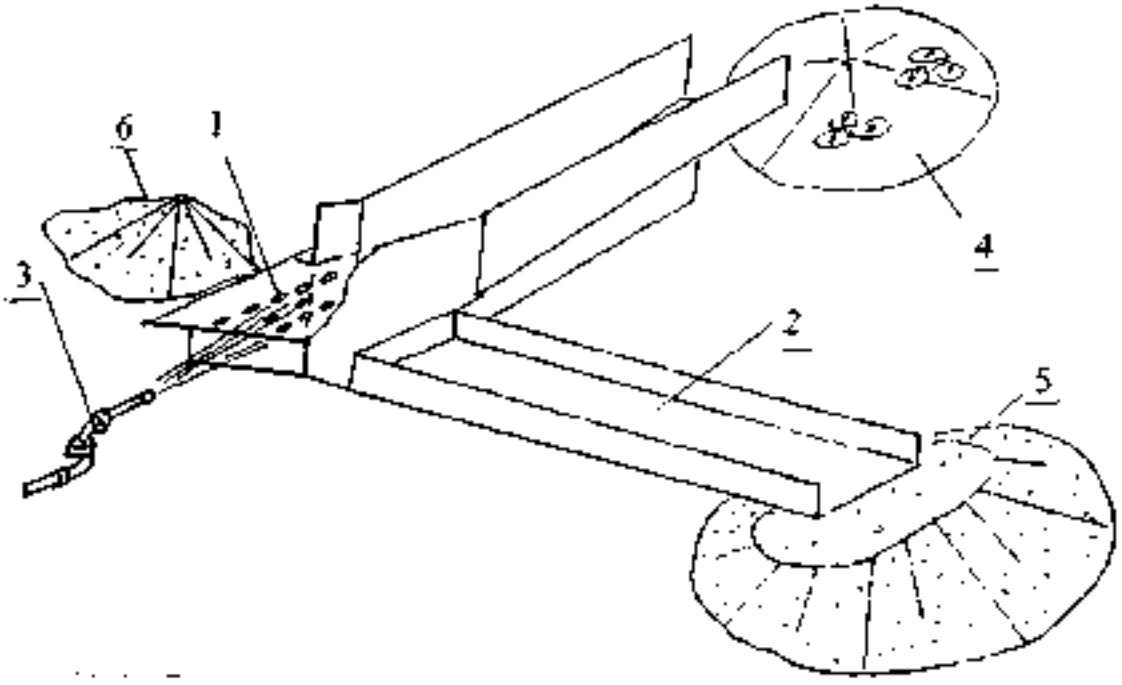


Рис. 2.4. Гидровашгерд со шлюзом:1 – гидровашгерд; 2 – шлюз; 3 – гидромонитор; 4 – отвал гали; 5 – отвал эфелей; 6 – пески

Гидровашгерд со шлюзом устанавливается на повышенном месте около отстойного пруда. Пески подаются к гидровашгерду бульдозером, где размываются гидромониторной струей. Образующаяся пульпа из бункера поступает на шлюз для концентрации полезного минерала. Надрешетный материал гидромониторной струей выбивается по наклонному грохоту в отвал. Удель-

ный расход воды 3-4 м³ на 1 м³ песков, производительность 400 - 450 м³ за 12 часовую смену.

Питание от дизель-электрической установки или от тракторного дизельного двигателя.

Гидроэлеваторные промывочные приборы

Внедрение производительных гидроэлеваторных промывочных устройств, впервые примененных на Севере в 1960 г. инженером Д. Н. Шевцовым, значительно повысило производительность труда.

Гидроэлеваторные промывочные приборы могут промывать более 1500 м³ песков в сутки и имеют в основном двухоперационные схемы обогащения (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Техническая характеристика некоторых передвижных скрубберных промывочных приборов с гидроэлеваторной подачей песков на шлюз [2]

Параметры	ПГБ-1000	ГЭП-64 конструкции Зелинского	ГЭП конструкции Турылева
Расход воды, м³/ч	1080-1260	900-1080	900-1080
Размер перфорированной решетки бункера, мм	100-200	80-150	80-150
Размер основного шлюза, м	1×6	Головной 1,5×5,65	1×18
Размер подшлюзков второй стадии обогащения, м	0,72×6,5	0,72×6	0,72×12
Число подшлюзков	6	3	2
Диаметр насадки гидроэлеватора, мм	80-90	85-105	80
Напор у насадки, м	60	50-60	50
Высота подъема пульпы, м	10-13	10-16	10
Промежуточное грохочение	В барабанном грохоте	В скруббере ДС-53	На виброгрохоте
Перфорация грохота, мм	15	30	30
Тип насоса		12НДС	

Удельный вес промывки такими приборами составлял в 1970-1990 гг. на предприятиях Северо-Востока более 80 % всех добываемых песков.

Промывочный прибор ГЭП-63 (рис. 2.5) с гидроэлеваторной подачей песков, предложенный Зелинским, отличается тем, что в схему обогащения включен шлюзовой самородкоуловитель, несколько видоизмененный скрубберный комплекс промывочного прибора МПД-2, измененный узел уборки гали. Самородкоуловитель длиной 4 м, шириной 0,72 м, установленный после гидроэлеваторов с углом наклона 12º, имеет регулятор для изменения скорости потока пульпы. На нем улавливается 76–82 % золота. В скруббере глухой став заменен перфорированным с отверстиями 30 мм. По данным института ВНИИ-1 время дезинтеграции песков в скруббере составляет 3–4 с, что достаточно для среднепромывистых песков. Отделение крупной фракции (+30 мм) в скруббере позволяет улучшить условия улавливания металла на основном шлюзе. Для уборки крупной фракции установлен опорно-звеньевой стакер, и надобность в бульдозере отпадает. В результате снижается себестоимость промывки песков.

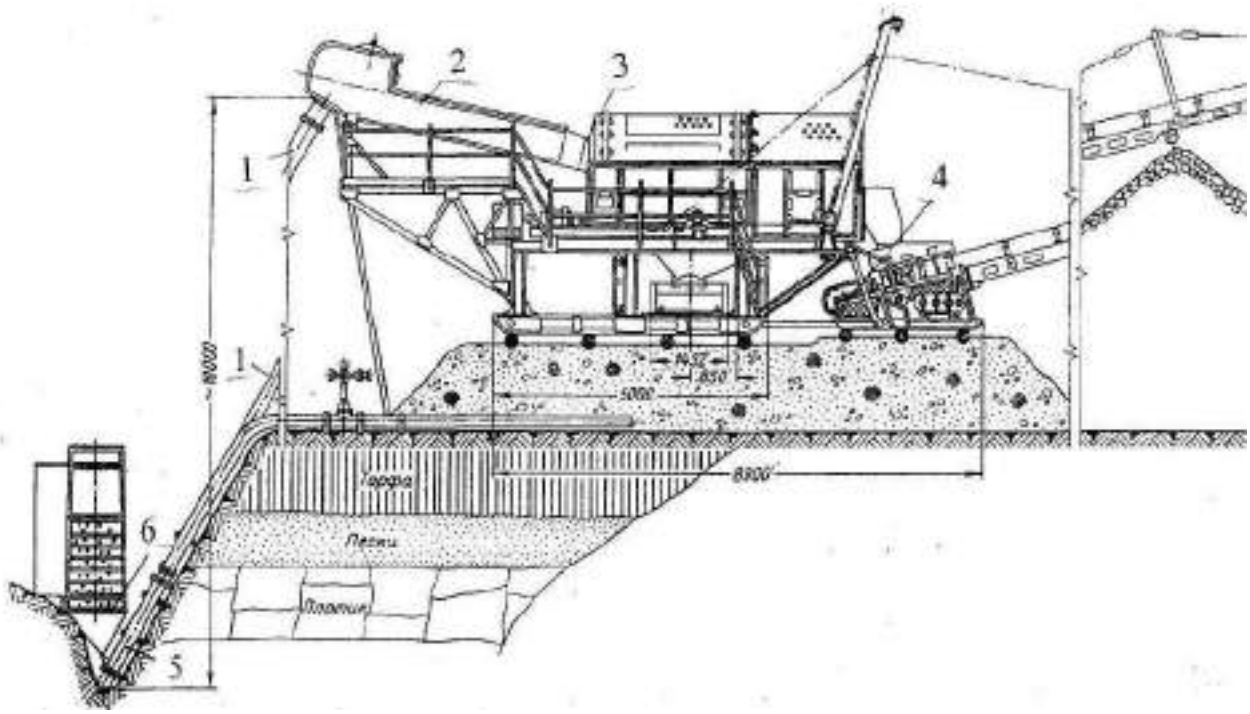


Рис. 2.5. Промывочный прибор ГЭП-63 с гидроэлеваторной подачей песков:1 – пульповод; 2 – самородкоулавливающий шлюз; 3 – скрубберный комплект; 4 – опорно-звеньевой стакер; 5 – гидроэлеватор; 6 – бункер

Шлюзовые промывочные приборы состоят из одного или нескольких параллельно расположенных прямоточных шлюзов глубокого наполнения

длиной от 25 до 100 м, шириной от 450 до 800 мм. Устанавливаются шлюзы с уклоном 0,04–0,15, в некоторых случаях отдельные звенья шлюзов имеют разные углы наклона с уменьшением его к концу шлюза.

Для улучшения работы шлюзов при наличии в песках валунов в головной части устанавливаются решетки или колосниковые грохоты. Иногда для усиления дезинтеграции в головную часть шлюза подводятся оросительные трубы с насадками диаметром 10–15 мм. По трубам подается вода под напором 20–30 м. Расход воды от 20 до 35 м³ на 1 м³ промываемых песков (табл.2.3).

Шлюзовые промывочные приборы с подшлюзками более совершенны. Концентрация золота на них производится в два приема. На подшлюзках создаются более благоприятные режимы для извлечения мелкого золота вследствие армирования их трафаретами (подобно армированию шлюзов мелкого наполнения) и снижения скорости потока.

Таблица 2.3

Техническая характеристика некоторых шлюзовых промывочных приборов

Составные части прибора, параметры	ПГШ-III-30	ПГШ-II-50	ПГШ-II-75
Расход воды, л/с	140	240–300	300
Гидроэлеваторная установка:	УГЭ-II-250	УГЭ-II-350	УГЭ-II-400
напор воды, м	56–65	56–64	56–72
высота подачи пульпы, м	11–16,5	11,5–17	14,5–16,5
Диаметр, мм:			
насадки	60–70	85–100	95–105
горловины	140	170	190
пульповода	250	350	400
Длина пульповода, м	20	23	23
Бункер:			
размеры, м	0,8×2,5×0,92	1,2×3,16×1,3	1,2×3,16×1,3
размер перфорированной решетки, мм	110	130	150
Гидровашгерд:	ВГ-I-800	ВГ-II-1200	ВГ-II-1200
размер перфорации, мм	40; 70	40; 120	40; 120
диаметр насадки гидромонитора ГМН-250У, мм	32-35	51	51
Размеры шлюза глубокого наполнения, м			
Насосная станция	0,72×26,3×0,5 10Д-6	1×26,8×0,5 12НДС	1,25×26,8×0,5 12НДС

Землесосные промывочные приборы. Наибольшее распространение землесосные промывочные приборы получили на уральских приисках (приборы миасского типа – рис. 2.6).

Землесосные приборы состоят из землесосной установки и обогатительного устройства. Горная масса разрабатывается гидравлическим способом и в виде пульпы поступает на грохот бункера перед землесосом. Разработка и подача горной массы на грохот бункера могут производиться любым способом, в том числе и при помощи бульдозеров. Горная масса размывается на грохоте бункера. Надрешетный продукт грохота – крупная галька - смывается гидромонитором в отвал, а подрешетный продукт мельче 100-120 мм землесосом подается на обогатительный прибор.

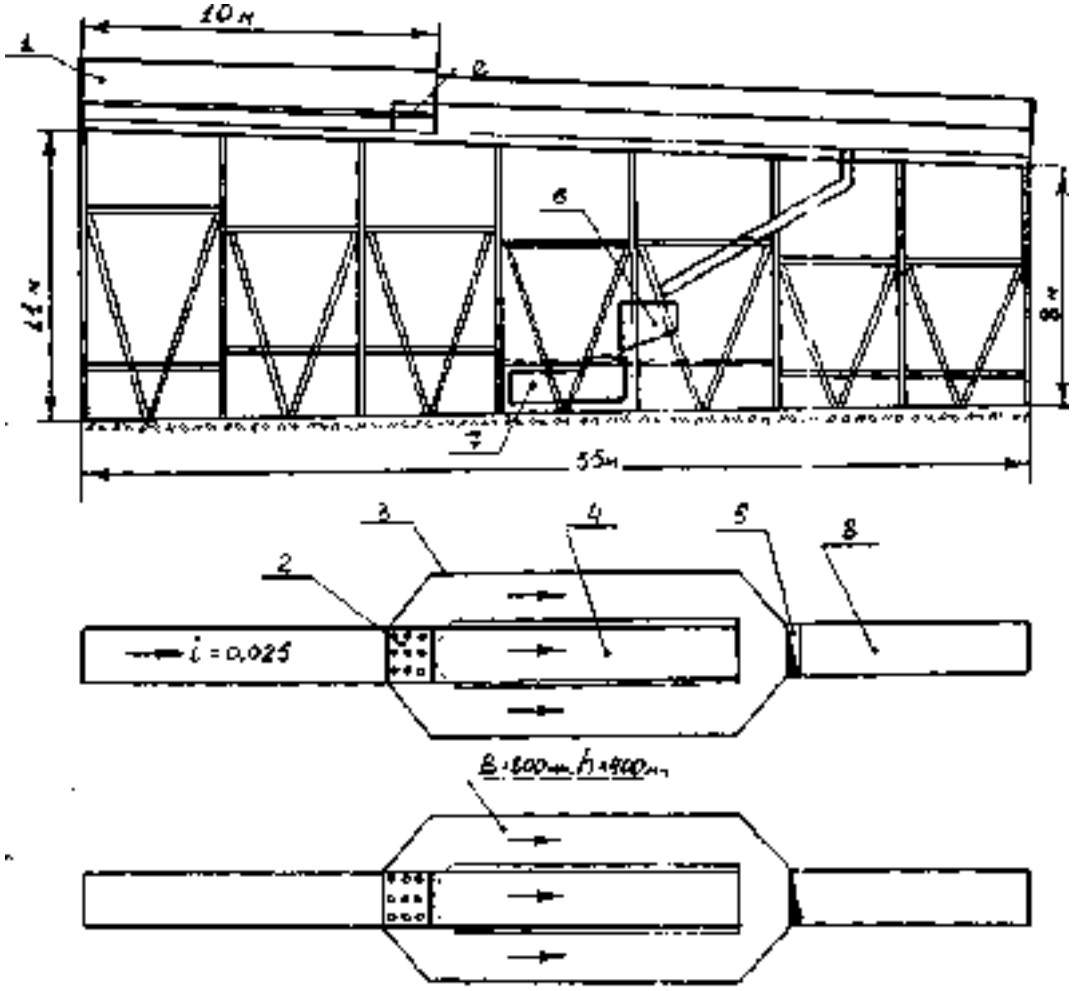


Рис. 2.6. Схема обогатительной установки типа АС:1 – основная колода; 2 – грохот; 3 – подшлюзки; 4 – колода; 5 – заглушка для спуска шлихов; 6 – бункер; 7 – доводочный станок; 8 – колода

Пески промывают по двухстадиальной схеме. Обогатительные приборы выполняются в виде двух различных конструкций.

Первый тип обогатительного прибора представляет собой один или несколько параллельных шлюзов шириной по 0,72-0,8 м, длиной 20-42 м, установленных на одной общей эстакаде.

Длинные шлюзы (42 м) устанавливают с уклоном 0,05. Шлюзы на длине 27 м от головки застилают резиновыми ковриками и армируют тяжелыми трафаретами, на остальной длине на высоте 60-80 мм от дна шлюза устанавливают грохоты с перфорацией 10 мм. Дно шлюза под грохотами застилают ворсистыми матами и низкими трафаретами.

Короткие шлюзы (20 м) устанавливают с уклоном 0,09. Шлюзы на длине 5 м от головки застилают резиновыми ковриками и армируют литыми трафаретами. На остальных 15 м длины шлюза на высоте 70 мм от дна устанавливают литые грохоты с прямоугольными отверстиями. Шлюз под грохотами застилают мягкими покрытиями и армируют трафаретами.

Таблица 2.4

Техническая характеристика промывочных установок миасского типа

Наименование параметра	4А	4АС	2А	2АС
Производительность по пульпе, м³/ч	700-1000	1400-1800	700-1000	1400-1800
Тип грунтового насоса	8НЗ	ЗГМ-2М	8НЗ	ЗГМ-2М
Шлюзы глубокого наполнения:				
количество	1	2	1	2
размеры, м	8×0,8	8×0,8	6×0,8	6×0,8
площадь, м²	6,4	12,8	4,8	9,6
Шлюзы мелкого наполнения:				
количество	3	5	6	10
размеры, м	6,5×0,8	6,5×0,8	5×0,8	5×0,8
площадь, м²	15,6	26,0	24,0	40
Общая площадь, м²	22,0	38,8	28,8	49,6
Грохот колосниковый (неподвиж.):				
перфорация, мм	30×10	30×10	40	40
уклон	0,1	0,1	0,08-0,09	0,08-0,09
Грохот двухскатный (коньковый):				
перфорация, мм	-	-	40	40
угол наклона, град.			32	32
Масса , т				20

Второй тип обогатительного прибора включает короткий одно- или двухсекционный шлюз глубокого наполнения длиной 5–6 м с шириной секций 0,8 м, установленный с уклоном 0,06–0,1, грохот с перфорацией 15–40 мм и шестисекционный шлюз мелкого наполнения (подшлюзки) длиной 5–9,6 м, шириной секций 0,8 м.

Уклон шлюза мелкого наполнения принимают в пределах 0,08–0,105. Для грохочения материала перед шлюзом мелкого наполнения используют неподвижные плоские грохоты разных конструкций.

Верхний продукт грохота – галька – транспортируется по грохоту избыточной водой. Нижний продукт грохота попадает на двухскатный распределитель, которым распределяется на шестисекционный шлюз мелкого наполнения. Шлюз застилают резиновыми ковриками, поверх которых укладывают трафареты. В головки шлюзов на длине первых 2 м раньше (до 1993 г.) заливали ртуть. В конце шлюзов устраивают карманы для улавливания частично выносимой со шлюзов амальгамы и ртути.

2.4. Транспортно-обогатительные комплексы для разработки россыпей

В 1986 г. в эксплуатацию был пущен танспортно-обогатительный комплекс, рассчитанный на производительность до 200 м³/ч для разработки удаленных друг от друга россыпных месторождений. Выемка и погрузка предусматривалась экскаваторами ЭКГ-4,6 и ЭКГ-5, транспортировка автосамосвалами БелАЗ-540, -548, -549.

Пески доставлялись к загрузочному бункеру-питателю вместимостью 30 м³, оборудование бункера-питателя могло обеспечить загрузку до 390 м³/ч, В зависимости от местных условий комплекс изготавливался в двух вариантах:

– вариант с конвейерным подъемом песков к скрубберному агрегату;
– вариант с подъемом песков автосамосвалом по специально отсыпанному пандусу – бесконвейерный вариант.

Дезинтеграция песков предусматривается в двухситовом скрубберном агрегате с размером отверстий 50 и 18 мм с производительностью 200 м³/ч. первичная концентрация (обогащение) в зависимости от крупности золота также предусмотрена в двух вариантах:

– с обогащением на шлюзах;
– с обогащением на отсадочных машинах.

Шлюзовой агрегат включает шлюзы мелкого наполнения (общая площадь 80 м²) и шлюз глубокого наполнения (площадь 14 м²).

Отсадочный обогатительный узел укомплектован отсадочными машинами типа МОД-3М.

Галечная фракция транспортируется в отвал отвалообразователем ОЗП-800, пульпа транспортируется грунтовым насосом ГРУ-1600/25.

Доводочный комплекс укомплектован концентрационными столами СКО-1-3,5, гидроциклонами ГЦР-150.

В цепи транспортной схемы технологический транспорт является наиболее узким звеном в части роста производительности труда и материальных затрат.

Отечественная промышленность в настоящее время выпускает мощные конвейеры типа КЛЗ-500-11-МА, способные заменить на доставке песков автосамосвалы. Как показали предварительные расчеты, себестоимость доставки 1 м³ песков снижается в 2 раза, возрастает и производительность труда.

Наиболее приемлемая схема доставки песков в первый год эксплуатации - наклонный транспортер от нулевой отметки пандуса до бункера комплекса ТОК-200, в последующие годы - наращивание транспортера на горизонтальных участках вслед за подвиганием забоя.

Связь между экскаватором и бункером-перегружателем транспорта будет осуществляться двумя-тремя автосамосвалами.

К 90-м годам УНИПКО «ГИНАЛМАЗЗОЛОТО» разработан комплекс обогатительный, разборно-переносной (КОРП) для разработки месторождения в Таджикистане (рис. 2.7).

КОРП-180 предназначен для обогащения легкопромывистых песков с большим содержанием валунного материала.

В состав комплекса входят:

– установка размыва, грохочения и валуноудаления;
– обогатительная установка;
– доводочная установка.

Технологическое оборудование комплекса размещается с учетом горного рельефа местности, что обеспечивает преимущественно самотечный транспорт продуктов гравитационного обогащения песков.

Для обеспечения оборотного водоснабжения необходимо строительство насосной установки и гидроотвала-отстойника с объемом, достаточным для укладки хвостов в течение 2–3 лет эксплуатации.

Доставка горной массы на комплекс из карьера осуществляется автомобильным либо другим видом транспорта в приемный бункер установки размыва, грохочения и валуноудаления, где она подвергается размыву с помощью гидромонитора 1, грохочению на колосниковом грохоте устройства валуноудаления 2.

Подрешетный материал крупностью –300 мм по лотку подается в барабанный грохот 4 обогатительной установки. Надрешетный материал крупностью +300 мм по лотку подается в бункер 3 для накопления и удаления валунов и по мере накопления вывозится автотранспортом.

Основной процесс обогащения осуществляется на обогатительной установке, состоящей из барабанного грохота (бочки) 4, распределителя 5 и стационарных шлюзов 6, 7.

Рис. 2.7. Схема цепи аппаратов КОРП-180:1 – гидромонитор; 2 – устройство валуноотделения; 3 – бункер для накопления и удаления валунов; 4 – барабанный грохот; 5 – распределитель; 6 – основные шлюзы; 7 – шлюзы дополнительного става грохота; 8 – зумпф для сбора концентрата; 9 – гидроэлеватор; 10 – галечный лоток; 11 – конвейер ленточный наклонный; 12 – пункт управления; 13 – шлюз глубокого наполнения;14 – обезвоживающее устройство;15 – отсадочная машина;16 – стол концентрационный;17 – грохот вибрационный;18 – контейнер

Надрешетный продукт крупностью +40 мм по ленточному транспортеру поступает в отвал. Подрешетный продукт поступает на стационарные шлюзы, гравитационный концентрат которых гидроэлеватором подается на доводочную установку, состоящую из шлюза глубокого наполнения 13, обезвоживающего устройства 14, отсадочной машины 15, концентрационного стола 16 и вибрационного грохота 17. Техническая характеристика КОРП-180 приведена ниже:

Техническая производительность, м³/ч	160
Сезонная производительность, тыс. м³	700
Диаметр барабанного грохота (дражная бочка), см	180
Максимальная крупность исходного материала, мм	700
Крупность материала поступающего в барабанный грохот, мм	300
Основное обогатительное оборудование	стационарные шлюзы
Максимальная крупность материала поступающего на шлюзы, мм:	
основные	20
самородкоулавливающие	40
Площадь шлюзов, м²	110
Расход технологической воды при напоре – 30 м, м³/ч	1600
Извлечение металла +0,25 мм, %	95–96
Установленная мощность обогатительного оборудования, кВт	95
Масса комплекса, т	360
Обслуживающий персонал, чел./ смену	4

2.5. Промывочные установки и модули для извлечения мелкого золота

В настоящее время разработаны базовые технологические схемы для улавливания мелкого золота. Они основаны на применении в основном гравитационных методов обогащения и отличаются рациональным использованием шлюзов, отсадочных машин, винтовых сепараторов, концентрационных столов, центробежных концентраторов в сочетании с оптимальной подготовкой песков. Это позволяет повысить извлечение золота крупностью –0,25 +0,1 мм в 2–2,5 раза, а золота крупностью –0,1 мм – в 10–30 раз по сравнению с обычными шлюзовыми технологиями.

Для обогащения песков, содержащих относительно небольшое количество мелкого золота (не более 15–20 %), эффективна и получает все более широкое распространение шлюзовая технология, при которой максимальная крупность питания шлюзов не превышает 4–5 мм, при этом за счет резкого уменьшения скорости потока воды на шлюзах потери золота, особенно мелкого, снижаются в 1,5–2 раза.

Указанный технологический прием, обусловленный тем обстоятельством, что практически все золото распределяется в классе –4 (–5) мм, осуществляется двумя способами.

В первом случае применяют гидравлический грохот специальной конструкции, который выделяет под решето шлиховую фракцию и золото и одновременно оптимизирует подрешетную пульпу по плотности.

Специальный плоский гидравлический грохот является продолжением головного шлюза глубокого наполнения. Крупное золото выделяется на шлюзе. Грохот обеспечивает полное отделение из пульпы мелкого золота и шлихов для их последующего обогащения наиболее рациональным способом.

За счет специальных регулируемых разгрузочных отверстий подрешетный продукт выделяется с заданной консистенцией, поэтому без дополнительных операций может подаваться на дальнейшее обогащение.

Во втором случае при промежуточном грохочении песков по зерну 4–5 мм в подрешетный продукт переводят всю жидкую фазу, а также и все мелкое золото. Весь объем подрешетной пульпы направляют на веернорасположенные расширяющиеся шлюзы.

Использование шлюза-грохота наилучшим образом вписывается в широко распространенный сегодня способ промывки песков с гидроэлеваторным или землесосным транспортом.

Обогатительный прибор ПГШИ-50, 100 (прибор гидроэлеваторный, гидровашгердный шлюзовой производительностью 50, 100 м³/ч) – это простой и недорогой прибор. Для извлечения мелкого золота в нем используются шлюзы мелкого наполнения. Крупность подрешетного продукта мельче 5 мм, поэтому его обогащение происходит при сравнительно небольшой скорости потока. Этим обеспечивается высокое извлечение мелкого золота (рис. 2.8).

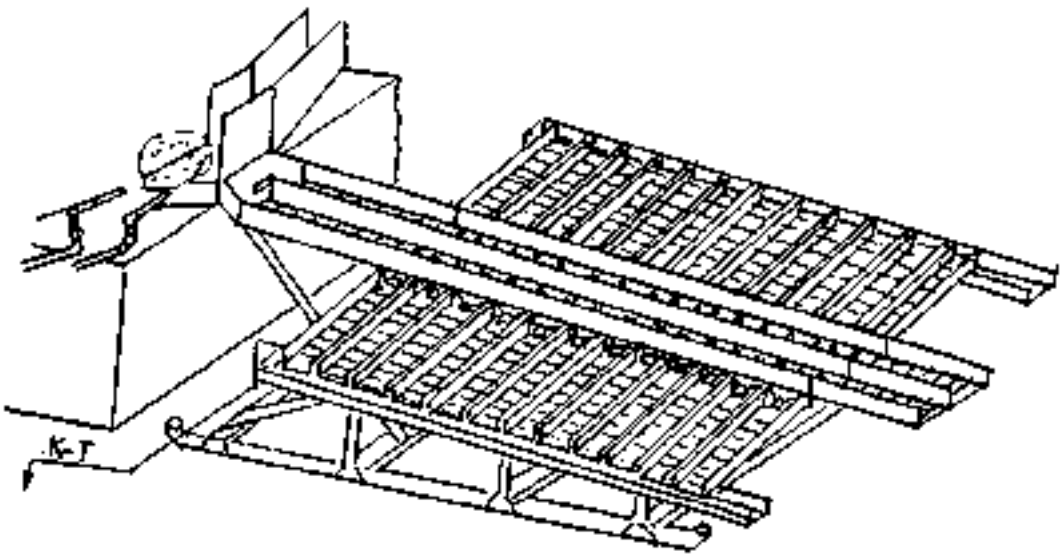


Рис. 2.8. Промывочный комплекс на базе обогатительного прибора ПГШИ-100

Техническая характеристика промывочного прибора ПГШИ приведена ниже:

	ПГШИ-50	ПГШИ-100
Производительность (по твердому), м³/ч	50	100
Максимальная крупность обогащаемых песков, мм	80 – 100	80 – 100
Шлюзы глубокого наполнения:		
- площадь улавливающей поверхности, м²	3,2	6,4
- ширина шлюза, мм	800	800×2
- тип трафарета	лестничный	
Грохот гидравлический (многосекционный):		
- площадь грохочения общая, м²	4,3	8,6
- размер отверстий (ширина щели), мм	5	5
Шлюз мелкого наполнения:		
- длина, мм	4400	4400
- ширина, мм	700	700
- тип трафарета	металлический цельнотянутый	
Количество, шт.	8	16
Общая площадь улавливания, м	24,6	49,3
Шлюз контрольный:		
- длина, мм	3500	3500
- ширина, мм	800	800
- тип трафарета	лестничный	

При выделении на грохоте всего объема жидкой фазы, пульпа поступает на шлюзы, расположенные веером и расширяющихся, в концевых частях которых скорость потока соответствует оптимальному значению при транспортировании песков с максимальной крупностью частиц 4–6 мм. В связи с веерным расположением шлюзов мелкого наполнения они получили название «Ромашка».

Для обогащения песков с большой долей МТЗ (мелкое –0,25 +0,1 мм и тонкое – 0,1 мм золото) разработана отсадочная технология обогащения (прямая отсадка песков крупностью –15 (–20) мм) с предварительной дезинтеграцией и грохочением песков в скруббер-бутарах и барабанных грохотах (дражных бочках), в том числе с использованием для предконцентрации песков шлюзов с непрерывной разгрузкой концентрата.

Обогатительный прибор ПГОИ-50 (прибор гидроэлеваторный, гидровашгердный отсадочный) в качестве обогатительного оборудования использует отсадочные машины МОД-3М и МОД-2М (рис. 2.9).

Техническая характеристика ПГОИ-50 приведена ниже:

Производительность (по твердому), м³/ч	50
Площадь шлюза глубокого наполнения, м²	1,6
Площадь гидравлического грохота, м²	4,3
Размер отверстий (ширина щели), мм	5
Количество основных отсадочных машин, шт.	1–2

Тип основных отсадочных машин	МОД-3М1
Количество перечистных отсадочных машин, шт.	1
Тип перечистных отсадочных машин	МОД-1М1
Масса промприбора, кг	11000
Уровень извлечения золота, %: крупнее 1,0 мм	99 – 100
-1,0 + 0,5 мм	96 – 98
-0,5 + 0,25 мм	90 – 95
-0,25 мм	65 - 75

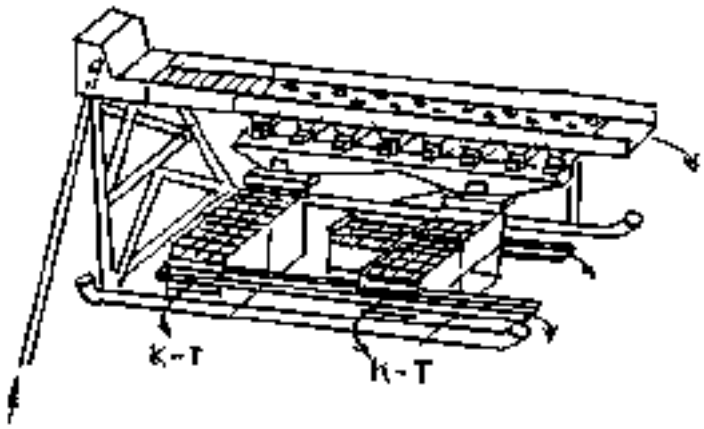


Рис. 2.9. Промывочный комплекс на базе обогатительного прибора ПГОИ-50

Бочечно-скрубберный промывочный прибор для улавливания мелкого и тонкого золота производительностью до 100 м³/ч (ПРСР-100) предназначен для обогащения средне-, трудно- и весьма труднопромывистых песков, содержащих в своем составе значительную (30-35 % и более) массовую долю мелкого (менее 0,25 мм) и тонкого (мельче 0,1 мм) золота, а также для переработки техногенных россыпей (рис. 2.10).

Технологическая схема промывочного прибора предусматривает дезинтеграцию и грохочение исходной горной массы в скруббер-бутаре, классификацию подрешетного продукта скруббера крупностью менее 10 мм в длинноконусных гидроциклонах типа ГЦР-500 на песковую и иловую фракции и их последующее раздельное обогащение. Песковая фракция перерабатывается на диафрагмовых отсадочных машинах типа МОД-3М с перечисткой первичного концентрата на машине МОД-1М и доводкой её концентрата в две стадии на концентрационных столах СКО-7,5 и СКО-2. Окончательная доводка богатых золотосодержащих продуктов осуществляется на центробежном концентраторе «Итомак-1» либо на концентрационном столе СКО-0,5.

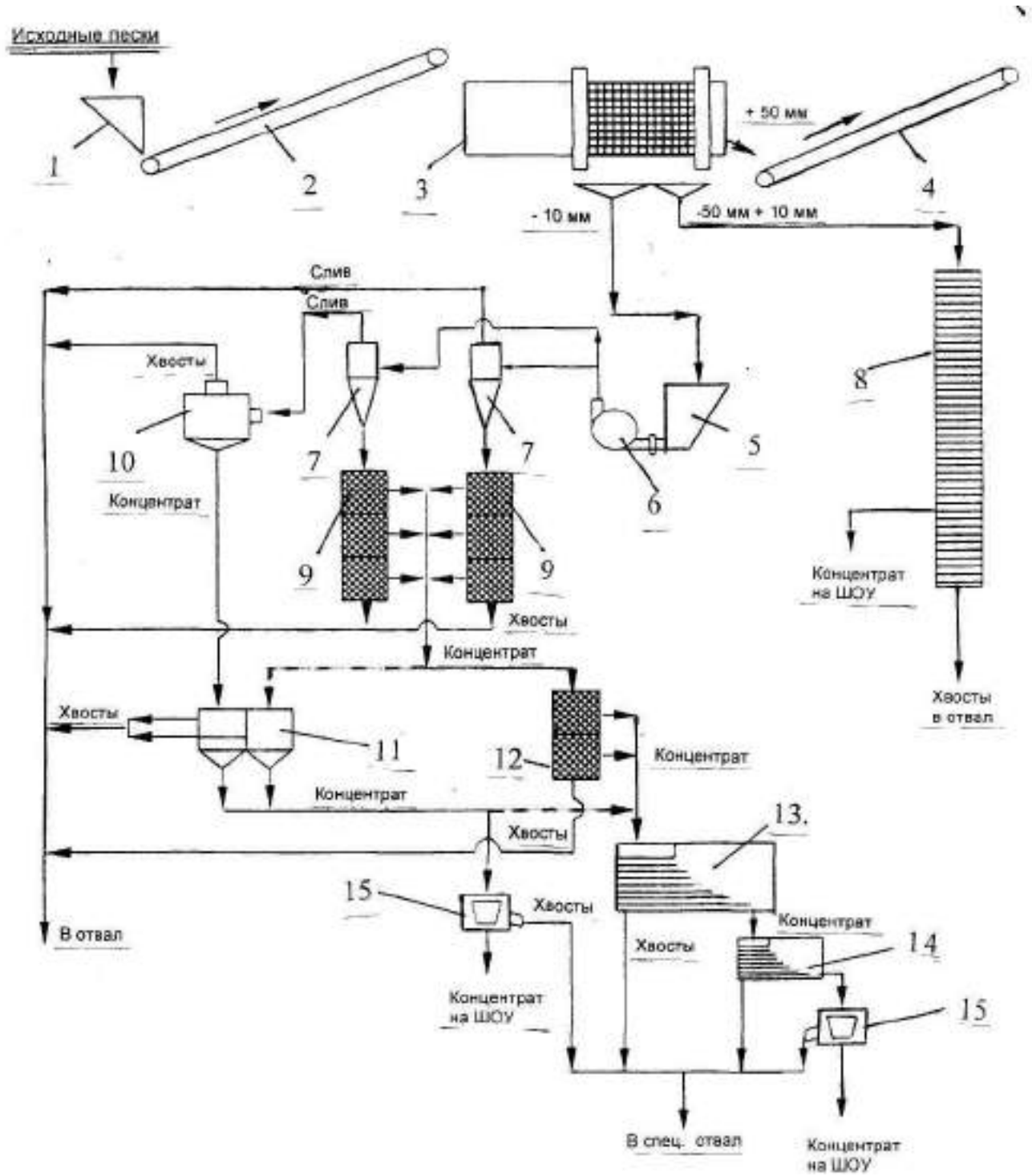


Рис. 2.10. Схема цепи аппаратов промприбора с развитой технологией обогащения (ПБСР-100):1 – бункер-питатель; 2 – ленточный конвейер; 3 – скруббер-бутара; 4 – отвалообразователь ОЗП-800; 5 – зумпф; 6 – песковый насос; 7 – гидроциклон ГЦР-500; 8 – самородкоулавливающий шлюз (ШГН); 9 – отсадочная машина МОД-3М; 10 – центробежно-барботажный концентратор (ЦБК-450); 11 – центробежная отсадочная машина; 12 – отсадочная машина МОД-2М; 13, 14 – столы концентрационные СКО-7,5 и СКО-2; 15 - центробежный концентратор «ИТОМАК-1,0»

Иловая фракция гидроциклонов (слив), содержащая основное количество мелкого и тонкого золота, перерабатывается на специально разработанном аппарате для эффективного улавливания мелкого золота – центробежно-барботажном концентраторе (ЦБК-450), производительностью до 50 т/ч по твердому. Хвостовая фракция ЦБК-450 является отвальной, а концентрат поступает на последующую сократительно-обогатительную операцию, которая осуществляется в центробежной отсадочной машине (ЦОМ-1) производительностью до 20 т/ч, сочетающей в себе эффект отсадки и центробежных сил для наиболее полного улавливания мелкого и тонкого золота. Концентрат ЦОМ-1 поступает в узел доводки – на центробежный концентратор или концентрационные столы.

При массовой доле золота крупностью менее 0,1 мм в исходных песках около 55 % сквозное извлечение золота по схеме составило 89,3 %, что на 40-45 % выше, чем при использовании шлюзовой технологии и на 20-25 % выше, чем при использовании отсадочной технологии.

При этом золото крупнее 0,25 мм по данной технологии извлекается на 98–99 %, крупность 0,25–0,1 мм – на 93–96 %, мельче 0,1 мм – на 85–88 %.

3. ВЫБОР И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ ПЕСКОВ

3.1. Расчетные схемы гравитационного обогащения

При гравитационном обогащении результаты научных и проектных исследований принято отражать в виде схем: качественной, количественной, водно-шламовой и цепи аппаратов.

Схема обогащения, содержащая данные о качестве обрабатываемого полезного ископаемого и получаемых продуктов его обработки, а также данные о режиме обработки в отдельных операциях, называется *качественной*, а схема, содержащая данные о количестве обрабатываемого полезного ископаемого и продуктов обработки, – *количественной*; схема обогащения, содержащая данные о количестве воды, добавляемой в отдельные операции и продукты, и о количестве воды в отдельных продуктах и операциях называется *шламовой*. Все три схемы обычно совмещают в одну *технологическую схему обогащения*.

Схема обогащения, отражающая только главные особенности качественной схемы, называется *принципиальной*. Совмещенные качественную и количественную схемы называют *качественно-количественной схемой*.

В схеме цепи аппаратов графически изображается последовательность прохождения полезного ископаемого при обогащении через основные и вспомогательные агрегаты, аппараты и модули.

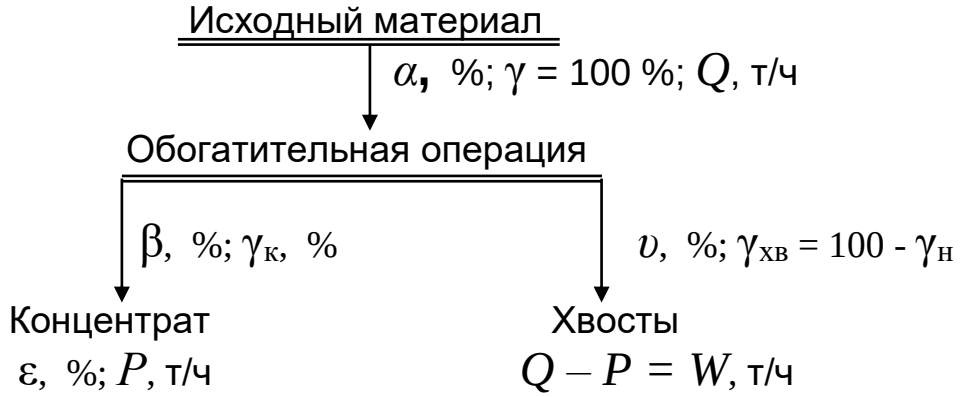
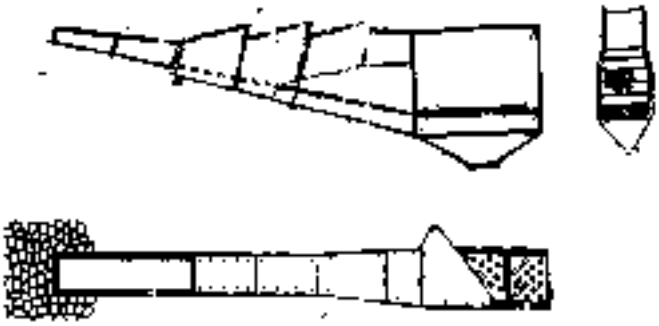


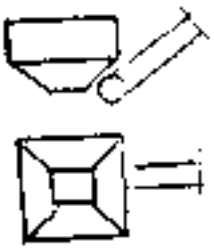
Рис. 3.1. Входные и выходные параметры разделительного процесса

Введем следующие условные обозначения: α – содержание ценного компонента в исходном материале; β – то же, в обогащенном продукте (концентрате); υ – то же, в обедненном продукте (хвостах, отходах); γ – выход обогащенного продукта; ε – извлечение ценного компонента.

1. Гидровашгерд

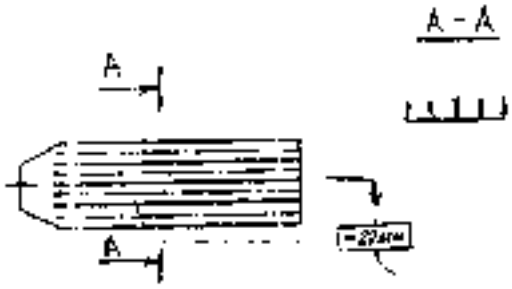


2. Бункер загрузочный для ленточного конвейера

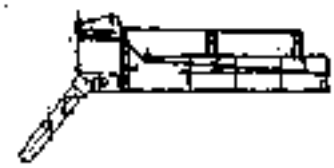


3. Скруббер

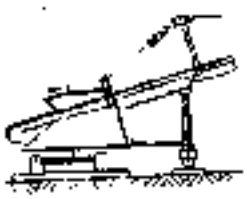
4. Шлюзы мелкого наполнения – ШМН

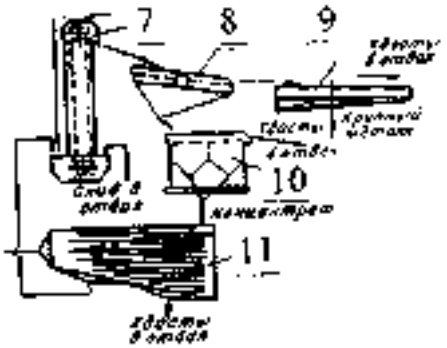


5. Шлюз глубокого наполнения (ШГН)



6. Стакер (головная секция)





7 – элеватор;
8 – грохот вибрационный;
9 – хвостовой шлюз;
10 – отсадочная машина;
11 – концентрационный стол.

Рис. 3.2. Условные обозначения в схемах цепи аппаратов

Выход концентрата (или иного продукта) – это соотношение массы обогащенного продукта и суммы масс всех конечных продуктов (γ).

Извлечение металла ε – отношение массы металла в данном продукте к суммарной массе металла во всех конечных продуктах, %:

$$\varepsilon = \gamma \cdot \beta \cdot 100 / [\gamma \cdot \beta + (100 - \gamma)\, \upsilon]. \qquad (3.1)$$

Следующие соотношения выводятся из условия баланса ценного компонента в исходном сырье и продуктах разделения:

$$\varepsilon \cdot \alpha = \gamma \cdot \beta; \quad \varepsilon = \gamma \cdot \beta / \alpha; \qquad (3.2)$$

$$100\alpha = \gamma \cdot \beta + (100 - \gamma)\, \upsilon; \quad \gamma = (100 - \upsilon / (\beta - \upsilon).$$

Для случая выделения n обогащенных продуктов разделения и отходов баланс по одному компоненту

$$100\alpha = \Sigma \gamma_i \cdot \beta_i + (100 - \Sigma\, \gamma_i)\, \upsilon. \qquad (3.3)$$

Степень сокращения

$$i = 100 / \gamma = \beta / \varepsilon \cdot \alpha. \qquad (3.4)$$

Степень обогащения

$$l = \beta / \alpha = \varepsilon / \gamma. \qquad (3.5)$$

В результате разделительной операции получаются, по крайней мере, два продукта (рис. 3.1), каждый из которых характеризуется определенным выходом γ и качеством β, υ.

В схеме цепи аппаратов наиболее часто используются следующие условные обозначения – силуэты агрегатов и оборудования (рис. 3.2).

3.2. Выбор принципиальной схемы обогащения

Выбор схемы обогащения производится на основании изучения вещественного состава песков и их технологических испытаний.

В процессе технологических испытаний могут быть установлены несколько вариантов схем обогащения, из которых следует выбрать наиболее рациональный (с технической и экономической сторон).

Выбор схемы зависит от многих факторов, главными из них являются: крупность песков и их промывистость; крупность полезных ископаемых и их физико-химические свойства; минералогический состав тяжелой фракции; содержание полезных ископаемых в песках, их ценность; кондиции, предъявляемые к качеству концентратов, производительность предприятия и способ разработки месторождения.

Все промывочные установки разделяются на 3 основных вида: конвейерно-скрубберные (МПД, ПКС), гидроэлеваторные (ПГШ) и комбинированные (ПГБ, землесосные), которые имеют свои преимущества и недостатки, проявляющиеся в различных горно-геологических условиях.

Конвейерно-скубберные приборы могут применяться практически на всех россыпях, но наибольший эффект по сравнению с другими типами достигается при промывке песков с мелкой и средней крупностью золота, при повышенной валунистости (валунов более 10 %), небольшой льдистости (менее 15-20 %).

Отличительной особенностью приборов является меньший расход воды, чем у гидравлических приборов, большая производительность, рентабельность разработки россыпей с низким содержанием золота.

Гидравлические приборы целесообразно применять при разработке льдонасыщенных илисто-глинистых пород (льда более 30 %, илистых фракций 15-20 %), которые при оттаивании образуют плавуны (не поддающиеся транспортированию конвейерами), а также при разработке суглинков, которые хорошо размываются гидромониторной струей, но зависают в бункерах конвейерно-скрубберных установок. ПГШ эффективны при наличии в россыпи крупного золота (содержание фракции крупнее 1,2 мм более 50 %), при разработке узких, каньонообразных долин, обусловливающих круто наклонный или вертикальный подъем песков. Однако ПГШ не рекомендуется применять на валунистых россыпях, предельная крупность валунов для этих приборов 130-150 мм. К недостаткам ПГШ относится повышенный снос мелкого металла, высокая энергоемкость, большие эксплуатационные затраты на уборку хвостов промывки, большой расход воды, низкий энергетический коэффициент полезного действия (0,3-0,35), интенсивный гидроабразивный износ пульпопроводов, гидровашгердных устройств.

Скрубберные промывочные установки с гидравлической подачей песков (ПГБ и землесосные) занимают промежуточное положение между гидроэлеваторными и конвейерно-скрубберными приборами и применяются на промывке в различных условиях. Они обеспечивают достаточно высокое извлечение золота при любой крупности, устойчивы в работе при крупности исходных песков до 130 мм.

Таблица 3.1

Извлечение золота при промывке песков, %

Крупность золота, мм	На аппаратах с учетом эффект. грохочения		По схеме МПД-4			По схеме ПКС-700 ПКС-1200 с ОМТ			Во II стадии обогащения без учета КПД грохочения на гидровашгерде	ШГН без учета КПД грохочения на ВГ	ГЭ и ЗГМ с одностадийной схемой обогащения с учетом КПД грохочения на ВГ	По схеме ПГБ-1000 с учетом эффективности грохочения			Землесосная установка с станд. схемой (с учетом грохочения)			На драге Ø перф. бочки 15-30 мм без эффек. грохочения
	эфельный шлюз (Ø 200 мм)	ОМТ (размер перф.грохота 100×100 мм)	на головном шлюзе	на эфельных шлюзах	общее	на эфельных шлюзах	на ОМТ	общее				на ШГН	на ШМН	общее	на ШГН	на ШМН	общее	
+50	-	70	80	-	80	-	70	70	-	100	90	90	-	90	90	-	90	-
-50+30	-	90	80	-	80	-	90	90	-	100	95	95	-	95	95	-	95	-
-30+20	-	95	75	-	75	-	95	95	-	100	98	98	-	98	98	-	98	100
-20+15	70	95	75	17,5	92,5	70	28,5	98,5	-	100	98,5	98,5	-	98,5	98,5	-	98,5	100
-15+10	70	95	75	17,5	92,5	70	28,5	98,5	-	100	99	99	-	99	99	-	99	100
-10+5	97	98	75	24	99	97	2,9	100	-	100	99	98	1	99	99	-	99	100
-5+2,4	99	90	75	25	100	99	1	100	-	100	99	90	9	99	96	3	99	100
-2,4+1,2	98	-	65	34	99	98	-	98	100	97	96	80	19	99	94	5	99	99
-1,2+0,7	97	-	66	43,5	98,5	97	-	97	100	91,5	90,5	71	25,5	96,5	92	6	98	96
-0,7+0,5	93	-	45	51	96	93	-	93	95	91,5	90,5	71	25,5	96,5	92	6	98	90
-0,5+0,2	85	-	35	55	80	85	-	85	90	70	70	45	40	85	66	25	91	90
-0,2	60	-	25	45	70	60	-	60	80	40	40	22	28	50	30	30	60	60

Принципиальные технологические схемы базовых приборов приведены ранее в разделе 2 (см. рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.10) и систематизированы на схеме (рис. 3.3), а извлечение золота по классам крупности приводятся в табл. 3.1. Золото крупностью менее 1,0 мм и особенно мельче 0,25 мм достаточно эффективно извлекается на отсадочных машинах, концентрационных столах и другом гравитационном оборудовании (рис. 3.3, табл. 3.1).

Рис. 3.3. Технологические схемы промывочных установок с механической (а) и гидравлической (б) загрузкой:I – с однофракционным средним грохочением; II- с двухфракционным грохочением и резкой разницей в крупности обогащаемых классов; III – с головным шлюзом и однофракционным мелким грохочением; IV – с двухфракционным крупным грохочением и машиной ОМТ; V – с однофракционным крупным грохочением и шлюзом глубокого наполнения; VI – с двухфракционным грохочением и головным шлюзом; VII – с двухфракционным грохочением и машиной ОМТ; 1 – дезинтеграция и среднее грохочение в скруббере; 2 – дезинтеграция, крупное и мелкое грохочение в скруббере; 3 – обогащение на головном крутонаклонном шлюзе; 4 – дезинтеграция и крупное грохочение в скруббере; 5 – крупное грохочение и частичная дезинтеграция на загрузочном устройстве гидротранспорта; 6 – обогащение на шлюзах среднего наполнения или эфельных отсадочных машинах; 7 – обогащение на машинах ОМТ или шлюзах глубокого наполнения; 8 – обогащение на шлюзах мелкого наполнения или эфельных отсадочных машинах; 9 – дезинтеграция и мелкое грохочение в скруббере; 10 – обогащение в машине ОМТ; 11 – обогащение на шлюзе глубокого наполнения; 12 – обогащение на головном шлюзе глубокого наполнения; 13 – мелкое грохочение в барабанном грохоте; 14 – концентрат в доводку; 15 – галя, обезвоженная в отвал; 16 – эфеля, не обезвоженные в отвал; 19 – валуны в отвал

Отсадочная машина имеет возможность извлекать золото крупностью примерно до 0,05 - 0,07 мм, концентрационный стол с песковой декой до 0,05 - 0,07 мм, а со шламовой декой – до 0,02 мм. На современном уровне развития науки и техники пока нет смысла извлекать золото крупностью менее 0,07 мм. Для его выделения требуются аппараты с ламинарным режимом, которые, как правило, малопроизводительны. Поэтому при создании новых промприборов достаточно придерживаться того, что нижний предел обогащения по крупности будет 0,07 - 0,10 мм.

3.3. Расчет качественно-количественной схемы обогащения

Основой расчета качественно-количественной схемы обогащения является характеристика оборудования, включающая:

- условия эффективной работы (крупность частиц в исходной пульпе, соотношение Ж:Т; производительность и удельная нагрузка);
- извлечение полезного минерала - ε;
- выход обогащенного продукта (концентрата) – γ.

Для каждой операции (стадии) обогащения выделим извлечение золота в концентрат, направляемый для дальнейшей переработки, а также два вида потерь: потери с хвостами этой стадии, направляемыми для дальнейшего обогащения, и потери с хвостами, направляемыми в отвал. Потери с хвостами, направляемыми в отвал, назовем безвозвратными потерями. При расчете схем обогащения, отличающихся от схем базовых промывочных приборов, на рис. 3.4 приводятся результаты исследований института «Иргиредмет» по извлечению золота на дополнительном оборудовании.

Для удобства расчетов графическая зависимость извлечения золота от его крупности нами аппроксимирована формулой, %

$$И = 100\,[1 - exp\,(-\,b\,\cdot d^{\,c})], \qquad (3.6)$$

где d – крупность частиц золота или средняя крупность узкой фракции частиц, мм;

$b,\ c$ – коэффициенты, учитывающие аппарат и режим обогащения (табл. 3.2).

В табл. 3.3, 3.4, 3.5 приводится пример расчета качественно-количественной схемы обогащения (рис. 3.5) промывочного прибора ПГОИ–100 (см. рис. 2.9) (составленный в проекте разработки одной из уральских россыпей) (см. табл. 3.3).

Таблица 3.2

Параметры для расчета извлечения золота в нетрадиционных схемах

Аппарат и режим обогащения	Коэффициенты		Расчетная формула
	b	*c*	
Раздельное обогащение песковой и илистой фракции на отсадочных и центробежных аппаратах	8,75	0,72	$И = 100\ (1–e^{-8,75d^{0,72}})$
Прямая отсадка песков -15 (-20) мм. Обогащение на шлюзных с крупностью песков 4-5 мм	5,0	0,77	$И = 100\ (1–e^{-5d^{0,77}})$
Обогащение песков -15 (-20) мм на шлюзах с непрерывным выпуском концентрата	7,72	1,27	$И = 100\ (1–e^{-7,72d^{1,27}})$
Обогащение на шлюзах мелкого наполнения песков крупностью -15 (- 20) мм	3,6	1,0	$И = 100\ (1–e^{-3,6d})$
Обогащение на шлюзах глубокого наполнения песков -50 мм	4,4	1,37	$И = 100\ (1–e^{-4,44d^{1,37}})$

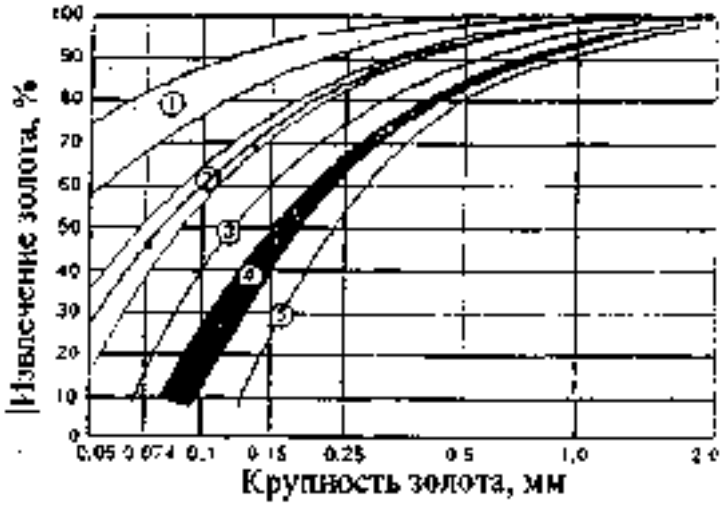


Рис. 3.4. Зависимость извлечения золота от его крупности при обогащении песков по технологическим вариантам (без учета возможных потерь золота с отвальными крупнозернистыми фракциями):1 – раздельное обогащение песковой и илистой фракций на отсадочных машинах и центробежных аппаратах; 2 – прямая отсадка песков крупностью -15 (-20) мм или обогащение на шлюзах песков максимальной крупностью частиц 4-5 мм; 3 – обогащение на шлюзах песков крупностью -15 (-20) мм с непрерывным выпуском концентратов; 4 – обогащение на шлюзах песков крупностью -15 (-20) мм; 5 – максимальное извлечение золота при обогащении на шлюзах песков крупностью – 50 мм

Таблица 3.3

Гранулометрическая характеристика песков

Крупность фракции, мм	+ 100	-100+50	-50+10	-10+2	-2+1	-1	Итого
Массовая доля фракции, %	0,1	0,5	3,6	5,0	1,9	88,9	100,0

Таблица 3.4

Технологические показатели по отдельным операциям обогащения

Наименование операции и показателей	Значения показателей по классам крупности, мм						Итого	
	+2	-2+1	-1 +0,5	-0,5 +0,25	-0,25 +0,1	-0,1	по операции	от исходного
Подача исходных песков с содержанием золота, %	6,4	9,2	11,1	25,0	46,0	2,3	100	100
Концентрация на ШГН длиной 5 м; Извлечение золота в концентрат: - эффективность, доли ед. - в %	 1 6,4	 0,95 8,7	 0,85 9,4	 0,62 15,5	 0,3 13,8	 0 —	0,54	 53,8
Подача пульпы (хвостов ШГН) на гидрогрохот с содержанием золота, %	0	0,5	1,7	9,5	32,2	2,3		46,2
Прохождение золота в подрешетный продукт (ПРП): - эффективность, доли ед. - в %	 1 -	 0,98 0,5	 0,9 1,5	 0,8 7,6	 0,63 21,9	 0,3 0,7	0,7	 69,7
Подача ПРП на МОД-3М-1 Извлечение золота в концентрат (КОМ): - эффективность, доли ед. - в %	 1 —	 1 0,5	 0,99 1,5	 0,93 7,1	 0,82 18	 0,52 0,4	0,85	 85,4
Подача пульпы (надрешетного продукта гидрогрохота) на контрольный шлюз с содержанием золота, %	—	—	0,2	1,9	10,3	1,6	14,0	30,3
Извлечение золота: - эффективность, доли ед. - в %	 1 —	 1 —	 0,7 0,1	 0,51 1,0	 0,23 2,3	 0 —	0,24	 — 24,3
Подача КОМ на переочистную отсадку I (МОД-3м)								98
Вторая перечистка на МОД-1М								98,5
Концентрация (извлечение золота) на СКО - 7,5								99,0
Извлечение золота на перечистке СКО – 2								99,5
Доводка концентрата головного шлюза								99,5
Доводка концентрата контрольного шлюза								

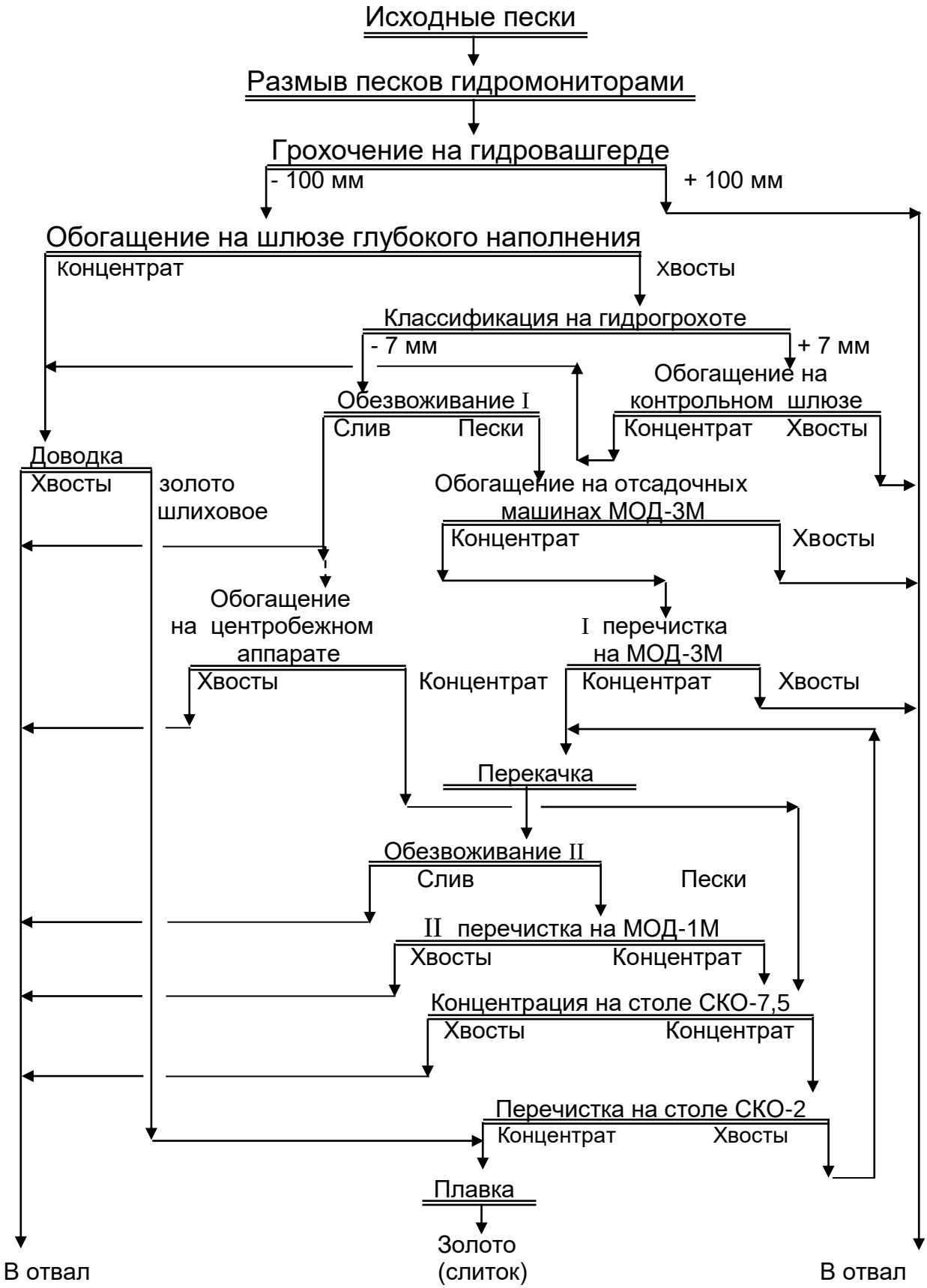


Рис. 3.5. Принципиальная технология обогащения песков

Таблица 3.5

Качественно-количественные показатели обогащения песков

Наименование технологической операции	Наименование и номер продукта	Выход продуктов			Извлечение золота, %	
		м³/ч	% по операции	% от исходного	по операции	от исходного
Размыв и грохочение на гидровашгерде	Поступает: исходные пески (1)	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0
	Выходит: надрешетный продукт +100 мм (2) подрешетный продукт –100 мм (3)	1,000 99,000	1,0 99,0	1,0 99,0	1,0 99,0	1,0 99,0
Обогащение на шлюзах глубокого наполнения	Поступает: подрешетный продукт –100 мм (3)	99,000	100,0	99,0	100,0	99,0
	Выходит: концентрат ШГН (4) хвосты ШГН (5)	0,005* 98,995	0,005 99,995	0,005 98,995	53,8 46,2	53,3 45,7
Грохочение на 12 спиготном гидрогрохоте	Поступает: хвосты ШГН (5)	98,995	100,0	98,995	100,0	45,7
	Выходит: фракция +7 мм (6) фракция –7 мм (7)	6,700 92,295	6,768 93,232	6,700 92,295	30,3 69,7	13,8 31,9
Обезвоживание I	Поступает: фракция –7 мм (7)	92,295	100,0	92,295	100,0	31,9
	Выходит: песковая фракция –7 мм (8) слив (9)	92,250 0,045	99,95 0,05	92,250 0,045	99,5 0,5	31,7 0,2
Обогащение фракции –7 мм на отсадочных машинах МОД-3М	Поступает: песковая фракция –7 мм (8)	92,250	100,0	92,250	100,0	31,7
	Выходит: концентрат (10) хвосты (11)	13,837 78,413	15,0 85,0	13,837 78,413	85,4 14,6	27,1 4,6
I перечистка концентрата основной отсадки на МОД-3М с обезвоживанием ее концентрата	Поступает: концентрат МОД-3М (10)	13,837	100,0	13,837	100,0	27,1
	Выходит: обезвоженный концентрат I перечистки (12) хвосты (13)	2,767 11,070	20,0 80,0	2,767 11,070	98,0 2,0	26,6 0,5
II перечистка концентрата МОД-3М на МОД-1М	Поступает: концентрат I перечистки (12)	2,767	100,0	2,767	100,0	26,6
	Выходит: концентрат (14) хвосты (15)	0,277 2,490	10,0 90,0	0,277 2,490	98,5 1,5	26,2 0,4

Окончание таблицы 3.5

Наименование технологической операции	Наименование и номер продукта	Выход продуктов			Извлечение золота, %	
		м³/ч	% по операции	% от исходного	по операции	от исходного
Обогащение на столе СКО-7,5-1	Поступает: концентрат МОД-1М (14)	0,277	100,0	0,277	100,0	26,2
	Выходит: концентрат стола (16) хвосты (17)	0,055 0,222	20,0 80,0	0,055 0,222	99,0 1,0	25,9 0,3
Перечистка концентрата СКО-7,5-1 на СКО-2	Поступает: концентрат стола (16)	0,055	100,0	0,055	100,0	25,9
	Выходит: концентрат (золотая головка) (18) хвосты (19)	0,001 0,054	2,0 98,0	0,001 0,054	99,5 0,5	25,8
Обогащение фракции +7 мм гидрогрохота на контрольном щлюзе	Поступает: фракция грохота +7 мм (6)	6,700	100,0	6,700	100,0	13,8
	Выходит: концентрат контрольного шлюза (20) хвосты (21)	0,002* 6,698	0,03 99,97	0,002 6,698	24,3 75,7	3,4 10,4
Доводка** концентратов головного и контрольного шлюзов на столе СКО-2	Поступает: концентрат ШГН (4) концентрат контрольного шлюза (20) Итого поступает:	0,005 0,002 0,007	— — 100,0	0,005 0,002 0,007	— — 100,0	53,3 3,4 56,7
	Выходит: концентрат -золотая головка (22) хвосты (23)	Золото шлиховое 0,007	100,0	0,007	99,5 0,5	56,4 0,3

Таким образом, расчетное (ожидаемое) извлечение золота на промприборе с отсадочной технологией обогащения песков составляет 82,2 %; в том числе извлечение золота по узлу отсадочные машины – концентрационные столы составляет 25,8 %.

3.4. Расчет водно-шламовой схемы обогащения

Целью проектирования шламовой схемы являются: обеспечение оптимальных отношений Ж : Т в операциях схемы; определение количества воды, добавляемой в операции или, наоборот, выделяемой из продуктов при операциях обезвоживания; определение отношений Ж **:** Т в продуктах схемы; определение общей потребности воды по обогатительной фабрике и составление баланса по воде.

Принятые обозначения:

Ж : Т = $R_{\text{п}}$ – отношение жидкого к твердому по массе в операции или в продукте, численно равное отношению м³ воды /1т (1м³) твердого;

$W_{\text{п}}$– количество воды в операции или продукте, м³ в единицу времени;

$L_{\text{п}}$– количество воды, добавляемой в операцию или к продукту, м³ в единицу времени;

$S_{\text{п}}$– влажность продукта в долях единицы;

$\delta_{\text{п}}$– плотность твердого в продукте, т/м³;

$V_{\text{п}}$– объем пульпы в продукте, м³ в единицу времени;

$L_{\text{п}}$– удельный расход свежей воды, добавляемой в отдельные операции, м³/т твердого.

Основные соотношения

$$W_{\text{п}} = R_{\text{п}} Q_{\text{п}}; \quad R_{\text{п}} = W_{\text{п}} / Q_{\text{п}}; \tag{3.7}$$

$$R_{\text{п}} = S_{\text{п}} / (1 - S_{\text{п}}); \tag{3.8}$$

$$S_{\text{п}} = R_{\text{п}} / (1 + R_{\text{п}}) = W_{\text{п}} / (Q_{\text{п}} + W_{\text{п}}); \tag{3.9}$$

$$V_{\text{п}} = W_{\text{п}} + Q_{\text{п}} / \delta_{\text{п}} = R_{\text{п}} Q_{\text{п}} + Q_{\text{п}} / \delta_{\text{п}}; \tag{3.10}$$

$$V_{\text{п}} = Q_{\text{п}} \, (R_{\text{п}} + 1 / \delta_{\text{п}}). \tag{3.11}$$

Для получения высоких показателей обогащения каждую операцию обработки продукта необходимо проводить при оптимальном отношении Ж : Т, т. е. при оптимальном значении R. Эти значения устанавливаются по данным испытаний обогатимости исходного сырья с учетом опыта действующих обогатительных фабрик. Установленные значения R являются исходными показателями для расчета шламовой схемы (см. табл. 3.8).

Для успешного осуществления некоторых технологических операций необходимо не только обеспечить оптимальное отношение Ж : Т в питании, но и подавать в операцию определенное количество дополнительной воды (например, при отсадке, концентрации на столах, промывке, гидравлической классификации и др.) (табл. 3.6). Нормы расхода дополнительной воды на 1 т обрабатываемого продукта являются также исходными показателями при расчете схемы.

Таблица 3.6

Дополнительный расход воды при работе обогатительного и транспортного оборудования

Наименование оборудования	Расход воды, л/с	Наименование оборудования	Расход воды, л/с
Отсадочные машины	3,5-5 л/с·м²	СМТ	8-15
4ОМД –1	1	СМД	4 л/с·м²
4ОМД –3	5	Вибрационный конденсатор	2
4 ОМД-5	12	Концентратосос	6-13
ОМДСД	10-14	Винтовые сепараторы:	
ОВМ-1	1,5	Гемфиза	0,3-0,6
ОВМ-3	5	СВ-500	0,25
ОВМ-5	12	СВМ-750А	0,5
МОД-4	2-6	СВМ-1200	1,0
С диафрагмой под решетом: модель 1	5-10	Гидроэлеватор на концентрационных столах	1
модель 2	10-20		

Порядок расчета шламовой схемы

1. Устанавливают численные значения исходных показателей.
2. Составляют вспомогательную таблицу, куда записываются масса продуктов по данным расчета количественной схемы и исходные показатели для расчета.
3. По формуле $W_{\text{п}} = R_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}$ подсчитывают и записывают во вспомогательную таблицу количество воды для тех продуктов и операций, для которых известны по исходным показателям значения *R*.
4. По уровням баланса определяют количество воды во всех продуктах схемы.
5. По формуле (3.7) подсчитывают значения $R_{\text{п}}$.
6. По формуле (3.11) подсчитывают объемы пульпы для всех продуктов и операций.
7. Результаты расчета шламовой схемы оформляют в виде таблицы.
8. Составляют баланс воды по обогатительной фабрике, определяют общий расход воды и удельный ее расход на 1 т обогащаемого полезного ископаемого.

В табл. 3.8, 3.9, 3.10 приводятся примеры расчета водно-шламовых схем.

Таблица 3.7

Необходимое разжижение пульпы для создания оптимальных режимов работы обогатительного оборудования

Вид оборудования	Оптимальное отношение Ж : Т (по объему)	Вид оборудования	Оптимальное отношение Ж :Т (по объему)
Гидровашгерд	(7-10) : 1	Отсадочные машины	(3-5) : 1
- при напоре 20 м	(7-10) : 1	пески – 4 мм	(3-5) : 1
- при напоре 10-20 м	(8-12) : 1	пески – 16 мм	(4-6) : 1
Приборы МПД	(7-12) :1	Машина МОД (для эфелей)	(10-15) : 1
Прибор МПП	(8-10) : 1	Концентрационный стол	
Прибор Кулибина	(10-15) : 1	при выходе тяжелых	
Корытная мойка	(5-10) : 1	материалов 20 %	(3-5) : 1
Золотомойка Кочергина	(13-20) : 1	при выходе тяжелых	
Горизонтальная мойка	(1,5-5) : 1	материалов 20 %	(6-8) : 1
Протирочно-промывочная		Обогатительная труба	(30-40) : 1
мойка	(10-20) : 1	Центробежная чаша	(13-18) : 1
Бичевая мойка	(4-6) : 1	Концентрационная чаша	(1-3) : 1
Скруббер	(2-5) : 1	Амальгамационные сотря-	
Скруббер-бутара	(3-6) : 1	сательные шлюзы	(8-10) : 1
Вибрационный грохот	(3-4) : 1	Амальгамационная бочка	(1-2,5) : 1
Барабанный грохот	3:1	Винтовые сепараторы:	
Гидроциклон	(2,5-7) : 1	для извлечения золота	(8-12) : 1
Гидроэлеватор	(20-30) : 1	для извлечения кассите-	(5-10) : 1
Открытый элеватор	(7-15) : 1	рита	(2-3) : 1
Американский шлюз (коло-		Конусные сепараторы	
да)	(12-30) : 1	Магнитные сепараторы	(5-12) : 1
Шлюзы мелкого наполне-		(НМ, СЭ)	(2-8) : 1
ния:		Флотационные машины	
пески - 6 мм	(6-8) : 1	Вибрационный шлюз	(6-20) : 1
пески - 12 мм	(8-10) : 1	(при уклоне 0,12-0,08)	
Шлюзы глубокого наполне-		Вибрационный концентра-	1 : 1
ния:		тор	(10-15) : 1
пески - 25 мм	(10-12) : 1	Ручная бутара	
пески - 50 мм	(12-14) : 1	Промывочные приборы и	
пески - 100 мм	(14-16) : 1	установки:	(1-1,5) : 1
пески - 200 мм	(16-20) : 1	РОП 2	(1-1,5) : 1
при нагрузке 30-40 м³/чм	(18-26) : 1	ПРБ-II-6	5 : 1
при нагрузке 35-50 м³/чм	(20-30) : 1	ПОУ-4М	(10-15) : 1
Самородкоулавливающий		УРП	30 : 1
шлюз (на МПД)	(5-10) : 1	ПУ ЯГУ	6 : 1
Параллельный шлюз		ПМ-П	0,8 : 1
(на ПКС)	(5-7) : 1	ППУ ВНИИ-I	

Таблица 3.8

Расчет водно-шламовой схемы (см. рис. 2.9)

Наименование операции	Наименование и номер продукта	Выход продукта м³/ч	Отношение Ж:Т	Расход воды, м³/ч
Размыв и грохочение на гидровашгерде	Поступает: исходные пески в виде пульпы (1)	100,000	20	2000,000
	Выходит: а) надрешетный продукт +100 мм (2) б) подрешетный продукт –100 мм (3)	1,000 99,000	1 20,2	1,000 1999,000
Обогащение на шлюзах глубокого наполнения	Поступает: подрешетный продукт –100 мм (3)	99,000	20,2	1999,000
	Выходит: а) концентрат ШГН (4) б) хвосты ШГН (5)	0,005 98,995	— 20,2	— 1999,000
Грохочение на гидрогрохоте	Поступает: хвосты ШГН (5)	98,995	20,2	1999,000
	Выходит: а) фракция +7 мм (6) б) фракция –7 мм (7)	6,700 92,295	91,7 15	614,575 1384,425
Обезвоживание I	Поступает: фракция –7 мм (7)	92,295	15	1384,425
	Выходит: а) песковая фракция –7 мм (8) б) слив (9)	92,250 0,045	6 18465	553,500 830,925
Обогащение фракции – 7 мм на отсадочных машинах МОД-3М	Поступает: а) песковая фракция –7 мм (8) б) вода подрешетная Итого поступает:	92,250 — 92,250	6 — 6,5	553,500 291,600 845,100
	Выходит: а) концентрат (10) б) хвосты (11)	13,837 78,413	4 10,1	55,348 789,752
I перечистка концентрата основной отсадки на МОД-3М с обезвоживанием ее концентрата	Поступает: а) концентрат МОД-3М (10) б) вода подрешетная Итого поступает:	13,837 — 13,837	4 — 7,5	55,348 48,600 103,948
	Выходит: а) концентрат I перечистки (12) б) хвосты (13)	2,767 11,070	4 8,4	11,068 92,880

Окончание табл. 3.8

Наименование операции	Наименование и номер продукта	Выход продукта м³/ч	Отношение Ж:Т	Расход воды, м³/ч
II перечистка концентрата МОД-3М на МОД-1М	Поступает: а) концентрат I перечистки (12) б) вода подрешетная Итого поступает:	 2,767 — 2,767	 4 — 9,8	 11,068 16,200 27,268
	Выходит: а) концентрат (14) б) хвосты (15)	 0,277 2,490	 4 10,5	 1,108 26,160
Обогащение на столе СКО-7,5-1	Поступает: а) концентрат (14) б) смывная вода Итого поступает:	 0,277 — 0,277	 4 — 22	 1,108 5,000 6,108
	Выходит: а) концентрат стола (16) б) хвосты (17)	 0,055 0,222	 2 27	 0,110 5,998
Перечистка концентрата СКО-7,5-1 на СКО-2	Поступает: а) концентрат стола (16) б) смывная вода Итого поступает:	 0,055 — 0,055	 2 — 74,7	 0,110 3,000 3,110
	Выходит: а) концентрат (золотая головка) (18) б) хвосты (19)	 0,001 0,054	 2 76	 0,002 3,108
Обогащение фракции +7 мм гидрогрохота на контрольном шлюзе	Поступает: фракция грохота +7 мм (6)	 6,700	 91,7	 614,575
	Выходит: а) концентрат контрольного шлюза (20) б) хвосты (21)	 0,002 6,698	 — 91,8	 — 614,575
	ИТОГО: Вода поступает Вода выходит Неучтенный расход (15 %)			 2364,4 2364,4 354,7
	ВСЕГО			2719,1

Таблица 3.9

Водно-шламовая схема ПКС-1200 (*пример*)

Наименование операции	*Наименование продукта*	*Выход продукта*		*Ж:Т*	*Расход воды, м³/ч*
		м³/ч	*%*		
Дезинтеграция и грохочение	Поступают: исходные пески	65	100	0,1	6,5
	Выходит:				
	а) галя +20 мм в отвал	22,75	35	0,5	11,4
	б) пески –20 мм на шлюзы	42,25	65	10	422,5
Концентрация на ШМН	Поступают пески	42,25	65	10	422,5
	Выходит:				
	а) концентрат	0,05	0,08	1	0,05
	б) пульпа на отсадку	42,20	64,92	10	422,45
Отсадка	Поступает:				
	а) пульпа со ШМН				422,45
	б) подрешетная вода	—	—	—	72
	Итого:	42,20	64,92	11,7	494,45
	Выходит:				
	а) концентрат (подрешетный продукт)	3,0	4,61	6	18
	б) хвосты в отвал	39,2	60,31	12,15	476,45
	Итого:	42,20	64,92		494,45
Извлечение на концентрационном столе	Поступает:				
	а) концентрат отсадки	3,0	4,61	6	18
	б) промежуточный продукт концентрационного стола	0,16	0,25	15	2,4
	в) вода	—	—	—	15
	Итого:	3,16	4,86	11,2	35,4
	Выходит:				
	а) концентрат	0,08	0,12	8	0,64
	б) пром. продукт	0,16	0,25	8	1,28
	в) хвосты в отвал	2,92	4,49	11,46	33,48
	Итого:	3,16	4,86	11,2	35,4
Подача пром. продукта на концентрационный стол гидроэлеватором	Поступает в гидроэлеватор:				
	а) пром. продукт с конц. стола	0,16	0,25	8	1,28
	б) напорная вода	—	—	—	1,12
	Итого:	0,16	0,25	15	2,4
	Выходит (подача): промежуточный продукт на концентрационный стол	0,16	0,25	15	2,4
Обезвоживание хвостов отсадки для	Поступает в спиральный классификатор пульпа (хвосты отсадки)	39,2	60,31	12,15	476,45

складирования	Выходит: а) песковая фракция б) слив Итого:	 34,65 4,55 39,2	 53,31 7 60,31	 0,2 12,15 12,15	 6,93 476,45 476,45

Таблица 3.10

Расход воды

Наименование операций	Расход воды, $м^3/ч$
Дезинтеграция и грохочение в скрубберe	427,38
Подрешетная вода отсадки	72,0
Орошение концентрационных столов	15,0
Напорная вода гидроэлеватора	1,12
Вода для самотечного транспорта	5,0
Прочие расходы	52
ИТОГО:	**572,50**

3.5. Режим работы и общие показатели промывки песков россыпей

Открытая разработка россыпных месторождений практически всегда сезонная, это связано с промывкой песков. К добыче песков в центральных районах Колымы приступают обычно во второй декаде мая, а на приисках Чукотки – в первой декаде июня.

Массовая промывка песков в этих районах прекращается между 20 сентября и 10 октября, когда днём устанавливается отрицательная температура. Общий период работы землеройной и промывочной техники на добыче песков составляет 90 – 110 суток в районах Чукотки и 130 – 150 суток - в центральных районах Колымы. В средней полосе Сибири этот период достигает 150 – 170 суток, на Урале - 170–260 суток, южнее линии Харьков - Гурьев - Алма-Ата – 250 – 340 суток. Работы ведутся по непрерывной рабочей неделе в 3 смены по 8 часов или в 2 смены по 11,5 часов.

Землеройные машины в летние месяцы работают 25-26 дней, а промывочные установки 28-30 дней.

Продолжительность вскрышных работ по талым породам на 20-50 суток больше, а для мощных бульдозеров с одностоечными рыхлителями (способными рыхлить мерзлые породы) продолжительность вскрышных работ в районах Северо-Востока страны достигает 200 суток и более.

Коэффициент использования бульдозеров и скреперов во времени на вскрышных и добычных работах составляет 0,7-0,78 с учетом суточного технического ухода, еженедельных и месячных плановых простоев в ремонте 0,65-0,7.

Суточная производительность скрубберно-шлюзовых промывочных приборов с конвейерной подачей песков 500 – 1200 м³. Для районов Северо-Востока годовая производительность этих приборов 20-90 тыс. м³. Расход электроэнергии 3-4 кВт ч/м³, сменная производительность труда рабочего 30-100 м³/чел.-смены .

Для шлюзовых и бочечно-шлюзовых приборов с гидравлическим подъемом гидроэлеватором суточная производительность 500-1500 м³, годовая 20-90 тыс. м³, расход электроэнергии 4,5-5,5 кВт ч/м³, сменная производительность 50-120 м³/чел.-смен.

Для приборов с подачей песков землесосом на шлюзы суточная производительность 1500-2500 м³, годовая 50-150 тыс.м³, расход электроэнергии 4,5-7,0 кВт ч/м³, 120-170 м³/чел.смену.

3.6. Определение размещения частиц золота на откосе гидроотвала

3.6.1. Размещение частиц золота на откосе гидроотвала

При разработке россыпных месторождений для снижения потерь золота широко практикуется повторная промывка отложений головной части гидроотвала. Обычно объем повторной промывки планируется 15-20% от общего объема и корректируется по результатам намыва золота.

Как показали результаты исследований, при гидравлическом складировании продезинтегрированных пород наблюдается распределение частиц по крупности. Установлено, что при соотношении Т **:** Ж ≥ 1 **:** (7…8) происходит прямое фракционирование – распределение от крупных частиц к более мелким по длине откоса гидроотвала.

При известном распределении на откосе частиц породы можно рассчитать соответствующее распределение частиц золота по коэффициенту равноскоростности, применяемому при расчетах гравитационного обогащения.

В практике обогащения и классификации зернистых материалов различной крупности и плотности используется характеристика равнопадаемости частиц. Частицы, имеющие одинаковую скорость осаждения в спокойной воде (одинаковую гидравлическую крупность), называются равнопадающими, и отношение их эквивалентных диаметров называется коэффициентом равнопадаемости. При равных условиях осаждения

$$e_{Gк} = \frac{d_л}{d_т} = \frac{\rho_т - 1}{\rho_л - 1}; \qquad (3.12)$$

$$e_{\text{Gм}} = \frac{d_{\text{л}}}{d_{\text{т}}} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{т}} - 1}{\rho_{\text{л}} - 1}}; \qquad (3.13)$$

$$e_{\text{Gп}} = \frac{d_{\text{л}}}{d_{\text{т}}} = \sqrt[3]{\left(\frac{\rho_{\text{т}} - 1}{\rho_{\text{л}} - 1}\right)^2}, \qquad (3.14)$$

где $e_{\text{Gк}}$, $e_{\text{Gм}}$, $e_{\text{Gп}}$ - коэффициент равнопадаемости для частиц крупностью, соответственно, крупных (более 1 мм), мелких (менее 0.1 мм) и промежуточный крупностью (-1,0 + 1,0 мм), значения $e_{\text{Gк}}$, $e_{\text{Gм}}$, $e_{\text{Gп}}$ - называют еще показателем обогатимости гравитационными методами (см. формулу (1.19);

$d_{\text{л}}$ - эквивалентный диаметр более крупной и легкой частицы плотностью $\rho_{\text{л}}$ (т/м^3), мм;

$d_{\text{т}}$ - эквивалентный диаметр более крупной и тяжелой частицы плотностью $\rho_{\text{т}}$ (т/м^3), мм.

Зная диаметр частиц определенной плотности $d_{\text{п}}$ (например, кварца), выносимых в слив какого-либо классификатора, и коэффициент равнопадаемости e_{G}, можно рассчитать размер частиц любой плотности $d_{\text{Т}}$, выносимых в слив, по формуле

$$d_{\text{т}} = \frac{d_{\text{п}}}{e_G} \qquad (3.15)$$

При движении потока пульпы на шлюзах П. В. Лященко введена характеристика движения с одинаковой скоростью частиц – коэффициент равноскоростности – это отношение размеров зерен различной плотности, которые начинают двигаться по дну шлюза при одинаковой скорости движения пульпы или воды. По П. В. Лященко, этот коэффициент e_V равен коэффициенту равнопадаемости e_{G}, умноженному на отношение коэффициентов трения тяжелого и легкого зерна о поверхность шлюза:

$$e_{\text{V}} = e_G \frac{f_{\text{т}}}{f_{\text{л}}}, \qquad (3.16)$$

где $f_т$, $f_л$ – коэффициент трения тяжелого и легкого зерна.

Рассматривая процесс сдвижения отложившихся на откосе гидроотвала частиц породы и кварца потоком пульпы, из условия предельного равновесия получим:

$$e_V = \frac{d_л}{d_т} = \frac{(\rho_т - 1) f_т}{(\rho_л - 1) f_л} = e_G \frac{f_т}{f_л}. \qquad (3.17)$$

Таким образом, коэффициент равноскоростности частиц для процесса сдвижения частиц на откосе гидроотвала соответствует коэффициенту равноскоростности частиц при движении пульпы на шлюзах.

С учетом (3.13), (3.14) на участке откоса со средней крупностью частиц породы $d_{ср}$ средняя крупность частиц золота рассчитывается по формуле

$$d_{Au} = \frac{d_п}{e_V} = \frac{d_п \times f_л}{e_G \times f_т}. \qquad (3.18)$$

Однако, как показали исследования, коэффициент равнопадаемости и коэффициент равноскоростности в формулах (3.12), (3.15) соответствуют фактическим значениям только при идеальных условиях (одинаковой форме частиц, одинаковых условиях шероховатости) и зависят от их крупности. По результатам опытных работ в лабораторных условиях нами получена зависимость крупности осевших частиц золота от крупности осевших частиц породы и коэффициента равнопадаемости

$$d_{Au} = 0{,}163\left(\frac{d_п}{e_G}\right)^{0{,}185}, \qquad (3.19)$$

где d_{Au}, $d_п$ – крупность осевших на участке частиц золота и породы, мм;

e_G – коэффициент равнопадаемости.

Средняя крупность частиц породы, осевших на участках гидроотвала, определяется непосредственными измерениями или аналитически по разработанной нами методике.

3.6.2. Распределение частиц породы по крупности на откосе гидроотвала

Установлено и рекомендуется для проектирования [8] определение размещения на откосе намыва (гидроотвала) центров размещения отдельных фракций породы в соответствии с суммарным выходом частиц по крупности по формуле

$$a_i = \frac{l_i}{L_{\text{го}}} = \frac{R_i}{100} = \frac{\left(\frac{p_i}{2} + \sum p_{i-1}\right)}{100}, \qquad (3.20)$$

где a_i , l_i – относительное и абсолютное (м) расстояние от места поступления гидросмеси до центра рассеяния i-й фракции;

$L_{\text{го}}$ – длина намываемого массива (гидроотвала), м;

R_i – суммарный выход частиц по полюсу (остаток) в намываемой горной массе, %;

$\Sigma p_{i\text{-}1}$ – содержание фракций крупностью больше, чем i-я фракция, %;

p_i – содержание i-й фракции, %.

Установлено также, что распределение отдельных фракций возле центра размещения этой фракции можно аппроксимировать нормальным распределением случайных величин (рис. 3.6,а).

Как известно, плотность вероятности нормального распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2} \right], \qquad (3.21)$$

где x – непрерывная случайная величина;

a - математическое ожидание этой величины;

σ - среднее квадратическое отклонение.

Допустим, что расстояние $L_{\text{р}} = AC$ (см. рис. 3.6) полностью выпадает из потока i – ая фракция частиц – это расстояние представляет диапазон рассеяния частиц. Кривая ABC отражает плотность вероятности нормального распределения по формуле (3.21), а кривая ABD – интегральную кривую распределения вероятностей

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^x \exp\left[-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2} \right] dx, \qquad (3.22)$$

где x – расстояние Ax до рассматриваемого сечения на откосе гидроотвала.

Интеграл (3.22) в бесконечных пределах равен единице, при намыве гидроотвала, в отличие от нормального распределения, интеграл равен единице в пределах от 0 до 1, т. е. плотность распределения всех фракций в точке A принимается равной 0. Это обусловливает асимметрию кривой распределения для крупных фракций (см. рис. 3.6, кривая *AEFC*), однако асимметрия будет меньше, чем мельче рассеиваемые частицы (см. рис. 3.6, кривая *MNG*) – вероятность нахождения их в точке A практически равна нулю.

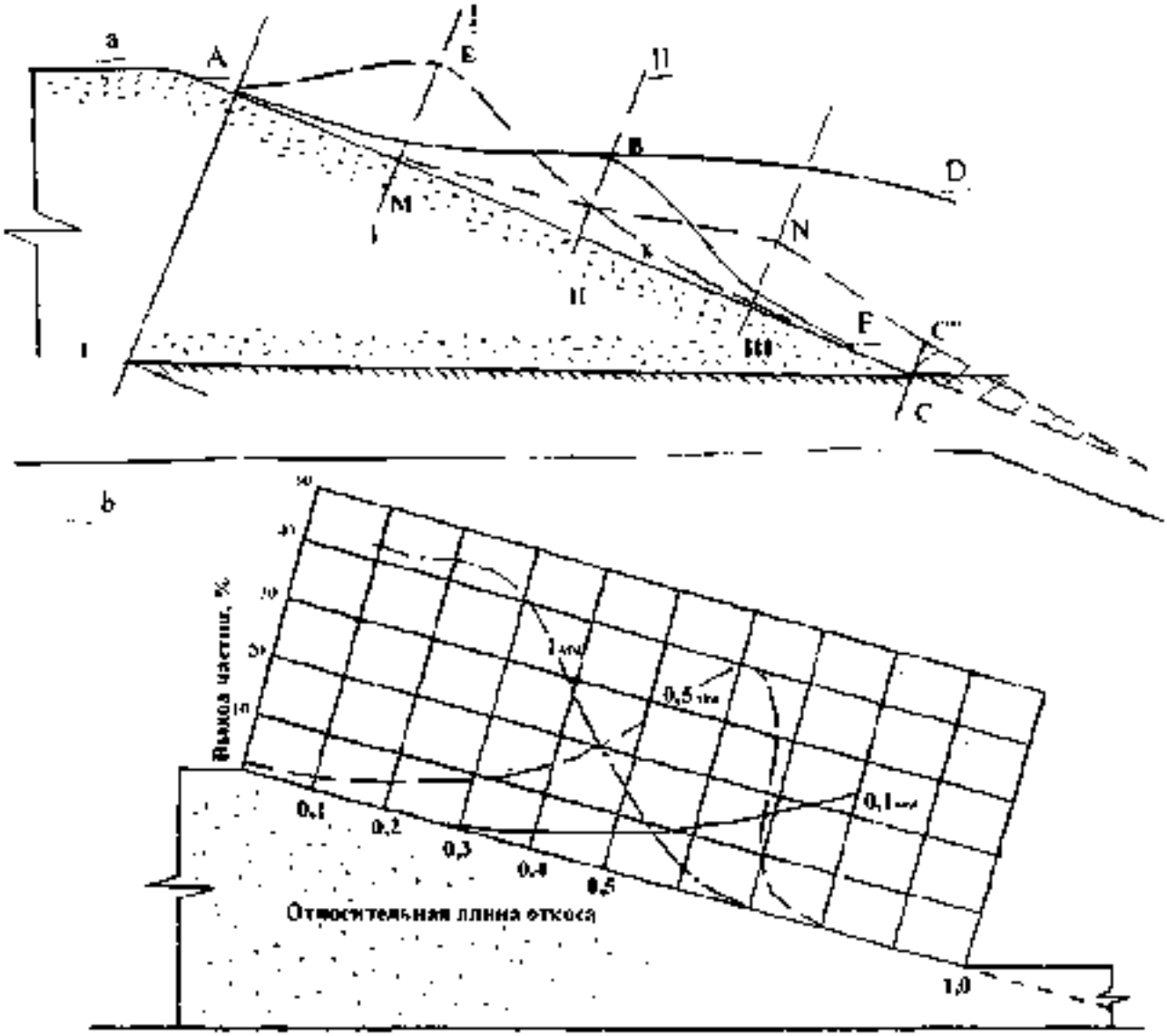


Рис. 3.6. Схема рассеяния частиц на откосе намыва:а - схема теоретического рассеяния частиц породы: I, II, III – центра рассеяния частиц i-й фракции; б – схема распределения частиц из монетного сплава

Для i – й крупности частиц величина отклонения значения x_i от математического ожидания a_i $\Delta x_i = x_i - a_i$.

Для формализуемого нами распределения частиц породы на откосе гидроотвала $a_i = 0{,}01R_i$ и соответствует относительному расстоянию от начала гидроотвала до рассматриваемого сечения:

$$X = \frac{l_x}{L_{\text{го}}},$$

где l_x – абсолютное значение от места выпуска до рассматриваемого сечения, м,

$$\Delta x_i = x_i - 0{,}01R_i .$$

Выразим отклонение от центра Δx через нормированный параметр:

$$t_{\text{i}} = \frac{X - 0{,}01R_i}{\sigma_i}, \tag{3.23}$$

где σ_i – среднее квадратическое отклонение.

Для нахождения величины среднего квадратического отклонения воспользуется правилом трех сигм:

$$\sigma = \frac{a}{3} = \frac{0{,}01R_i}{3}. \tag{3.24}$$

Практически достоверно, что в случае нормального распределения случайной величины отклонения её от математического ожидания не превосходят трех сигм, т. е. утроенного квадратического отклонения.

Тогда

$$t_i = (X - 0{,}01R_i) : \frac{0{,}01R_i}{3} = \frac{3(X - 0{,}01R_i)}{0{,}01R_i};$$

$$\Phi(t_i) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{t_i} \exp\left[-\frac{t_i^2}{2}\right]dx. \tag{3.25}$$

Таким образом, сечение на расстоянии X от начала гидроотвала разделяет плотность распределения на две части.

Принимаем суммарную плотность вероятности нормального распределения $\Phi(t_i)$ в качестве коэффициента осаждения частиц породы i – й фракции (обозначим K_x) на гидроотвале до сечения X:

$$K_x = \frac{p_{x_i}}{p_i}, \tag{3.26}$$

где p_i - содержание i — й фракции в исходной продезинтегрированной горной массе, %;

p_{x_i} - часть i — й фракции, осевшая на гидроотвале до сечения *X*, %

$$K_x = 0{,}5 \pm \Phi(t_i), \tag{3.27}$$

где $\Phi(t_i)$ - интеграл вероятностей, принимается по справочной литературе (приводится также в табл. 3.11).

Таблица 3.11

Интеграл вероятности $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_i} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

t	Сотые доли *t*									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0569	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3006	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3437	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4864	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936

Таблица допускает линейную интерполяцию с ошибкой до 10^{-4}.

Пример. Вычислить $\Phi(1{,}614)$.

Решение. Берем из таблицы два значения - $\Phi(1{,}61) = 0{,}4463$ и $\Phi(1{,}62) = 0{,}4474$ с разностью 0,0011 и вводим поправку на относительное приращение аргумента $(1{,}614 - 1{,}61)/0{,}01 = 0{,}4$:

$$\Phi(1{,}614) = \Phi(1{,}61) + 0{,}0011 \cdot 0{,}4 = 0{,}4467.$$

В формуле (3.27) перед $\Phi(t_i)$ ставится знак минус при $t < 0$ и знак плюс - при $t > 0$, при $t < 2{,}5$ $\Phi(t_i) \approx 0{,}5$.

По формулам (3.25) - (3.27) определяется процентное содержание различных фракций крупности на участке от места выпуска до рассматриваемого участка и соответствующая средняя крупность часть $d_{\text{п}}$.

3.6.3. Определение начальных параметров гидроотвала

Абсолютная длина гидроотвала $L_{\text{го}}$ зависит от объема намываемых хвостов, их гранулометрического состава, интенсивности намыва и соответствующей ей динамике потока гидросмеси.

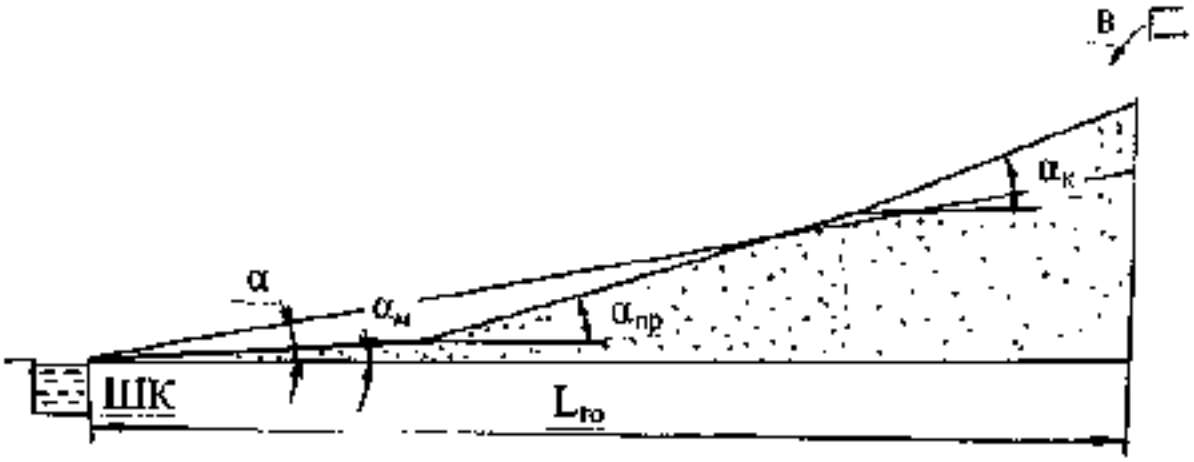


Рис. 3.7. Продольный профиль гидроотвала:В – выпуск пульпы; ШК – шандорный колодец; α, $\alpha_{\text{м}}$, $\alpha_{\text{пр}}$, $\alpha_{\text{к}}$ - углы наклона: общий, зоны мелких частиц, промежуточной зоны, зоны крупных частиц; $L_{\text{го}}$ - длина гидроотвала

В качестве обобщенного показателя условий намыва принимается уклон формирующегося при намыве откоса (рис. 3.7):

$$I_{ср} = 2{,}14 C_e \cdot d_{ср} / q_{ср}^{0{,}67}, \quad (3.28)$$

где $I_{ср}$ - средний уклон намытой поверхности, доли ед.;

$d_{ср}$ - средневзвешенный диаметр частиц породы на откосе намыва, м;

$q_{ср}$ - удельный расход гидросмеси на откосе намыва – расход гидросмеси на 1 м ширины потока, м^3/с;

$$q_{ср} = Q / b, \quad (3.29)$$

где Q - подача гидросмеси на начальном участке при торцевом намыве, м^3/с;

b - ширина потока, м;

C_e - безразмерный коэффициент, характеризующий степень растекания гидросмеси, зависящий от величины $f = \mathrm{tg}\varphi$.

Средневзвешенная крупность

$$d_{ср} = \left[d_1 \cdot p_1 + d_2 \cdot p_2 + ... + d_в (p_в / 2)\right] \times \left[100 - (p_в / 2)\right]^{-1}, \quad (3.30)$$

где $d_1, d_2 ... d_в$ - средняя крупность фракций, м;

$p_1, p_2 ... p_в$ - выход частиц фракций, %.

Фракция крупности $d_в$ находится в конце откоса намыва и является граничной крупностью, более мелкие частицы выносятся за пределы откоса. Объем породы, соответствующий уклону намытой поверхности, намываемый до первого наращивания ΔH высоты водосбросного порога, рассчитывается по формуле

$$W_1 = 0{,}5 L_{го}^2 \times B \times I_{ср}, \quad (3.31)$$

где W_1 - первоначальный объем породы, обеспечивающий уклон $I_{ср}$, м^3;

B - ширина намываемого массива, м;

$L_{го}$ - расстояние от места поступления гидросмеси до водосбросного порога шандорного колодца.

Увеличение высоты ΔH, расстояния $L_{го}$ или уменьшения объема W_1 повлечет осаждение в пределах откоса частиц меньшей крупности, чем принятая в расчете, а снижение ΔH, уменьшение $L_{го}$, увеличение W_1 - вынос с откоса более крупных частиц.

Параметры растекания потока гидросмеси (ширину потока b, удельный расход $q_{ср}$, коэффициент $C_е$) определим исходя из условия равновесия пород в воронке размыва под действием падающего потока гидросмеси на выходе из пульповода и на выходе из воронки размыва (рис. 3.8).

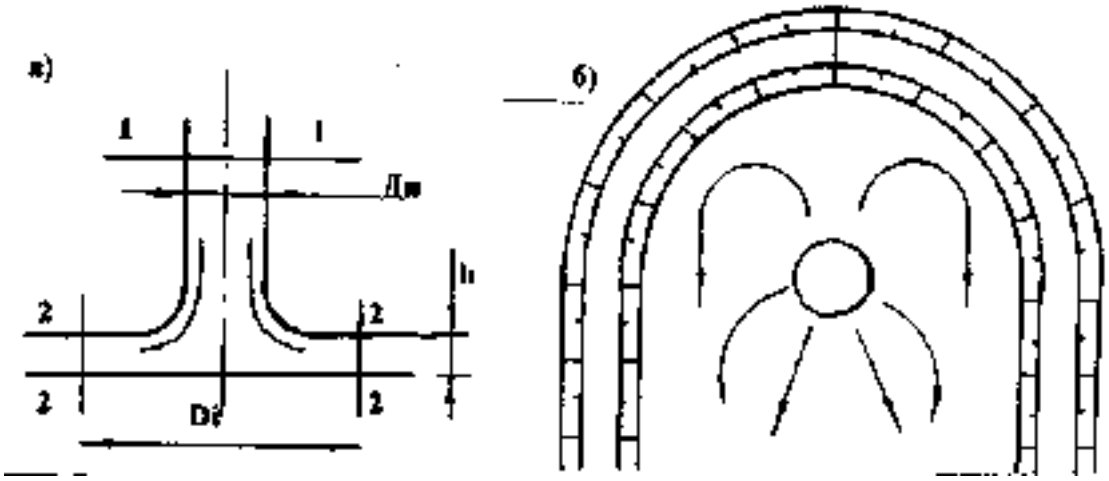


Рис. 3.8. Растекание потока жидкости на горизонтальной плоскости:а – в неограниченном пространстве; б – в ограниченном пространстве

Принято при φ = 30 …38˚

$$Д_{вор} = 4{,}5Д_п; \quad \pi \cdot Д_п^2 / 4 = \pi \cdot Д_{вор} \cdot h; \quad h = Д_п / 18,$$

где φ - угол внутреннего трения намытых пород, град;

$Д_{вор}$ - диаметр воронки размыва пород на месте падения потока гидросмеси на откосе, м;

$Д_п$ - диаметр пульповода, м;

h - высота потока на выходе из воронки размыва, м.

Начальная скорость растекания, м/с

$$\nu_р = Q/(\pi \cdot Д_{вор} \cdot h) = Q/(\pi \cdot 4{,}5Д_п \cdot h), \qquad (3.32)$$

$b = Q/(\nu_{\text{р}} \cdot h)$ - ширина потока, м;

$q_{\text{н}} = Q/b = 0{,}07Q/Д_{\text{п}}$ - удельный расход гидросмеси на начальном участке, м^3/с.

Обычно удельный расход гидросмеси на конечном участке размещения

$$q_{\text{к}} \approx 0{,}1q_{\text{н}}, \tag{3.33}$$

тогда $$q_{\text{ср}} = (q_{\text{н}} + q_{\text{к}})/2 = 0{,}55\ q_{\text{н}} \tag{3.34}$$

Безразмерный коэффициент $C_{\text{е}}$ рассчитывается по формуле

$$C_{\text{е}} = 0{,}013q_{\text{ср}}^{1{,}14}, \tag{3.35}$$

полученной нами путем аппроксимации табличных значений, рекомендуемых для расчета в справочной литературе:

Удельный расход, м^3/с	0,0008	0,011	0,015	0,035	0,044	0,07	0,08
Эмпирические значения $C_{\text{е}}$	2,34	2,1	1,56	0,63	0,35	0,28	0,22
Расчетные значения $C_{\text{е}}$	3,1	2,2	1,55	0,6	0,45	0,26	0,22

Установлено [10], что с гидравлического отвала в отстойный пруд (за пределы начального участка пруда) выносятся частицы крупностью менее 0,05 мм. В этой связи полагаем, что центр распределения частиц фракции – 0,1 мм находится в конце гидроотвала. Для расчета доли частиц, выносимых в отстойный пруд, в формуле (3.23) необходимо принять $X = R_{0{,}05}$, а в формуле (3.27) перед $\Phi(t_i)$ ставится знак плюс при $t < 0$, при $t > 0$ - знак минус.

Длина гидроотвала определяется из формулы (3.31)

$$L_{\text{го}} = \sqrt{\frac{2W_1}{I_{\text{ср}} \times B}}\,. \tag{3.36}$$

3.6.4. Пример расчета распределения частиц породы и золота на откосе гидроотвала

Исходные данные:

Подача песков на промывку бульдозером. Размыв песков на гидровашгерде ВГ-1700, диаметр перфорации 60 мм. Подъём пульпы гидроэлеватором. Среднее содержание золота 740 мг/м^3.

Обогащение на шлюзах мелкого наполнения, подача пульпы на гидроотвал Q = 650 м^3/ч (0,1805 м^3/с), консистенция Т **:** Ж = 1 : 12; гранулометрический состав рыхлых отложений приводится в табл. 3.12 и на рис. 3.9, гранулометрический (ситовой) состав золота - в табл. 3.13 и на рис. 3.9, ширина гидроотвала 60 м.

Таблица 3.12

Гранулометрический состав рыхлых отложений участка «Центральный»

Фракция крупности, мм	Выход фракции, %	Суммарный выход, %	
		проход	остаток
+200	12	-	12
-200 +20	35	88	47
-20 +2	18	53	65
-2 +1	25	35	90
-0,1	10	10	-

Таблица 3.13

Ситовой состав золота

Фракция крупности, мм	Выход фракции, %	Суммарный выход, %	
		проход	остаток
-4 +2	8,2	-	8,2
-2 +0,5	49,5	91,8	57,7
-0,5 +0,15	32,2	42,3	89,9
-0,15 +0,11	7,2	10,1	97,1
-0,1	2,9	2,9	-

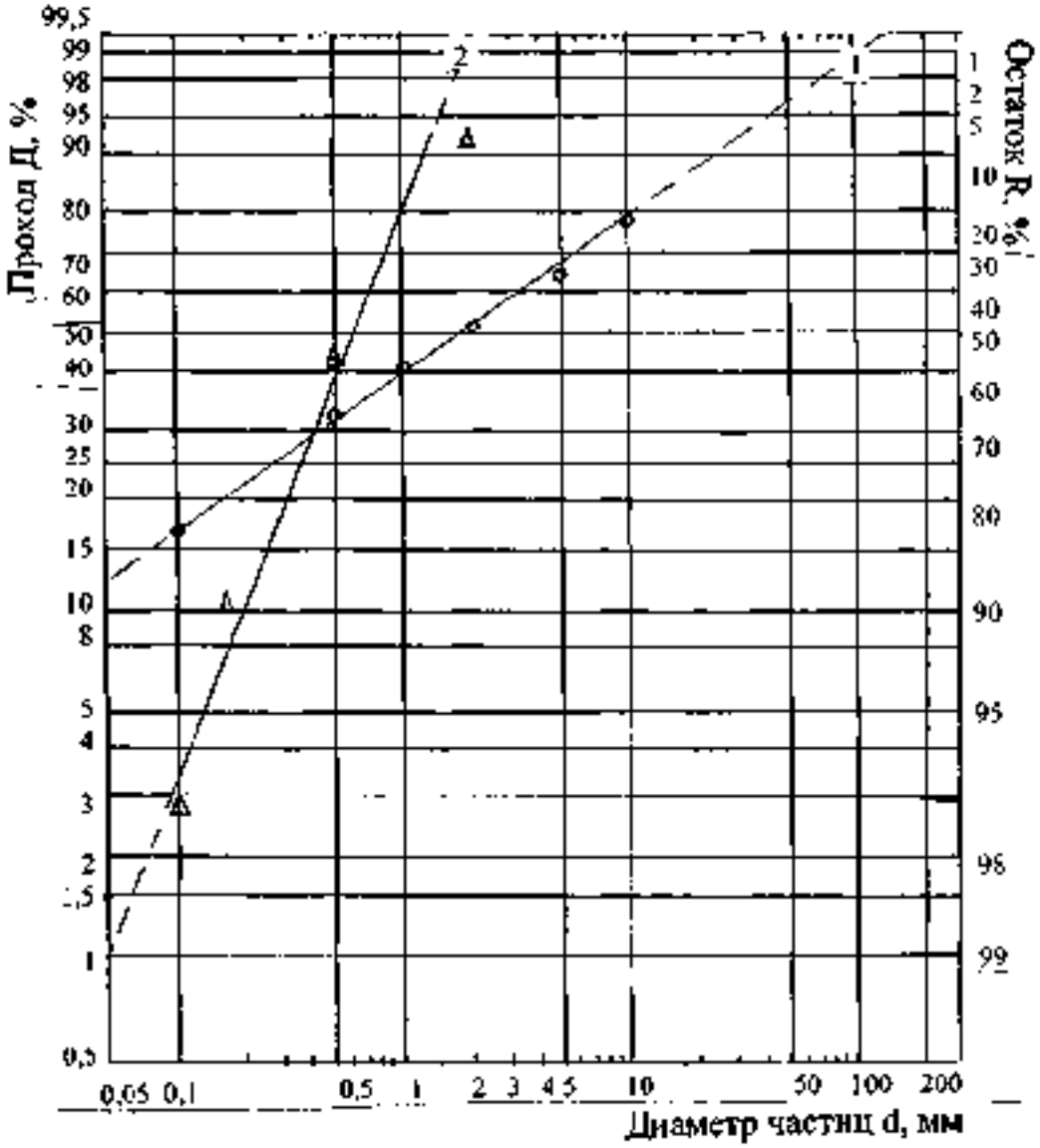


Рис. 3.9. Гранулометрический состав породы в пульпе (участок «Центральный»): 1 – порода; 2 – золото. [Двойная логарифмическая сетка координат $\lg\left(\lg\frac{100}{R}\right)$, $\lg d$]

Таблица 3.14

Расчет распределения частиц породы по крупности на откосе гидроотвала

Параметры	Обозначение, формула	Значения параметров по фракциям, мм						
		-16 +10	-10 +5	-5 +2	-2 +1	-1 +0,5	-0,5 +0,1	-0,1
Эфельная фракция (100 %)								
- выход по фракциям, %	p_i	20,4	14,8	13,0	11,1	9,3	14,8	16,6
- средняя крупность, мм	$d_{\text{ср}}$	13	7,5	3,5	1,5	0,75	0,3	0,05
- суммарный выход (остаток), %	R_i	20,4	35,2	38,2	59,3	68,6	83,4	
Сечение I-I	$X = 0{,}25$							
- нормированный параметр	$t_i = \frac{3(X - 0{,}01R_i)}{R_i}$	+0,75	-0,85	-1,44	-1,89	-1,91	-2,1	
	$\Phi(t_i)$	+0,27	-0,3	-0,42	-0,47	-0,47	-0,48	
- коэффициент осаждения	$K_x = 0{,}5 \pm \Phi(t_i)$	0,77	0,2	0,08	0,03	0,03	0,02	
- осевшая часть фракции, %	$p_{x_i} = K_x \times p_i$	15,7	2,9	1,04	0,33	0,3	0,29	
- средняя крупность осевших фракций, мм	$d_{\text{ср}} = \frac{\sum d_i \times p_{x_i})}{\sum p_{x_i}} = 11{,}2$ мм							
Сечение II-II	$X = 0{,}5$							
- нормированный параметр	t_i	+4,5	+1,2	+0,1	-0,46	-0,83	-1,2	
	$\Phi(t_i)$	0,5	0,4	0,05	-0,18	-0,3	-0,38	
- коэффициент осаждения	K_x	1	0,9	0,55	0,32	0,2	0,12	
- осевшая часть фракции, %	p_{x_i}	20,4	13,3	7,2	3,6	1,8	1,8	
- средняя крупность осевших фракций, мм	$d_{\text{ср}.x} = 8{,}26$ мм							
Сечение III-III	$X = 0{,}95$							
- нормированный параметр	t_i	11,2	5,4	2,9	1,75	1,13	0,43	
	$\Phi(t_i)$	0,5	0,5	0,5	0,46	0,37	0,17	
- коэффициент осаждения	K_x	1	1	1	0,96	0,87	0,67	
- осевшая часть фракции, %	p_{x_i}	20,4	14,8	13,0	10,7	8,1	9,9	
- средняя крупность осевших фракций, мм	$d_{\text{ср}.x} = 4{,}48$ мм							

Таблица 3.15

Расчет потерь золота

Наименование операций и показателей	Обозначение, формула	Значения показателей по классам крупности, мм						Итого: по операции от исходного
		+2	-2 +1	-1 +0,5	-0,5 +0,25	-0,25 +0,1	-0,1	
Средняя крупн. класса, мм	d_i	2	1,5	0,75	0,375	0,162	0,05	
Подача песков с содержанием золота, %	p_i	2	28	36	21	12	1	
Суммарный выход (проход), %	D_i	-	98	70	34	13	1	
Концентрация на ШГН								
Извлечение золота:	$\varepsilon_i = 1 - e^{-4{,}4 d_i^{1{,}37}}$	1	0,999	0,950	0,68	0,30	0,07	0,82
- эффект., доли ед.								
- в процентах	$p_i \times \varepsilon_i = n_i$	2	28	34,2	14,3	3,6	0,07	82,17
Поступает на ШМН, %		-	-	1,8	6,7	8,4	0,93	
Извлечение золота:								
- эффективность, доли ед.	$\varepsilon_i = 1 - e^{-3{,}6 d_i}$			0,933	0,74	0,44	0,165	0,58
- в процентах	$n_i = S \times \varepsilon_i$			1,65	4,96	3,7	0,15	10,43
Поступает на гидроотвал, %	$П_i$			0,15	1,74	4,7	0,78	7,4
мг/м^3	C_i							54,8

Таблица 3.16

Расчет распределения золота на откосе гидроотвала

($\rho_{Au} = 17$ т/м³; $\rho_п = 2{,}6$ т/м³)

Параметры	Обозначение, формула	Сечение		
		I-I	II-II	III-III
Средняя крупность частиц породы, мм	$d_{ср.х}$	11,2	8,26	4,48
Коэффициент равнопадаемости	$\varepsilon_G = \dfrac{\rho_{Au} - 1}{\rho_n - 1}$	10	10	10
Крупность частиц золота, мм	$d_{Au} = 0{,}163 \left(\dfrac{d_{ср.х}}{\varepsilon_G} \right)^{0{,}185}$	0,162	0,152	0,14
Содержание золота крупностью d_{Au}:	$П_i$	4,7	2,7	
	C_i	34,5		

Согласно расчетам, получены следующие показатели:

- общее извлечение на ШГН и ШМН составляет 92,6 %;
- потери – 7,4 %;
- на гидроотвале на первой четверти гидроотвала (до сечения I-I) размещаются частицы фракции –0,25 +0,1 мм (среднее значение 0,162 мм), составляющие 4,7 % (34,5 мг/м^3), 2,7 % (20 мг/м^3) размещаются за сечением I-I по всей длине гидроотвала.

Литература

1. *Богданов Е. И.* Оборудование для транспорта и промывки песков россыпей. М.: Недра, 1978. 240 с.
2. *Обогащение золотосодержащих песков и конгломератов*/ Замятин О. В., Лопатин А. Г., Санникова Н. П., Чугунов А. Д. М.: Недра, 1975. 264 с.
3. *Андреева Г. С., Небера В. П., Горюшкина С. В.* Переработка и обогащение полезных ископаемых россыпных месторождений. М.: Недра, 1992. 337 с.
4. *Багазеев В. К.* Бульдозерно-экскаваторная разработка россыпных месторождений: Учебное пособие. Свердловск: Изд. СГИ, 1988. 64 с.
5. *Замятин О. В., Маньков В. М.* Современные технологии обогащения золотосодержащих месторождений// Горный журнал. 2001. № 35. С. 45-48.
6. *Иванов В. Д., Прокопьев С. А.* Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России. М.: Изд. «ДАКСИ», 2000. 230 с.
7. *Разумов К. А., Перов В. А.* Проектирование обогатительных фабрик: Учебник для вузов. М.: Недра, 1982. 518 с.
8. *Гидротехнические сооружения* / Г. В. Железняков, Ю. А. Ибад-заде, П. Л. Иванов и др.; под общ. ред. В. П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. 543 с.
9. *Беневольский Б. П.* Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1995. С. 1-88.
10. *Багазеев В. К.* Научно-методические основы определения параметров размыва и отвалообразования при открытой разработке талых россыпей в сложных горнотехнических условиях: Автореф. дисс… д-ра техн. наук. Челябинск, 1995. 32 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.В.04 ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 4
1.1. Общие положения ... 4
1.2. Содержание проекта ... 4
1.3 Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки ... 10
1.4 Требования к оформлению графической части проекта ... 11
2. ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ... 12
2.1. Подготовка исходных данных для автоматизированного планирования: сканирование и векторизация графических документов ... 12
2.2 Моделирование подвигания рабочей зоны ... 17
2.3. Автоматизированный подсчет объемов выемки горной массы ... 20
2.4. Обоснование порядка отработки участка рабочего борта ... 22
2.5 Выбор технологической схемы расконсервации уступов ... 25
2.6 Разработка календарного графика отработки участка борта ... 28
3. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ... 33
ПРИЛОЖЕНИЯ ... 34
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Образец оформления курсового проекта ... 34
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец задания на курсовое проектирование ... 35
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Образец оформления содержания пояснительной записки к проекту ... 36
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Образец оформления графической части проекта ... 37
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Образец оформления углового штампа ... 38

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Общие положения

Курсовой проект выполняется на 9 семестре на базе дисциплин «Планирование открытых горных работ» и «Информационные технологии».

Тема курсового проекта:

Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях

Учебные задачи курсового проекта:

- закрепление практических навыков применения компьютерной техники и машинной графики, полученных при изучении дисциплины «Информационные технологии», для выполнения горно-геометрических расчетов;
- изучение методики горно-геометрических расчетов при планировании ведения горных работ;
- изучение технологических схем ведения горных работ при отработке уступов в стесненных условиях;
- изучение методики обоснования порядка отработки и составления календарного графика ведения горных работ на участке борта карьера.

В соответствии с учебным графиком проект выполняется в течение второй учебной ступени 9 семестра.

Разработка проекта осуществляется в основном во время, отведенное для лабораторного практикума, а также во время, предусмотренное для самостоятельной работы. На лабораторных занятиях каждый студент выполняет сквозное на весь цикл работ **индивидуальное учебное задание** в соответствии с нижеприведенным пособием. Во внеурочное время студент самостоятельно формирует и оформляет пояснительную записку и графическое приложение к проекту.

Часть студентов осуществляет разработку проектов на реальных примерах по данным практики, часть – по заданным руководителем условиям разработки. Номера стандартных условий ведения горных работ задаются по заранее подготовленным учебным вариантам заданий. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента по списку в группе.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и 1 листа графического приложения, которое выполняется с использованием средств AutoCAD.

1.2. Содержание проекта

Содержательными задачами курсового проекта являются:

- определение объема работ по приведению участка борта (существующее положение) в рабочее состояние при заданном годовом подвигании фронта горных работ на гор. +62 м;

- определение объема работ по переносу участка борта с последующей его консервацией при заданном подвигании фронта работ на гор. +62 м.

- обоснование технологических схем расконсервации и очередности отработки каждого из перемещаемых уступов;

- составление графика отработки участка борта, учитывающего использование максимального количества экскаваторов в работе с учетом их наиболее полного использования во времени;

- расчет параметров передовой разворотной площадки и размеров бурового блока при расконсервации уступа с учетом геометрии выработанного пространства.

Для решения поставленных задач на первой стадии выполняются горно-геометрические расчеты. Целью расчетов является установление объемов горных работ, необходимых для формирования карьерного пространства требуемой конструкции.

При установленных количественных показателях подвигания горных работ на каждом горизонте определяется технологическая возможность и порядок отработки запланированных объемов. На данном этапе осуществляется согласование параметров буровзрывных, горных и транспортных работ, обеспечивающих безопасную отработку каждого уступа.

При выбранном порядке отработки всех уступов на участке борта устанавливается время, потребное для возобновления работ на смежных горизонтах и длительность отработки каждого из них. Увязка перемещения уступов во времени с учетом перегона экскаваторов с уступа на уступ позволяет определить общую длительность отработки участка борта карьера.

Все вычисления сводятся к ряду стандартных вычислительных и логических процедур, описание которых приведено ниже в Пособии по выполнению лабораторных работ.

Курсовой проект состоит из 5 глав. Содержание отдельных глав проекта соответствует существу выполняемых студентами лабораторных работ.

Глава 1. Моделирование расчетных положений рабочей зоны

При подготовке главы разработчик проекта:

– создает растровую компьютерную копию исходного положения горных работ на участке карьерного пространства (сканирует выкопировку); векторизует растровую копию; создает базовую геоинформационную модель рабочей зоны карьера в виде файла AutoCAD с расширением **.dwg;**

– моделирует в соответствии с заданием в среде AutoCAD расчетные положения горных работ на каждом горизонте участка борта карьера, планируемые к отработке в течение определенного, но пока не установленного времени.

Моделирование осуществляется от существующего (исходного) положения горных работ:

а) при заданном годовом подвигании на одном из «опорных» уступов (60 -70 м/год) и сохранении или создании на остальных горизонтах рабочих площадок требуемой ширины (40 м);

б) при остановке верхнего уступа и приведении в законсервированный вид всех нижележащих горизонтов (ширина площадки консервации 19 м);

в) при заданном годовом подвигании работ на «опорном» горизонте и с последующим приведением всех уступов в законсервированное положение (ширина площадки консервации 19 м).

В первом случае участок борта полностью расконсервируется и приводится в рабочее состояние для дальнейшей интенсивной отработки.

Во втором случае на участке борта уступы консервируются сверху вниз без подвигания работ на верхнем уступе, тем самым между исходным и планируемым положением карьерного пространства определяется объем подготовленных к моменту начала планирования запасов горной массы.

В третьем случае моделируется и планируется поэтапное перемещение борта, предусматривающее поочередную расконсервацию и консервацию каждого уступа в течение определенного промежутка времени.

В главе кратко описываются действия, приводящие к созданию исходной геоинформационной модели участка борта карьера. Описываются принципы моделирования планируемых положений горных работ и создания информационных слоев. Приводятся сведения о сформированном файле **xxx.dwg –** модели исходного и планируемых положений карьерного пространства. Приводится чертеж (распечатка на принтере) векторизованного исходного участка борта формата А4, переведенный из базового масштаба 1:1000 в 1:5000 (1:2000) и сводные планы М 1:5000 планируемых положений борта карьера (рабочее, законсервированное).

Глава 2. Расчет планируемых объемов выемки горной массы на участке борта

При подготовке главы разработчик проекта на основании ранее произведенных горно-геометрических расчетов вычисляет с помощью средств Auto-CAD количественные характеристики планируемых подвиганий горных работ. Объемы горных работ, планируемые к выемке на каждом горизонте, рассчитываются по данным моделирования и заключены между поверхностью исходного положения карьерного пространства и поверхностью рабочей зоны с заданными при моделировании параметрами. При этом в плане отрабатываемые горизонты разделяются на зоны-прирезки, соответствующие исходному и моделируемому положению горных работ.

Объем горной массы на каждом горизонте определяется по выражению:

$$V = S_{гм} \cdot H_{у},$$

где $H_{у}$ – высота уступа, м

$S_{гм}$ - площадь горной массы на горизонте, м^2.

В среде AutoCAD площадь горной массы рассчитывается как площадь многоугольника, заключенного между исходным и планируемым положениями на каждом горизонте отрабатываемого участка.

В главе следует описать принцип определения зон-прирезок на каждом горизонте и привести таблицы (табл. 1.1), характеризующие планируемые к выемке объемы горных работ, планируемые к выемке на участке борта для трех исследуемых случаев:

а) приведение участка борта в рабочее состояние;

б) расчет объемов подготовленных запасов;

в) поэтапное перемещение борта с поочередной расконсервацией и консервацией.

Результаты работы следует представлять в пояснительной записке в виде таблиц.

Таблица 1.1

Отметка горизонта, м	**Площадь прирезки $S_м$, мм^2**	**Площадь прирезки $S_п$, м^2**	**Высота уступа $H_у$, м**	**Объем работ на горизонте V, м^3**
…	…	…	…	…
Всего:	…	…	…	…

Глава 3. Обоснование порядка отработки участка борта

Задачей настоящей главы проекта является обоснование порядка приведения участка борта к конструкции, соответствующей наличию на нем рабочих площадок.

При подготовке главы следует:

– изготовить совмещенные поперечные разрезы, характеризующие исходное и планируемое положения горных работ для всех трех исследованных случаев:

а) приведение участка борта в рабочее состояние;

б) расчет объемов подготовленных запасов;

в) поэтапное перемещение борта с поочередной расконсервацией и консервацией;

– принять в соответствии с заданием типовую ширину взрывного блока (в задании на выполнение проекта предполагается, что взрывание - трехрядное); на сечении, характеризующем планируемое развитие горных работ, обеспечивающем приведение участка борта в рабочее состояние, разделить каждый отрабатываемый горизонт на ряд последовательных зон-участков, соответствующих по ширине взрывному блоку;

– проанализировать полученные изображения и в случае несовпадения границы последнего взрывного блока и планируемой границы горных работ на горизонте скорректировать чертеж. Корректировка заключается в увеличении ширины первого от выработанного пространства или последнего взрывного

блока. Ширина взрывного блока увеличивается пропорционально расстоянию между рядами скважин;

– сопоставляя величину фактической площадки на горизонте и ширину отрабатываемого взрывного блока с принятой минимальной шириной рабочей площадки (40,0 м) пронумеровать, начиная с верхнего горизонта на поперечном сечении (1, 2, 3…) последовательность возобновления горных работ по глубине рабочей зоны. При нумерации необходимо иметь в виду, что одинаковыми цифрами на смежных по высоте горизонтах отмечаются блоки, отрабатываемые параллельно и одновременно.

Последовательность отработки смежных уступов на перемещаемом участке борта принимать исходя из следующих условий:

– *одновременная отработка уступов* – применяется при наличии на каждом из отрабатываемых горизонтов готовых к выемке запасов (уширенной рабочей площадки). В этом случае экскаваторы перемещаются на каждом горизонте независимо от положения забоев на выше- и нижележащих уступах;

– *последовательно-параллельная отработка уступов* – используется при наличии на отрабатываемых горизонтах рабочих площадок минимальной ширины, достаточной для удержания на них развала горной массы и размещения выемочного и транспортного оборудования. В этом случае экскаватор, расположенный на нижележащем уступе следует за экскаватором, установленном на вышележащем уступе и создающем резерв готовых к выемке запасов нижнему экскаватору;

– *последовательная отработка уступов* – применяется при отсутствии площадок достаточной ширины, что соответствует расконсервации нерабочего или долговременно законсервированного борта. В этом случае перемещение верхнего законсервированного уступа без подвигания остальных производится до тех пор, пока на нижележащем уступе не будут созданы готовые к выемке запасы или рабочая площадка требуемой (проектной) ширины.

По результатам выполненной работы в пояснительной записке описывается порядок графических построений, анализируется необходимость изменения ширины первого или последнего взрывного блока на каждом горизонте, приводятся совмещенные поперечные сечения по участку борта, фиксирующие планируемые положения горных работ с разной проектируемой конструкцией карьерного пространства (случаи а, б, в).

Глава 4. Выбор технологической схемы расконсервации перемещаемых уступов

При выборе технологической схемы отработки и расконсервации уступов пользоваться графической базой данных и учебным пособием «Технологические схемы консервации и расконсервации». Выбор осуществляется на основании анализа:

– конструкции карьерного пространства непосредственно на участке работ, в т. ч. высоты уступов, углов наклона их откосов и размеров площадок на каждом перемещаемом горизонте;

– типоразмеров применяемого выемочного оборудования: экскаваторов с обычным и удлиненным рабочим оборудованием, гидравлических экскаваторов – прямых и обратных лопат, драглайнов и пр.;

– вида и параметров транспорта, применяемого на откатке горной массы.

При расконсервации уступа с использованием автотранспорта создается разворотная площадка, на которой производятся маневры автосамосвалов и погрузка горной массы.

В главе должен быть принят типоразмер автосамосвала и приведен расчет разворотной площадки исходя из предположения, что на площадке осуществляется тупиковый разворот автомобиля.

Расчетное значение разворотной площадки сопоставляется с размерами предварительно планируемого на предыдущей стадии выработанного пространства, возникающего на уступе после отработки первого взрывного блока. Если расчетная ширина разворотной площадки меньше, то необходима корректировка ширины первого взрывного блока за счет увеличения количества взрываемых рядов.

В пояснительной записке приводится сравнительная таблица, характеризующая окончательно принятые параметры первоначальных взрывных блоков и площадок, возникающих при их отработке на каждом из перемещаемых уступов.

В графическом приложении на совмещенном поперечном сечении по участку борта показывается окончательный вариант разделения уступов на взрывные блоки при их отработке, а также чертеж (план и поперечный разрез) принятой схемы расконсервации уступов.

Глава 5. Разработка календарного графика отработки участка борта

В главе решаются следующие основные вопросы:

– разрабатывается календарный график перемещения участка борта карьера в ранее установленных границах ведения горных работ;

– обосновывается рациональное (близкое к максимальному) количество экскаваторов, которое может быть использовано одновременно в начале отработки участка и в период полного развития горных работ на нем;

– обосновывается целесообразность перегона экскаваторов с горизонта на горизонт при отработке уступов на участке борта.

В пояснительной записке, исходя из заданной месячной производительности экскаватора и его типоразмеров, приводятся расчеты средней длительности отработки выемочных (взрывных) блоков на каждом из перемещаемых горизонтов.

Обобщенные данные расчета длительности отработки выделенных на горизонтах выемочных (взрывных) блоков приводятся в табличной форме.

На основании расчетов строится первичный совмещенный линейный график отработки участка борта, учитывающий допустимое время начала горных работ на каждом горизонте.

На основании анализа графика принимается решение о необходимости перегона экскаваторов с горизонта на горизонт и переноса времени отработки некоторых блоков по условию наилучшей загрузки экскаваторов на чистой работе.

Строится окончательный график отработки участка борта, который помещается на демонстрационный лист.

В выводах по главе и проекту в целом в обязательном порядке отмечается:

– планируемый объем горных работ на участке борта;

– время отработки запланированных объемов;

– количество экскаваторов, планируемых к использованию;

– общая идея отработки участка борта (нисходящая отработка, отработка одним экскаватором группы уступов, последовательно-параллельная отработки и пр.);

– краткое описание принятых технологических схем возобновления горных работ на уступах;

– сопоставление объемов горных работ, необходимых для приведения участка борта в рабочее состояние в сравнении с поэтапным перемещением борта (попеременная консервация и расконсервация).

1.3. Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

Текстовая часть проекта оформляется в виде сброшюрованной записки в мягком переплете. Записка включает:

– титульный лист, оформленный в соответствии с прил. 1;

– оригинал задания на выполнение курсового проекта, подписанный руководителем проекта. Общие исходные данные для выполнения проекта приведены в прил. 2;

– оглавление, размещаемое после Задания на проектирование с перечислением всех разделов проекта и их постраничным размещением. Образец оглавления приведен в прил. 3;

– собственно текст записки с обоснованиями, схемами и расчетами.

Пояснительная записка объемом 18 - 20 с. формируется с использованием текстового редактора Word на листах формата А4, размер шрифта - 14, междустрочный интервал - одиночный, шрифт – Times New Roman.

Формулы в тексте пояснительной записки вставляются в отдельную строку с помощью средств Word. При этом сначала записывается формула, ставится знак равенства, в формулу подставляются численные значения переменных, а затем пишется результат расчета и указывается его размерность (тыс.м^3, м^2 и т. п.).

Ниже формулы по тексту дается расшифровка входящих в формулу параметров, в скобках указывается принятая при расчетах величина и размерность.

Таблицы и рисунки, приводимые в записке, нумеруются по главам. Например в главе 2 первый рисунок (таблица) имеет номер 2.1, второй рисунок (таблица) – 2.2 и т.д. Таблицам и рисункам в тексте присваиваются названия.

При включении в текст рисунка его название и номер ставятся под рисунком, например: Рис.3.1. Поперечное сечение I-I по анализируемому участку борта.

1.4. Требования к оформлению графической части проекта

Графическая часть курсового проекта представляется одним листом формата А1. Построения выполняются с использованием средств AutoCAD.

При построениях соблюдаются следующие правила:

– общий чертеж генерируется в формате листа А1 и распечатывается на плоттере целиком. Допускается печать фрагментов на листах формата А4 и наклеивание на общий чертеж;

– размеры уступов, площадок и прочих элементов горных работ указываются с точностью, принятой для измерения данных параметров;

– построение изображений осуществляется в соответствии с требованиями принятых стандартов и правил изображения элементов горных работ;

– допускается выделение цветом некоторых элементов графики (подвигание горных работ на опорном горизонте, линии, характеризующие длительность отработки уступов, и пр.).

На демонстрационном листе в обязательном порядке должны быть показаны:

- исходное положение горных работ на участке борта;
- одно из двух характерных расчетных совмещенных поперечных сечений по участку с указанием:

а) профиля исходного и планируемого положения рабочей зоны с рабочими площадками заданной ширины;

б) профиля исходного и планируемого положения рабочей зоны при перемещении борта и последующей его консервации;

- технологические схемы возобновления горных работ на уступе;
- календарный график ведения работ при приведении участка борта в рабочее положение;
- план гор. +62 м: исходное и планируемое положения горных работ.

Пример размещения изображений на листе формата А1 приведен в прил. 4.

По согласованию с руководителем проекта допускается часть графического материала помещать в пояснительную записку в том случае, когда часть изображений не размещается на листе.

При формировании графического приложения допускается использовать стандартные элементы, содержащиеся в графической базе данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов».

Угловой штамп оформляется по типовым правилам. Содержимое штампа приведено в прил. 5.

2. ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Подготовка исходных данных для автоматизированного планирования: сканирование и векторизация графических документов

В процессе автоматизированного планирования специалисты горного предприятия в вариантах анализируют направления подвигания уступов в рабочей зоне карьера с целью установления положений горных работ, обеспечивающих выемку заданных объемов полезного ископаемого требуемого качества и извлекаемых при этом пород вскрыши.

При нормальной эксплуатации геоинформационных пакетов текущие положения уступов, измененные по мере их отработки, вносит в модель рабочей зоны маркшейдерская служба.

При первоначальном же создании модели карьерного пространства наиболее часто используется сканирование горно-графической документации, представленной на «твердых» носителях (бумага, картон, лавсановая пленка), как средство получения электронной копии бумажных документов, в частности - сводных планов горных работ.

В последствии сканированные изображения перерабатываются с использованием соответствующих программных средств и представляются в координатной форме (векторизуются) для обеспечения возможности моделирования перемещения рабочей зоны на горизонтах, подсчета объемов выемки, корректировки текущих положений уступов и пр.

Целью лабораторной работы является освоение программных средств и методики сканирования горных графических документов, а также векторизация фрагмента сводного плана горных работ для дальнейших горно-геометрических расчетов.

Программные средства и техническое обеспечение – планшетный сканер с набором драйверов, программа, для сканирования и редактирования растровых изображений **PhotoPlus**, графическая система **AutoCAD**.

Задачи работы:

- создать растровую компьютерную копию исходного положения горных работ на участке карьерного пространства;
- векторизовать растровую копию;
- создать базовую геоинформационную модель рабочей зоны карьера.

Исходные данные:

план участка борта карьера масштабом 1:5000 или 1:2000.

Порядок выполнения работы:

Получить задание – выкопировку из плана горных работ от преподавателя.

Отсканировать изображение участка борта карьера, для чего:

Заправить чертеж в сканер лицевой стороной вниз (изображением к сканирующей головке).

Вызвать программу iPhotoPlus.

Загрузить программу сканирования изображения командой File/Acquire (рис.2.1).

Рис.2.1. Запуск режима сканирования

В открывшимся диалоговом окне (рис.2.2) задать следующие параметры сканирования:

- **Scan mode** (режим сканирования) – Gray (градации серого цвета);
- **Scan size** (формат) – A4;
- **Resolution** (разрешение) – 100 dpi (точек на дюйм);
- **Scaling** (масштаб) – 100%.

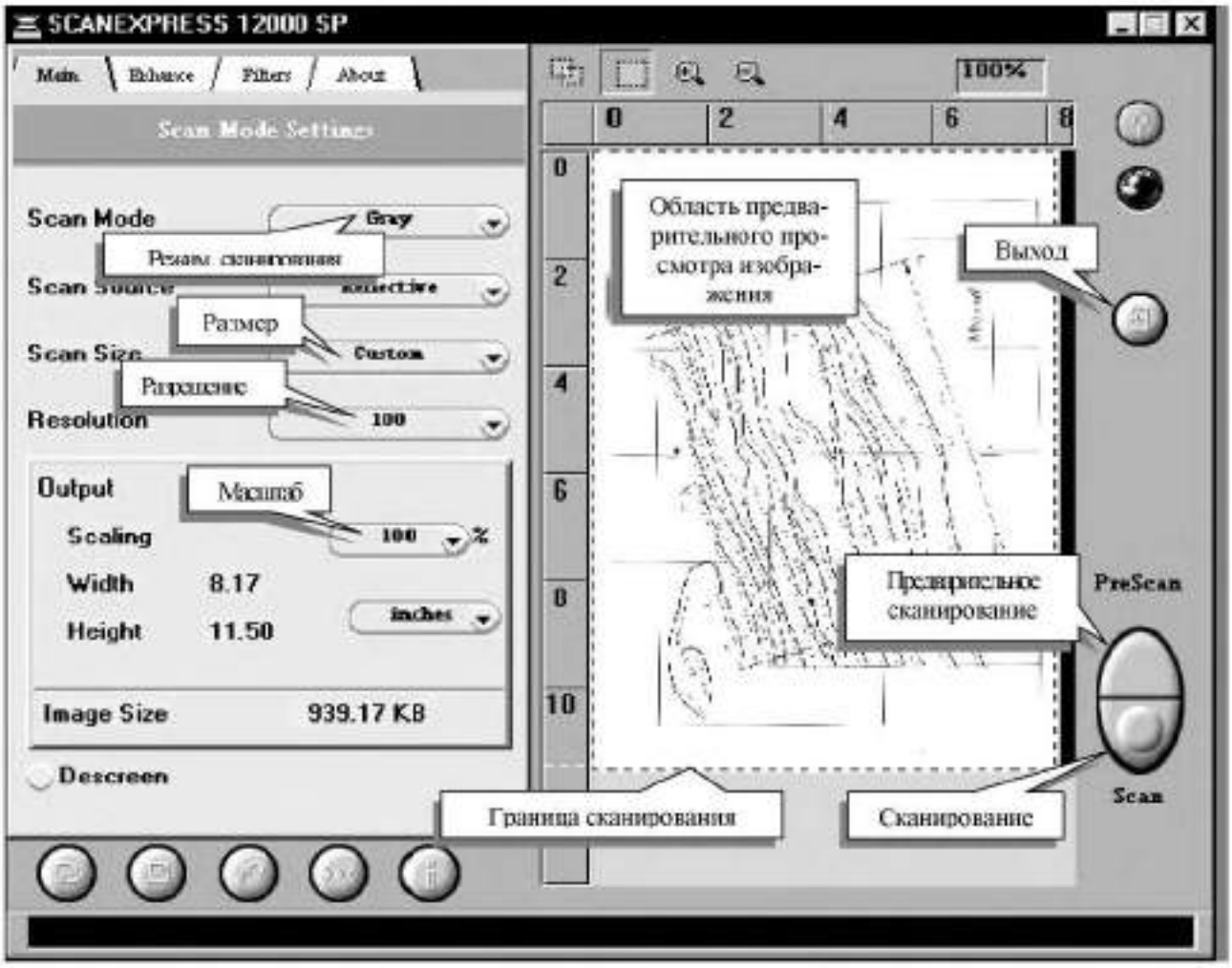


Рис.2.2. Диалоговое окно программы сканирования изображений

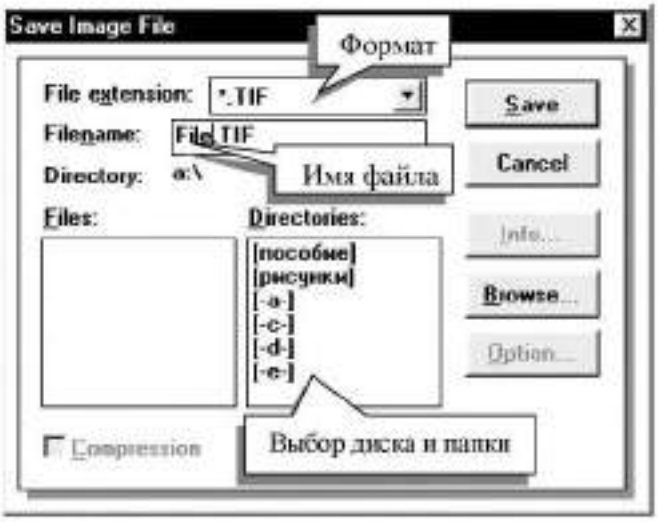


Рис.2.3. Диалоговое окно сохранения растрового изображения

Произвести сканирование.

Зарыть программу сканирования изображения.

Полученная растровая копия сохраняется в виде файла **<имя файла>.TIF**[1] - команда **File/Save** (рис.2.3).

Закрыть программу **iPhotoPlus** – команда **File/Exit**.

Загрузить **AutoCAD-2000** и через пункт главного меню **Вставка/Растровое изображение** (рис.2.4) выбрать сканированный и сохраненный в соответствующем каталоге файл (**<имя файла>.tif**).

При загрузке растрового файла **AutoCAD** предлагает диалоговое окно, которое содержит следующие основные настроечные параметры (рис.2.5):

Insertion point (точка вставки) – по умолчанию вставляемый объект устанавливается в начале координат (0, 0, 0) – при выполнении лабораторной работы сканированное изображение помещается в начало координат.

Scale (масштаб) – позволяет уменьшить или увеличить размер вставляемого фрагмента. Поскольку сканированные объекты, сохраненные в формате **.tif** не искажаются (размеры реального изображения и размеры растровой модели – 1:1), то для выполнения лабораторной работы *Scale=5*. В этом случае масштаб сканированного чертежа, представляемого в компьютере, станет 1:1000 (1 мм чертежа – 1 м местности), что удобно для дальнейших горно-геометрических расчетов.

Rotation (поворот) – позволяет поворачивать сканированное изображение относительно левой нижней точки чертежа на экране. Для по-

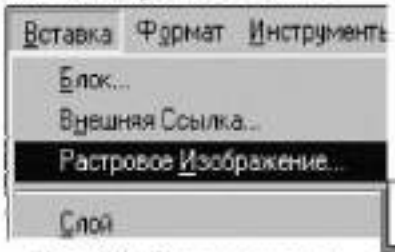


Рис.2.4. Включение режима вставки растрового изображения

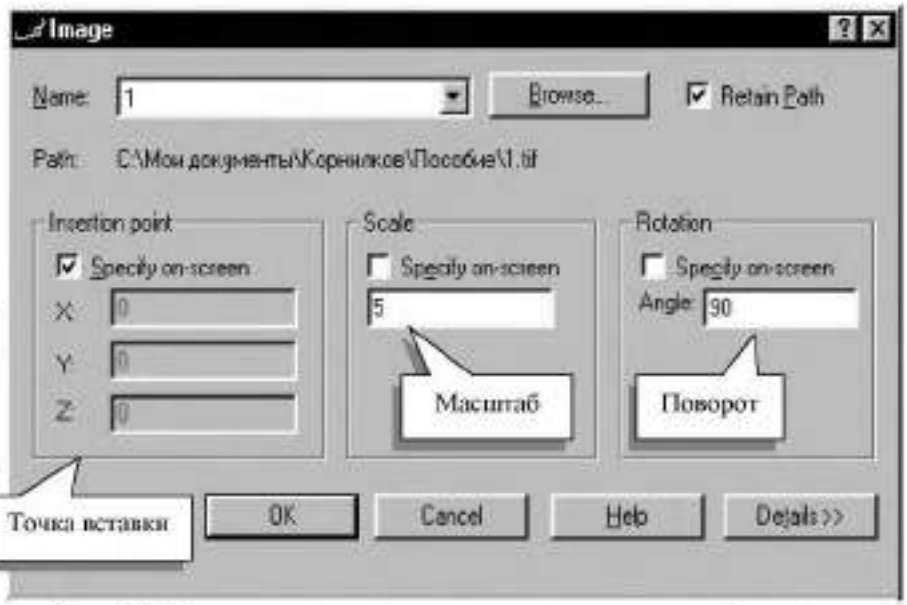


Рис.2.5. Диалоговое окно вставки растрового изображения

[1] Имя файла формируется из первых трех букв фамилии студента в латинской транскрипции. Например: фамилия студента – Иванов, имя файла - **iva.tif** или **iva2.tif**

ворота по часовой стрелке задается угол, измеренный в градусах со знаком «-» (например «-90»). Это часто необходимо для того, чтобы разместить на экране растровое изображение в привычном виде. При выполнении лаб. работы повернуть сканированное изображение горизонтально. Нижние горизонты – в нижней части экрана.

Импортированный в AutoCAD растровый фрагмент необходимо сохранить в соответствующем каталоге расширением **.DWG** (команда **File/Save**). Полученный файл является исходной «подложкой» для создания векторной копии сканированного исходного положения горных работ.

Векторная модель горных работ создается путем обвода верхних и нижних бровок уступов растрового («подложки») изображения ломаными линиями, для чего:

• создать для «подложки» и каждого рабочего горизонта свой информационный слой. Именем слоя будет являться высотная отметка горизонта (например: гор. 122). Создание информационных слоев осуществляется с помощью главного меню: **Формат/Слой** в открывшимся диалоговом окне кликнуть кнопку **«Новый»** и ввести имя слоя; в разделе **«Цвет»** задать любой, отличный от белого (одинаковый для всех слоев за исключением подложки), кликнуть, «**ОК**»;

• зафиксировать с помощью «мыши» на экране положение верхней и нижней бровки ломаными полилиниями. Каждый горизонт описывается в своем слое, поэтому перед началом обвода вызывается соответствующий слой, который назначается текущим: **Формат/Слой** (выбор «мышью» нужного слоя)» - «**Текущий**» - «**ОК**» или через панель инструментов (рис.2.6);

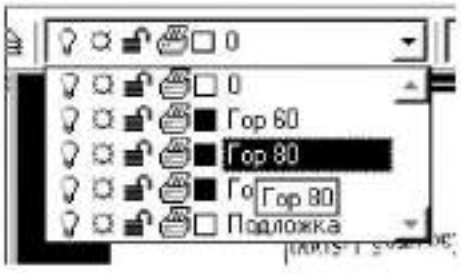


Рис.2.6. Задание текущего слоя

• обвод отдельно верхней и нижней бровки на «*подложке*»: **Черчение/Полилиния** {} . Указание начала полилинии осуществляется «мышью». Все последующие точки, должны лежать на обводимой бровке, их положение фиксируется нажатием левой клавиши мыши (**ЛКМ**). Окончание ввода полилинии – «правая клавиша мыши (**ПКМ**)» или клавиша «**Enter**». В ходе векторизации изображение может увеличиваться кнопка {} и позиционироваться – {};

• переходом от верхней бровки к нижней, от слоя к слою (от горизонта к горизонту и обводом их бровок) формируется геоинформационная векторная модель рабочей зоны на участке борта карьера. По окончании обвода «*подложку*» можно «*стереть*», т. е. отключить ее информационный слой {}.

• назначить вес (толщину) линий верхней и нижней бровок уступов (0,7 и 0,2 мм соответственно). Для этого воспользоваться панелью инструментов **AutoCAD** (рис.2.7).

Действия повторить для всех информационных слоев-горизонтов.

Отчетность по работе:

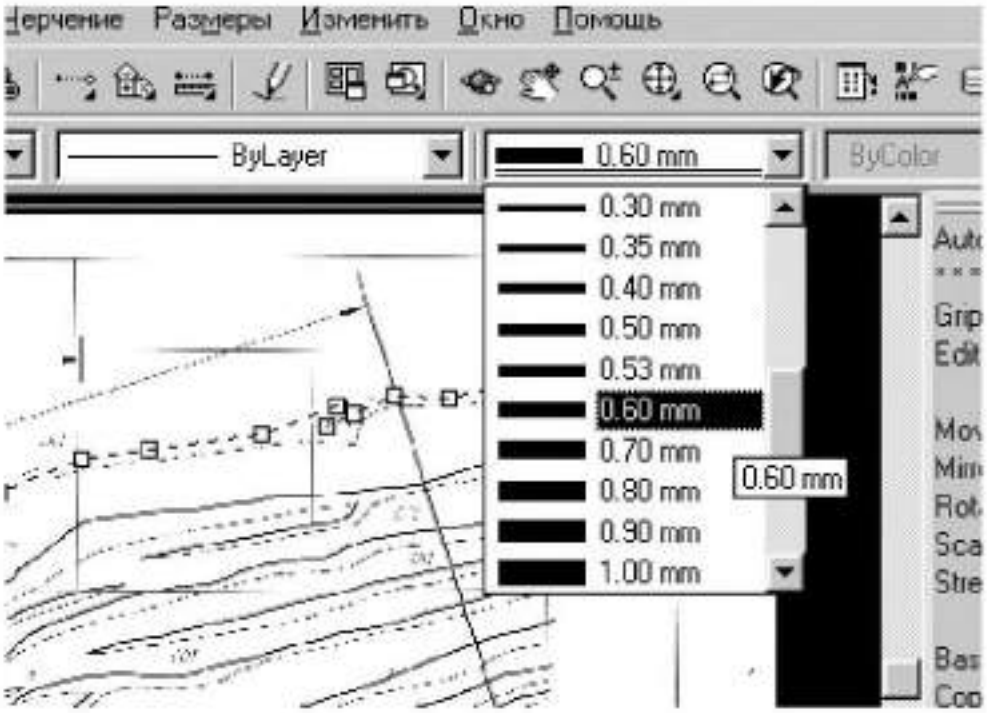


Рис.2.7. Задание веса полилинии

Файл <имя файла>.dwg – геоинформационная модель рабочего пространства участка карьера.

Чертеж (распечатка принтере) векторизованного участка борта формата А4, переведенный из базового масштаба 1:1000 в 1:5000 (1:2000).

2.2. Моделирование подвигания рабочей зоны

В практике планирования открытой разработки наиболее часто решаются две горно-геометрических задачи:

задача 1 - определение промежуточного положения рабочей зоны на участке борта при заданном подвигании горных работ на одном из рабочих горизонтов;

задача 2 - определение допустимого подвигания рабочей зоны на нижних горизонтах при консервации одного из верхних уступов.

При решении *задачи 1* на одном из «*опорных*» горизонтов чаще всего назначают необходимое годовое подвигание фронта работ и от этого планируемого положения вверх и вниз отстраивают текущие положения уступов с рабочими площадками расчетной ширины. Этим самым определяются объемы горной массы, которые могут быть извлечены с участка борта в течение года при заданной интенсивности его отработки.

При решении *задачи 2* положение верхнего уступа фиксируется и вниз от него отстраиваются площадки консервации. При этом устанавливается конфигурация законсервированного борта в плане, а также обоснуются максимально возможные объемы горной массы, извлекаемые при консервации участка борта. Вторым назначением решения данной задачи является определение величины подготовленных запасов на анализируемом участке борта и установление допустимого количества новых горизонтов, которые можно вовлечь при этом в разработку.

Целью лабораторной работы является освоение программных средств **AutoCAD** применительно к методике компьютерного моделирования перемещения горных работ на участке борта.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы: рассчитать конечные положения горных работ на участке борта карьера:

1 – при заданном годовом подвигании одного из «опорных» уступов (60-70 м/год) и сохранении или создании на остальных горизонтах рабочих площадок требуемой ширины (40 м);

2 – при остановке верхнего уступа и приведении в законсервированный вид всех нижележащих горизонтов (ширина площадки консервации 19 м);

3 – при заданном годовом подвигании работ на «опорном» горизонте и с последующим приведением всех уступов в законсервированное положение (ширина площадки консервации 19 м).

Порядок выполнения работы:

Приступить к решению задачи 1

Назначить информационные слои для размещения данных о моделируемых положениях горных работ на каждом горизонте. Количество новых слоев соответствует количеству горизонтов на анализируемом участке (примерное название слоя «*Новый гор 92*»).

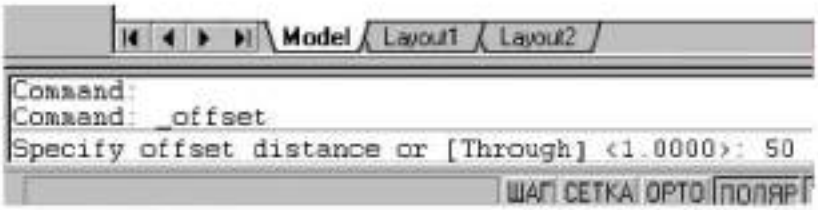


Рис.2.8. Задание величины подвигания уступа

Назначить *текущим* {} *«опорный горизонт»* - гор. +62 м).

Переместить верхнюю и нижнюю бровки уступов на величину 45 - 50 м. Для этого выбрать на левой панели иконку **«Сдвиг»** {}. Ввести в нижнюю командную строку *«Specify offset distance or [Through] <0.0>: …»* (см. рис.2.8) требуемую величину подвигания уступа, например 50 м, в соответствии с масштабом геоинформационной модели в миллиметрах чертежа (в данном примере М 1:1000, 1 м = 1 мм) – «**Enter**»; выбрать курсором перемещаемый объект (верхняя бровка) – **ЛКМ**; указать на экране направление перемещения объекта – **ЛКМ** (рис.2.9).

От верхней бровки отстроить планируемое положение нижней бровки сдвигом на величину горизонтальной проекции откоса рабочего уступа. Угол откоса рабочего уступа принять 70^0. Изменить *вес* (толщину) линии нижней бровки с 0,7 до 0,2 мм (рис.2.10).

Сохранить новое полученное положение горных работ на гор. +62 м в новом слое, погасить исходный.

Последовательно отстроить необходимое количество планируемых положений горных работ на вышележащих и нижележащих уступах, постоянно сохраняя их координаты в соответствующих новых информационных слоях.

Рис.2.9. Моделирование верхней бровки

Необходимо на каждом шаге создания модели рабочей зоны следить за тем, чтобы новое положение каждого уступа совпадало или перекрывало исходное. При этом:

- если, существующий уступ перекрывается моделируемым частично то изменению подлежит только перекрытая уступом область (рис.2.11);
- если существующий уступ полностью перекрывается моделируемым то изменению подлежит весь фронт уступа (рис.2.12);
- если существующий уступ не перекрывается моделируемым то положение уступа остается неизменным.

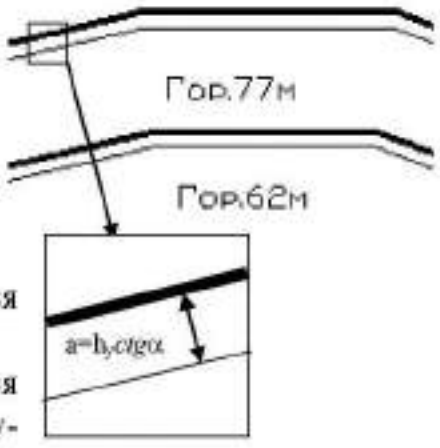


Рис.2.10. Задание положения нижней бровки моделируемого уступа

При решении задачи 2 так же пользоваться функцией **«Сдвиг»**. При этом опорный горизонт будет верхним (например гор. 152 м) и все графические построения пойдут от него вниз с шагом, равным ширине площадки консервации.

Отчетность по работе:

1. Файл, включающий исходное и моделируемое положения рабочей зоны на горизонтах анализируемого участка борта.
2. Чертежи М 1:5000 планируемых положений борта карьера (рабочее, законсервированное).

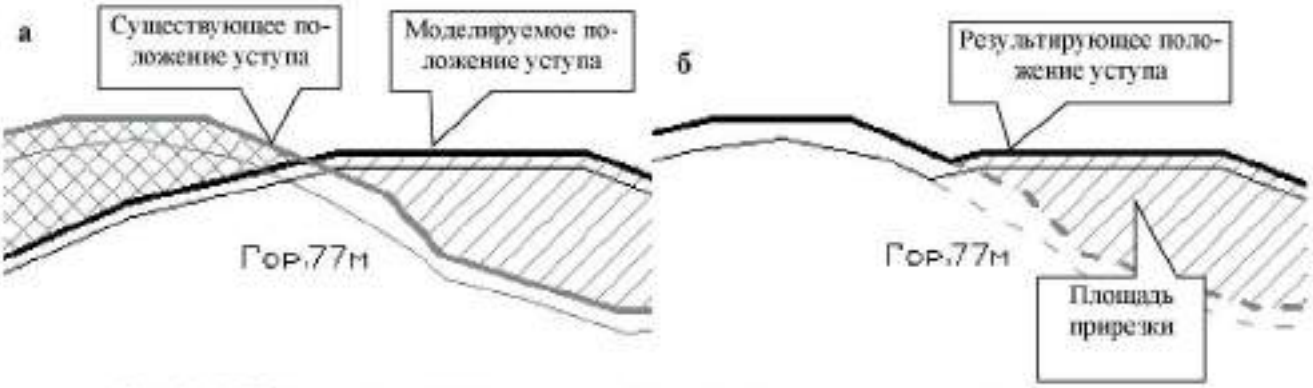


Рис.2.11.Частичное пересечение существующего положения уступа моделируемым:
а - положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа

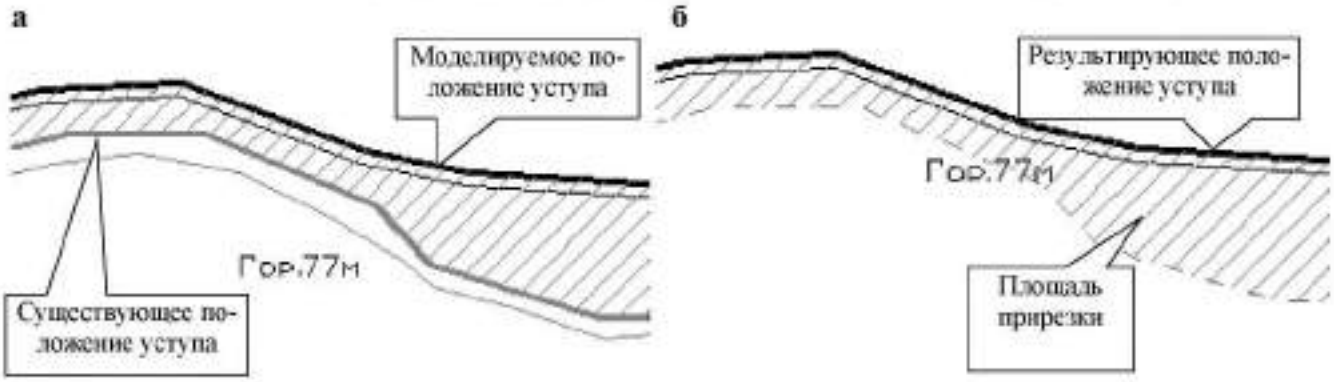


Рис.2.12.Полное пересечение существующего положения уступа моделируемым:
а - положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа.

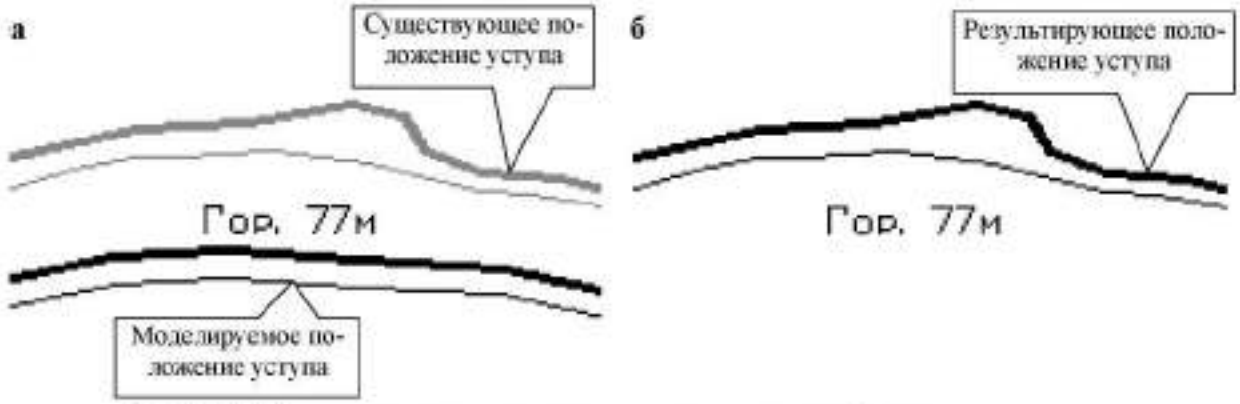


Рис.2.13. Перемещение вышележащего уступа не требуется:
а – исходное положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа

2.3. Автоматизированный подсчет объемов выемки горной массы

Объем горной массы на каждом горизонте определяется по выражению:

$$V = S_{\text{ГМ}} \cdot H_{\text{у}},$$

Где $H_{\text{у}}$ – высота уступа, м;

$S_{\text{ГМ}}$ - площадь горной массы на горизонте, м^2.

Площадь горной массы на горизонте рассчитывается как площадь многоугольника, заключенного между исходным и планируемым положениями рабочей зоны.

Цель работы: изучение программных средств AutoCAD применительно к автоматизированным горно-геометрическим расчетам.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы: рассчитать объемы горных работ, извлекаемые при годовом перемещении горных работ на участке борта и при постановке борта в консервацию.

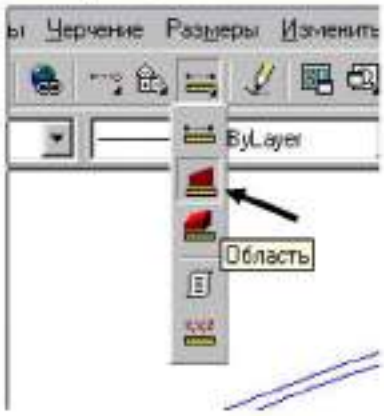


Рис.2.14. Меню измерительных инструментов

Порядок выполнения работы:

Загрузить файлы, характеризующие модели исходного и планируемого положения горных работ. В качестве планируемого положения принять модель, построенную по заданному подвиганию горных работ на «опорном» горизонте.

Последовательно загрузить из обеих моделей информационные слои, характеризующие исходное и планируемое положения горных работ на анализируемых горизонтах (например, слой «Гор137» и слой «Новый гор 137»).

Объединить полилинии верхних (нижних) бровок в единый многоугольник. Для этого:

- в графическом меню измерительных инструментов выбрать пункт «область» ЛКМ (рис.2.14);
- в экранном меню выбрать пункт **«boundar»** (рис.2.15);
- в открывшемся диалоговом окне **«Создание Границы»** (рис.2.16) кликнуть по кнопке пункта **«new»;**
- указать ЛКМ полилинии, ограничивающие область прирезки (старое и новое положение верхней бровки на уступе, границы участка), ввод заканчивается ПКМ (рис.2.17);
- в диалоговом окне «Создание Границы» (рис.2.18) кликнуть по кнопке пункта «**выбор точки**» и указать точку внутри области прирезки **ЛКМ** ввод заканчивается **ПКМ**.

Рис.2.15. Экранное меню

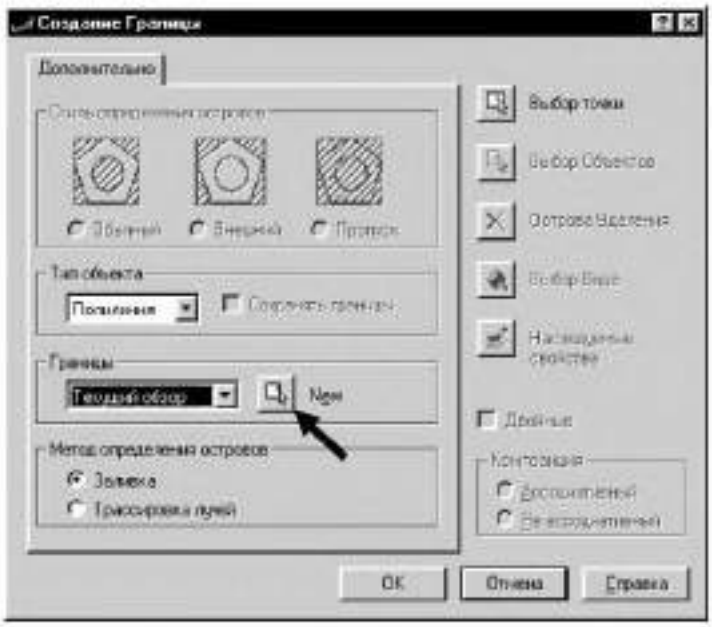


Рис.2.16. Диалоговое окно «создание границы»

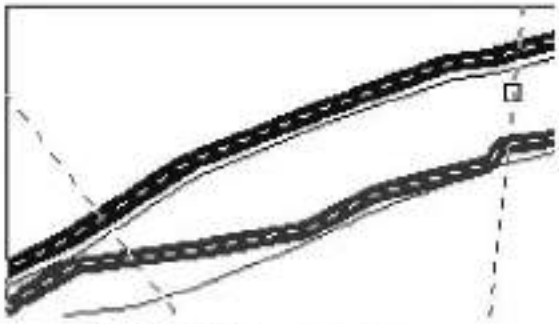


Рис.2.17.Создание границы

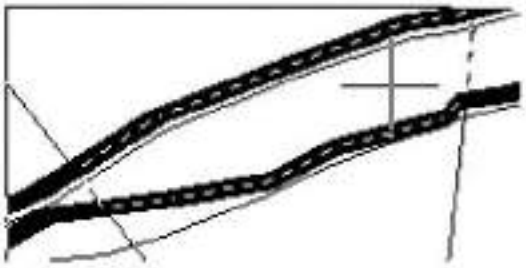


Рис.2.18. Создание замкнутого контура

В экранном меню последовательно выбрать пункты Area: и Object. В качестве объекта указать созданный контур прирезки.

В командной строке появится сообщение «Area = …», характеризующее площадь замкнутого многоугольника в мм^2 модели $S_м$. Результат записать в табл.1. по номерам соответствующего горизонта (в примере – гор.137)

Вычислить истинную площадь многоугольника $S_и$ (в м^2), используя выражение $S_и=S_м \cdot k_п$, где $k_п$ – коэффициент, пропорциональный квадрату масштаба модели. Если модель построена в М 1:1000, то $k_п=1$, при М 1:2000 - $k_п=4$, при М 1:5000 - $k_п=25$ и т.п. Поскольку базовый масштаб моделей участка борта – 1:1000, то $S_и=S_м$ ($k_п=1$)

Повторить действия для всех предполагаемых к отработке горизонтов на участке борта. Результаты записать (табл.3.1).

Вычислить объемы работ, планируемые к выемке на каждом горизонте, умножая рассчитанную площадь прирезки на высоту соответствующего уступа.

Отчетность по работе:

Результатом проделанной работы является таблица, характеризующая планируемый объем горных работ на участке борта следующего вида.

Таблица 2.1

Отметка горизонта, м	Площадь прирезки $S_м$, мм^2	Площадь прирезки $S_и$, м^2	Высота уступа $H_у$, м	Объем работ на горизонте V, м^3
…	…	…	…	…
ВСЕГО:	…	…	…	…

2.4. Обоснование порядка отработки участка рабочего борта

Отработка каждого из уступов на перемещаемом участке борта возможна в нескольких вариантах:

одновременная – при наличии на каждом из отрабатываемых горизонтов готовых к выемке запасов (уширенной рабочей площадки). В этом случае экскаваторы перемещаются на каждом горизонте независимо от положения забоев на выше- и нижележащих уступах;

последовательно-параллельная – при наличии на отрабатываемых горизонтах рабочих площадок минимальной ширины, достаточной для удержания на них развала горной массы и размещения выемочного и транспортного оборудования. В этом случае экскаватор, расположенный на нижележащем уступе следует за экскаватором, установленном на вышележащем уступе и создающем резерв готовых к выемке запасов нижнему экскаватору;

последовательная – при отсутствии площадок достаточной ширины, что соответствует расконсервации нерабочего или долговременно законсервированного борта. В этом случае перемещение верхнего законсервированного уступа без подвигания остальных производится до тех пор, пока на нижележащем уступе не будут созданы готовые к выемке запасы или рабочая площадка требуемой (проектной) ширины.

Таким образом, общий порядок и время отработки заданного объема горной массы, прежде всего, зависят от возможности одновременной или последовательной расстановки экскаваторов на уступах по высоте перемещаемого борта, что в свою очередь определяется конструкцией рабочего пространства конкретного участка карьерного поля.

Целью лабораторной работы является установление порядка отработки участка карьерного поля по глубине.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы:

1) создать характерное совмещенное поперечное сечение, характеризующее начальное и планируемое положения горных работ на отрабатываемом участке;

2) произвести увязку перемещающихся горных работ с параметрами системы разработки: величиной рабочей площадки минимальной ширины и взрывного блока (экскаваторной заходки);

3) обосновать порядок отработки участка карьерного поля по глубине и максимально возможное количество участвующих в этом процессе экскаваторов.

Исходные данные: компьютерные модели участка борта карьера (исходное и планируемое положения горных работ) масштабом 1:5000 или 1:2000.

Порядок выполнения работы:

Вызвать на экран исходную модель рабочего пространства участка борта.

Назначить и зафиксировать на плане по согласованию с преподавателем положение секущей плоскости на плане (рис.2.19).

Создать макет сечения по борту карьера, для чего параллельно секущей в М 1:5000 создать с шагом, равным высоте уступа, ряд линий, соответствующих высотным отметкам отрабатываемых горизонтов (рис.2.20).

Из точек пересечения секущей с верхними и нижними бровками уступов модели борта провести перпендикуляры до макета сечения (до линий с соответствующими высотными отметками горизонтов), рис.2.21.

Объединить полученную в результате построений ломаную – сечение по борту, в единую полилинию (рис.2.21), присвоить ей толщину 0,6 мм. Вспомогательные построения удалить (рис.2.22).

Аналогичным образом построить сечение планируемого положения горных работ. Получить распечатку.

Принять минимальную ширину рабочей площадки 40 - 50 м, ширину взрывного блока – 20 м.

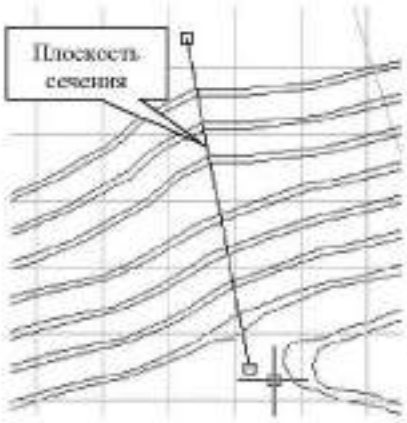


Рис.2.19. Задание плоскости сечения

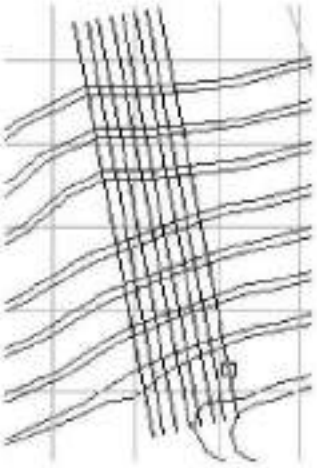


Рис.2.20. Макет сечения

Рис.2.21. Построение сечения борта карьера

Рис.2.22. Сечение борта карьера

Вручную в масштабе разделить каждый отрабатываемый горизонт на блоки-заходки принятой ширины, как это показано на рис. 2.23.

Сопоставляя величину фактической площадки на горизонте и ширину отрабатываемого взрывного блока с принятой минимальной шириной рабочей площадки (40,0 м), пронумеровать, начиная с верхнего горизонта на поперечном сечении (1, 2, 3…) последовательность возобновления горных работ по глубине рабочей зоны.

При нумерации необходимо иметь в виду, что одинаковыми цифрами отмечаются блоки, отрабатываемые параллельно (например «3»-«3»). Для примера на рис.2.23 горные работы на гор. 92 м могут быть начаты после того, как отработана заходка 1 (гор. 107 м), создающая площадку нормальной величины B_p, т.е. гор. 92 м подлежит расконсервации. Далее гор.92м отрабатывается параллельно с гор. 107 м.

Рис.2.23. Исходное и планируемое положения борта карьера

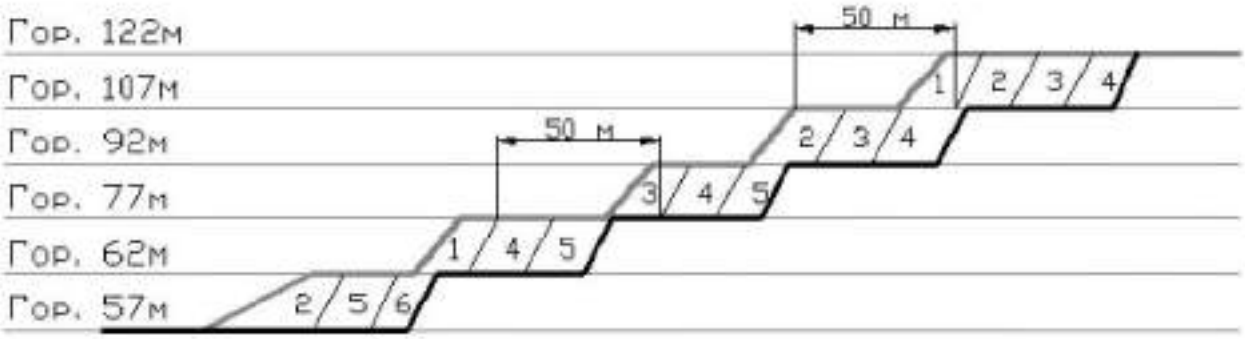


Рис.2.24. Схема к определению порядка отработки:
1, 2, 3, 4, 5, 6 порядок отработки заходок

Работы на гор.62 м могут первоначально вестись одновременно с отработкой гор. 107 м, однако затем горные работы должны быть на какое-то время приостановлены, поскольку на гор. 77 м ширина площадки сокращается до ширины законсервированной ($B_к$).

Из рис. 2.24 видно, что количество экскаваторов, отрабатывающих участок борта, может возрастать от 2 до 4.

Отчетность по работе:

1. Файл XXX.DWG – совмещенное поперечное сечение по участку борта карьера (исходное и планируемое положения).
2. Совмещенное поперечное сечение по участку борта в М 1:5000 или М 1:2000 с разделением каждого горизонта на блоки и нумерация их по порядку вовлечения в разработку.
3. Сведения о максимальном количестве экскаваторов, используемых в начале отработки участка и предполагаемом их количестве в период полного развития работ.

2.5. Выбор технологической схемы расконсервации уступов

При выборе технологической схемы отработки и расконсервации уступов пользоваться графической базой данных и учебным пособием «Технологические схемы консервации и расконсервации».

Выбор технологической схемы осуществляется на основании анализа:

- конструкции карьерного пространства непосредственно на участке работ, в т.ч. высоты уступов, углов наклона их откосов и размеров площадок на каждом перемещаемом горизонте;
- типоразмеров применяемого выемочного оборудования: экскаваторов с обычным и удлиненным рабочим оборудованием, гидравлических экскаваторов – прямых и обратных лопат, драглайнов и пр.;
- вида и параметров транспорта, применяемого на откатке горной массы.

Самым простым вариантом расконсервации участка погашенного борта является последовательная отработка уступов сверху вниз с созданием на них рабочих площадок. Данный вариант расконсервации возможен, если расширение площадок до параметров рабочих производится на отдельном участке борта и не влияет на развитие горных работ в карьере.

При расконсервации уступа с использованием автотранспорта создается разворотная площадка, на которой производятся безопасные маневры автосамосвалов и погрузка горной массы.

Целью лабораторной работы – выбор технологической схемы расконсервации перемещаемого уступа.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая база данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов»

Задачи работы:

1) изучить технологические схемы консервации и расконсервации уступов, подобрать наиболее рациональную для предложенных условий;

2) рассчитать ширину разворотной площадки при расконсервации уступа с использованием средств автомобильного транспорта;

3) согласовать геометрические параметры расконсервируемого карьерного пространства на уступе с параметрами БВР и параметрами разворотной площадки;

4) уточнить параметры первого взрывного блока на каждом отрабатываемом горизонте;

5) уточнить порядок отработки каждого перемещаемого горизонта.

Исходные данные:

- совмещенное поперечное сечение по участку борта в масштабе 1:5000 или 1:2000 с разделением каждого горизонта на блоки, пронумерованные по порядку вовлечения в разработку;
- типоразмер автосамосвала, принятый на транспортировании горной массы;
- принятая ранее типовая ширина взрывного блока.

Порядок выполнения работы

Изучается графическая база данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов», принципы расчета.

Производится выбор наиболее подходящих по условиям ведения горных работ технологической схемы расконсервации уступа.

Рассчитывается ширина разворотной площадки минимальной ширины, на которой производятся маневры автосамосвалов и погрузка горной массы. При тупиковом развороте автосамосвалов ее величина (м) определяется по выражению:

$$Ш_{рп} = B_a/2 + R_a + L_a/2 + 2S + Ш_{пв}$$

где B_a – ширина автосамосвала, м;

R_a – конструктивный радиус поворота автосамосвала, м;

L_a – длина автосамосвала, м;

S – безопасное расстояние от а/с до предохранительного вала (1,0 м),

$Ш_{пв}$ – ширина предохранительного вала, м.

Ширина предохранительного вала зависит от высоты вала и устойчивого угла пород (ψ), из которых вал формируется. Согласно Единым правилам безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом предохранительный вал должен быть размещен таким образом, чтобы его вертикальная ось располагалась за призмой обрушения уступа.

Высота предохранительного вала определяется как:

$$h_{пв}=0,5d_к$$

где $d_к$ – диаметр колеса самого крупного автосамосвала, используемого на уступе.

Таким образом, $Ш_{пв}$ может быть определена по выражению:

$$Ш_{пв}=2 \cdot h_{пв} \cdot ctg\ \psi$$

При ψ=45 град, $Ш_{пв}=2 \cdot h_{пв}$.

Типоразмер автосамосвала принимается самостоятельно на основании данных табл. 2.2.

Таблица 2.2

Марка автосамосвала	Параметры автосамосвалов		
	Ra, м	La, м	Ba, м
БелАЗ-540	8,3	7,25	3,48
БелАЗ-548	9,5	8,17	3,70
Белаз-549	9,5	9,70	4,90
БелАЗ-7519	12,0	11,30	6,10

Расчетное значение разворотной площадки сопоставляется с размерами предварительно планируемого на предыдущей стадии выработанного пространства, возникающего на уступе после отработки первого взрывного блока. Размеры площадки определяются графически на основании имеющегося поперечного разреза.

Если расчетная ширина разворотной площадки меньше, то производится корректировка ширины первого взрывного блока за счет увеличения количества взрываемых рядов.

Окончательно выбирается технологическая схема расконсервации уступа и выводится из базы данных на печать.

Отчетность по работе:

1. Сравнительная таблица, характеризующая окончательно принятые параметры первоначальных взрывных блоков и площадок, возникающих при их отработке на каждом из перемещаемых уступов.

Таблица 2.3

Отметка горизонта, м	Расчетная ширина разворотной площадки, м	Ширина площадки при отработке блока стандартной ширины, м	Принятая ширина первого взрывного блока на горизонте, м	Планируемая ширина разворотной площадки при возобновлении работ на горизонте, м
107	23,5	22,0	26,5	28,5
92		…	…	.
77				.

2. Совмещенное поперечное сечение по участку борта с указанием окончательного варианта разделения уступов на взрывные блоки и очередности их отработки.

3. Чертеж (план и поперечный разрез) принятой схемы расконсервации уступов, а также ее адрес в базе данных.

2.6. Составление календарного графика отработки участка борта

Как правило, после выполнения горно-геометрических расчетов работники предприятий обосновывают очередность отработки уступов, необходимую для реализации установленного плана развития горных работ. При этом решаются следующие основные задачи:

1) обоснование очередности отработки горизонтов с целью поддержания необходимого резерва готовых к выемке запасов полезного ископаемого в каждый текущий момент времени;

2) обоснование объема вскрытых и подготовленных запасов, создающихся при том или ином варианте ведения вскрышных работ по площади и глубине карьерного поля;

3) определение минимального срока отработки того или иного участка борта;

4) определение объемов работ, необходимых для попутной реализации перспективных долгосрочных планов развития горных работ;

5) установление рационального порядка перегона экскаваторов с горизонта на горизонт;

6) обоснование объема работ при консервации и расконсервации уступов в рабочей зоне карьера и пр.

Принимаемые решения обосновываются путем совместного количественного анализа перемещения рабочих уступов в карьерном пространстве с расстановкой в нем экскаваторов.

Цель работы: освоить методику планирования расстановки выемочного оборудования при реализации плана ведения горных работ.

Задачи работы:

1. В установленных ранее границах ведения горных работ разработать календарный график перемещения участка борта карьера и определить продолжительность его отработки.

2. Установить предполагаемое максимальное количество экскаваторов, которое может быть использовано одновременно в начале отработки участка и в период полного развития горных работ на нем.

3. Установить необходимые сроки и очередность перегона экскаваторов с горизонта на горизонт.

Исходные данные:

- планируемые к выемке объемы горной массы по горизонтам карьера с разделением на выемочные блоки, рассчитанные по результатам занятия 2 и 4 (табл.2.1);
- предполагаемая месячная производительность экскаватора – 120 - 180 тыс.м^3/мес. (экскаваторы с емкостью ковша 10 - 12 м^3).

Порядок выполнения работы:

Вычертить таблицу для расчета длительности отработки выделенных на каждом горизонте выемочных блоков (табл. 2.4). Для примера данные привязаны к рис. 2.24 (п. 2.4).

Таблица 2.4

Отметка горизонта, м	Планируемый объем работ, $V_{гор}$, тыс.м^3	Количество отрабатываемых блоков, $N_{бл}$	Длительность отработки выделенных блоков на горизонте, мес.					
			1	2	3	4	5	6
107	960	4	2	2	2	2	-	-
92	650	3	-	1,8	1,8	1,8	-	-
77	610	3	-	-	1,7	1,7	1,7	-
62	540	3	1,5	-	-	1,5	1,5	-
47	400	3	-	1,1	-	-	1,1	1,1

Для упрощения расчетов вычислить средний объем отрабатываемого на горизонте блока по соотношению:

$$V_{бл} = V_{гор} / N_{бл}.$$

Вычислить среднюю длительность отработки блока на горизонте, исходя из принятой производительности экскаватора ($Q_э$):

$$T_{бл} = V_{бл}/Q_э.$$

Длительность отработки блоков занести в табл. 2.4. под номерами, выделенными на совмещенном сечении (рис. 2.24).

Для каждого горизонта построить совмещенный линейный график отработки каждого горизонта, учитывая при этом, что выделенные на сечении блоки, обозначенные одинаковыми цифрами, могут отрабатываться одновременно (рис. 2.25).

При построении графика первоначально следует рассчитать время начала отработки и длительность работ на каждом из горизонтов (см. табл. 2.4). Для примера на рис.7 начало отработки гор. 92 м: 0 + 2 = 2 мес., начало отработки гор. 77м: 2 + 1,8 = 3,8 мес., начало отработки гор. 62 м – одновременно с гор. 107, затем после перерыва: 3,8 + 1,7 = 5,6 мес. и т. д.

Проанализировать построенный первоначальный график отработки участка борта и над каждой линией, соответствующей длительности отработки блока на горизонте, проставить номера экскаваторов (1, 2, 3…), которые могут работать одновременно или последовательно. При необходимости изменить время начала работ на горизонте с целью полного использования экскаваторов, уже задействованных на отработке участка.

Анализом графика принять решение о необходимости перегона экскаваторов с горизонта на горизонт и переносе времени отработки некоторых блоков по условию наилучшей загрузки задействованных экскаваторов на чистой работе (рис. 2.26). Например, выемку горной массы на гор. +62 м рационально задержать на 1,2 мес. с тем, чтобы экскаватор № 2 мог последовательно отрабатывать гор. 62 м, затем 47 м и далее 77 м. Стрелками показать направление перегона экскаваторов с горизонта на горизонт.

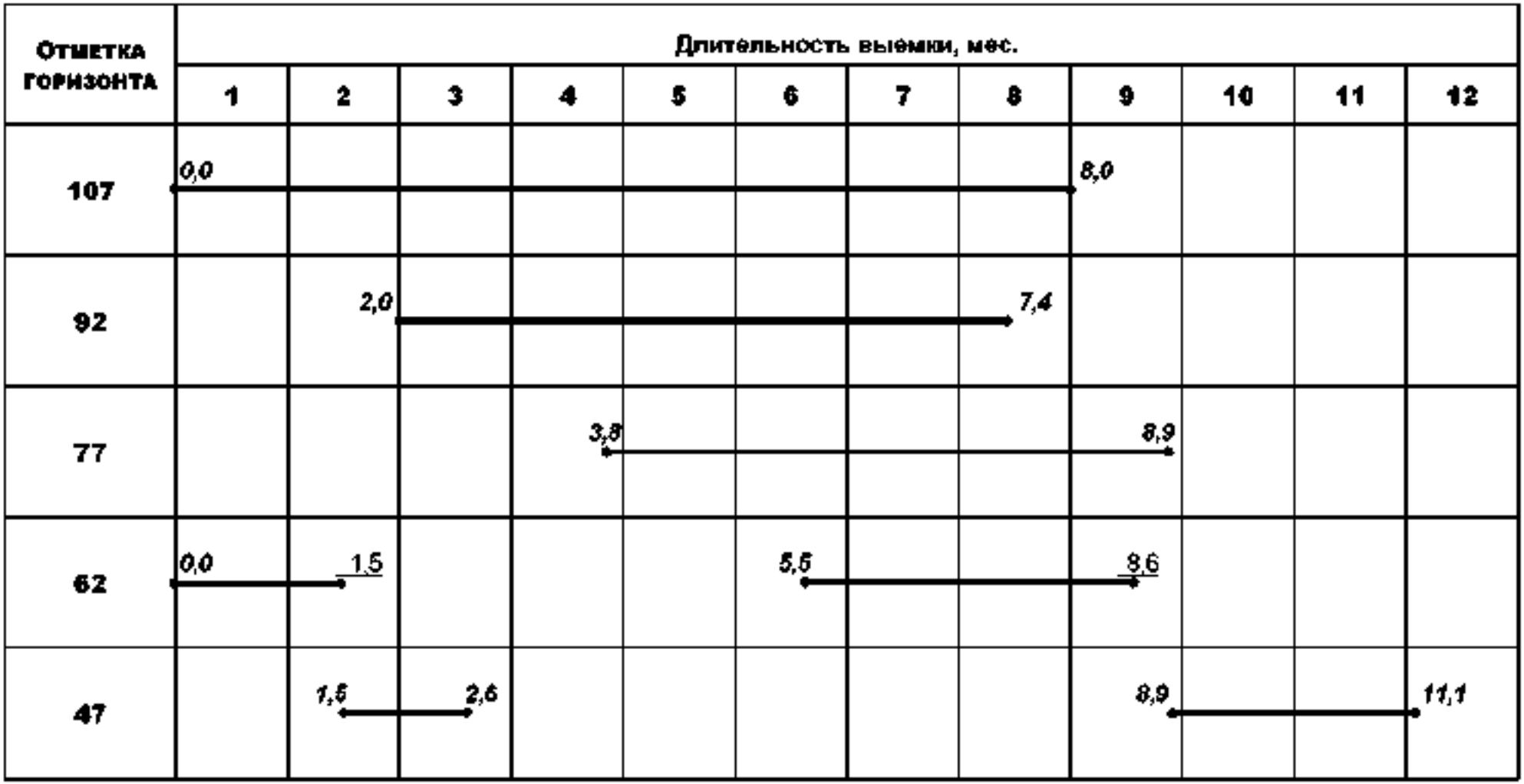


Рис.2.25. Исходный график отработки участка карьера
с учетом перегонов экскаваторов с горизонта на горизонт

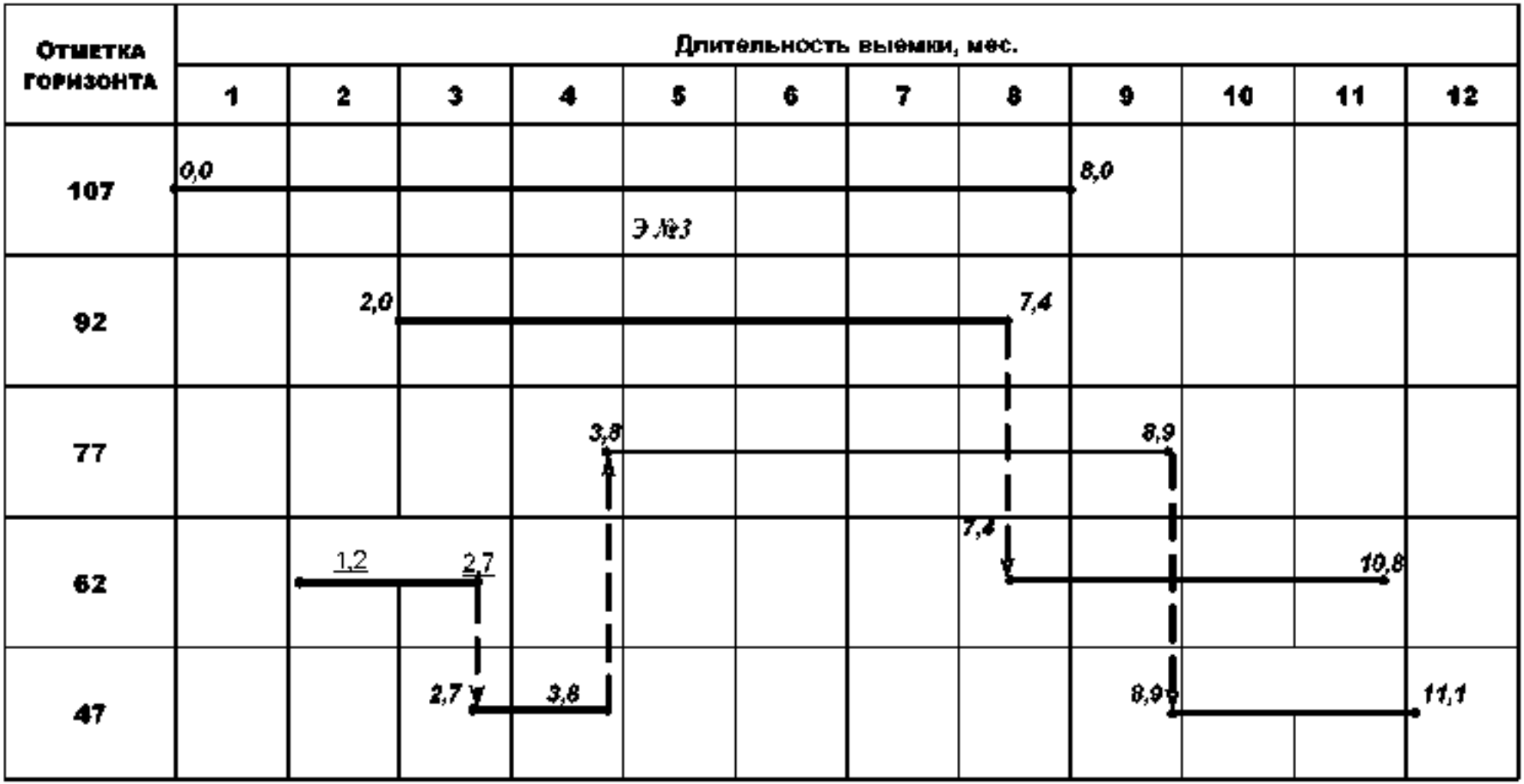


Рис. 2.26 Окончательный график отработки участка карьера с учетом перегонов экскаваторов с горизонта на горизонт

Окончательно принять максимально возможное количество экскаваторов, отрабатывающих участок борта. Установить общее время отработки запланированных объемов горной массы на участке борта по наибольшему времени отработки анализируемых горизонтов. Как это следует из рис. 2.25 и 2.26, возможны несколько вариантов последовательности отработки горизонтов.

Отчетность по работе:

1. Заполненная табл. 2.4, содержащая сведения, необходимые для расчета календарного графика отработки участка борта.
2. Совмещенный начальный и окончательный календарные графики отработки участка борта, вычерченные разным цветом.
3. Заключение о необходимом количестве экскаваторов и длительности отработки запланированных объемов.

3. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М.: Недра, 1981. 278 с.

Компьютеры и системы управления в горном деле за рубежом /Ю. П. Астафьев, А. С. Зеленский, Н. И. Горлов и др. М.: Недра, 1989. 264 с.

Организация и управление горным производством: Учеб. для вузов /В. И. Ганицкий, Д. Г. Даянц, М. А. Бурштейн и др. Под общей ред. В. И. Ганицкого, М.: Недра, 1991. 368 с.

Технологические схемы консервации и расконсервации, графическая база данных и учебное пособие. /Авт: С. В. Корнилков, В. Л. Беляев, С. Н. Важенина и др. Екатеринбург. 1996.

Резниченко С. С., Подольский М. П., Ашихмин А. А. Экономико-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1991. 428 с.

Ржевский В .В. Открытые горные работы. Учеб. для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. 4-е изд. Перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 549 с.

Сорокин Л. А. Взаимодействие процессов на карьерах: Учебное пособие Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1996. 96 с.

Хохряков В. С. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок: Учеб. пособие. Екатеринбург: изд. УГГГА, 1996. 180 с.

Компьютерное планирование горных работ на рабочем борту карьера: Программные средства и учебное пособие / Авт.: В. С. Хохряков, В. М. Аленичев, В. И. Суханов и др. Екатеринбург, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ГОУ ВПО

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра разработки месторождений открытым способом

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Дисциплина: Планирование открытых горных работ
Тема проекта. Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях

Зав. кафедрой РМОС, проф., д т н. — Лель Ю. И.

Руководитель проекта, асс. — Мусихина О. В.

Разработчик проекта, студент гр ОГР-01-1 — Иванов А. И.

Екатеринбург, 2005

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Задание
на выполнение курсового проекта
по дисциплине «Планирование открытых горных работ»

Тема проекта: Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях

Общие исходные данные

- годовое подвигание фронта работ на гор. +62 м:
  для четных номеров заданий – $V_ф$=60,0 м/год;
  для нечетных номеров заданий – $V_ф$=70,0 м/год;
- минимальная ширина рабочей площадки $B_р$=40,0 м;
- ширина площадки консервации $B_{конс}$=19,0 м;
- транспорт – автомобильный;
- производительность экскаватора:
  для четных номеров заданий – $Q_э$=1,3 млн.м^3/год;
  для нечетных номеров заданий – $Q_э$=1,5 млн.м^3/год;
- минимальная ширина взрывного блока $B_{вб}$= 20,0 – 25,0 м.

Индивидуальные исходные данные:

- выкопировка участка борта карьера из сводного плана карьера (условный пример или реальные условия по усмотрению преподавателя);
- высота уступа (отличающаяся от 15 м) – …;
- тип и производительность экскаватора (отличающийся от ЭКГ-10) –
- высотные отметки горизонтов – …;
- другие условия – … .

Руководитель проекта _____ (ФИО)
(дата, подпись)

Студент гр. ОГР-_____ _____ (ФИО)
(дата, подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

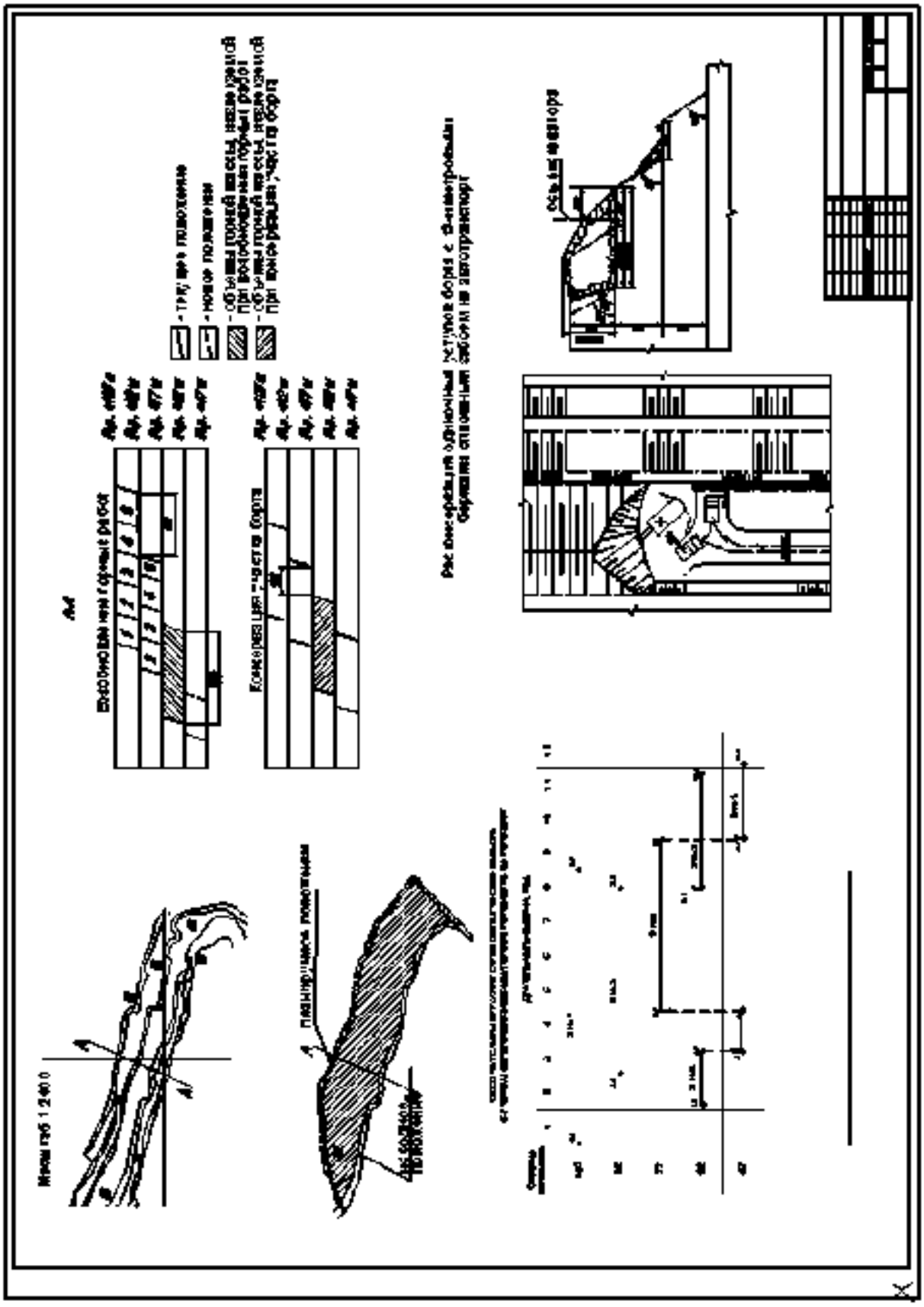
Образец оформления содержания пояснительной записки к проекту

СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

1.	Моделирование расчетных положений рабочей зоны	3
2.	Расчет планируемых объемов выемки горной массы на участке борта	7
3.	Обоснование порядка отработки участка борта	10
4.	Выбор технологической схемы расконсервации перемешаемых уступов	15
5.	Разработка календарного графика отработки участка борта	22
6.	Список использованной литературы	25

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Образец графики



ОБРАЗЕЦ УГЛОВОГО ШТАМПА

				090500-ОГР-01-1-ТМ			
				Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях			
Изменил	Фамилия	Подпись	Дата	Комбинат "Ураласбест" карьер "Южный"	Стадия	Лист	Листов
Разработ.	Иванов А.И.				КР	1	1
Проверил	Бетин В.Л.						
Гл. спец.	Бетин В.Л.			Технологические схемы, порядок отработки и календарный график ведения горных работ на уступах	УГГУ Кафедра РМОС		
Зав. каф.	Лин Ю.И.						

Корнилков Сергей Викторович
Исаков Сергей Владимирович
Мусихина Ольга Владимировна

ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические указания и пособие по выполнению курсового проекта и лабораторных работ по дисциплине «Планирование открытых горных работ» для студентов специальности 090500 – «Открытые горные работы (ОГР)» направления 650600 – «Горное дело»

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта и лабораторных работ
по дисциплине «Планирование открытых горных работ»
для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы (ОГР)»
направления 130400 – «Горное дело»

Корректура кафедры разработки месторождений открытым способом

Подписано в печать
Бумага писчая Формат бумаги 60х84 1\16 Печать на ризографе
Печ.л Уч-изд.л Тираж экз Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.В.09.07 ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Исаков С.В., к.т.н., Ганиев Р.С., Мусихина О.В. к.т.н., доцент, Костин А.Л.

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 19.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 4
1.1. Общие положения 4
1.2. Содержание проекта 4
1.3. Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки 10
1.4. Требования к оформлению графической части проекта 11
2. ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ 12
2.1. Подготовка исходных данных для автоматизированного планирования: сканирование и векторизация графических документов 12
2.2. Моделирование подвигания рабочей зоны 17
2.3. Автоматизированный подсчет объемов выемки горной массы 20
2.4. Обоснование порядка отработки участка рабочего борта 22
2.5. Выбор технологической схемы расконсервации уступов 25
2.6. Разработка календарного графика отработки участка борта 28
3. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 33
ПРИЛОЖЕНИЯ 34
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Образец оформления курсового проекта 34
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец задания на курсовое проектирование 35
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Образец оформления содержания пояснительной записки к проекту 36
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Образец оформления графической части проекта 37
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Образец оформления углового штампа 38

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Общие положения

Курсовой проект выполняется на 9 семестре на базе дисциплин «Планирование открытых горных работ» и «Информационные технологии».

Тема курсового проекта:

Планирование отработки участка борта карьера в сложных горнотехнических условиях

Учебные задачи курсового проекта:

- закрепление практических навыков применения компьютерной техники и машинной графики, полученных при изучении дисциплины «Информационные технологии», для выполнения горно-геометрических расчетов;
- изучение методики горно-геометрических расчетов при планировании ведения горных работ;
- изучение технологических схем ведения горных работ при отработке уступов в стесненных условиях;
- изучение методики обоснования порядка отработки и составления календарного графика ведения горных работ на участке борта карьера.

В соответствии с учебным графиком проект выполняется в течение второй учебной ступени 9 семестра.

Разработка проекта осуществляется в основном во время, отведенное для лабораторного практикума, а также во время, предусмотренное для самостоятельной работы. На лабораторных занятиях каждый студент выполняет сквозное на весь цикл работ **индивидуальное учебное задание** в соответствии с нижеприведенным пособием. Во внеурочное время студент самостоятельно формирует и оформляет пояснительную записку и графическое приложение к проекту.

Часть студентов осуществляет разработку проектов на реальных примерах по данным практики, часть – по заданным руководителем условиям разработки. Номера стандартных условий ведения горных работ задаются по заранее подготовленным учебным вариантам заданий. Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента по списку в группе.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и 1 листа графического приложения, которое выполняется с использованием средств AutoCAD.

1.2. Содержание проекта

Содержательными задачами курсового проекта являются:

- определение объема работ по приведению участка борта (существующее положение) в рабочее состояние при заданном годовом подвигании фронта горных работ на гор. +62 м;

- определение объема работ по переносу участка борта с последующей его консервацией при заданном подвигании фронта работ на гор. +62 м.
- обоснование технологических схем расконсервации и очередности отработки каждого из перемещаемых уступов;
- составление графика отработки участка борта, учитывающего использование максимального количества экскаваторов в работе с учетом их наиболее полного использования во времени;
- расчет параметров передовой разворотной площадки и размеров бурового блока при расконсервации уступа с учетом геометрии выработанного пространства.

Для решения поставленных задач на первой стадии выполняются горно-геометрические расчеты. Целью расчетов является установление объемов горных работ, необходимых для формирования карьерного пространства требуемой конструкции.

При установленных количественных показателях подвигания горных работ на каждом горизонте определяется технологическая возможность и порядок отработки запланированных объемов. На данном этапе осуществляется согласование параметров буровзрывных, горных и транспортных работ, обеспечивающих безопасную отработку каждого уступа.

При выбранном порядке отработки всех уступов на участке борта устанавливается время, потребное для возобновления работ на смежных горизонтах и длительность отработки каждого из них. Увязка перемещения уступов во времени с учетом перегона экскаваторов с уступа на уступ позволяет определить общую длительность отработки участка борта карьера.

Все вычисления сводятся к ряду стандартных вычислительных и логических процедур, описание которых приведено ниже в Пособии по выполнению лабораторных работ.

Курсовой проект состоит из 5 глав. Содержание отдельных глав проекта соответствует существу выполняемых студентами лабораторных работ.

Глава 1. Моделирование расчетных положений рабочей зоны

При подготовке главы разработчик проекта:

– создает растровую компьютерную копию исходного положения горных работ на участке карьерного пространства (сканирует выкопировку); векторизует растровую копию; создает базовую геоинформационную модель рабочей зоны карьера в виде файла AutoCAD с расширением **.dwg;**

– моделирует в соответствии с заданием в среде AutoCAD расчетные положения горных работ на каждом горизонте участка борта карьера, планируемые к отработке в течение определенного, но пока не установленного времени.

Моделирование осуществляется от существующего (исходного) положения горных работ:

а) при заданном годовом подвигании на одном из «опорных» уступов (60 -70 м/год) и сохранении или создании на остальных горизонтах рабочих площадок требуемой ширины (40 м);

б) при остановке верхнего уступа и приведении в законсервированный вид всех нижележащих горизонтов (ширина площадки консервации 19 м);

в) при заданном годовом подвигании работ на «опорном» горизонте и с последующим приведением всех уступов в законсервированное положение (ширина площадки консервации 19 м).

В первом случае участок борта полностью расконсервируется и приводится в рабочее состояние для дальнейшей интенсивной отработки.

Во втором случае на участке борта уступы консервируются сверху вниз без подвигания работ на верхнем уступе, тем самым между исходным и планируемым положением карьерного пространства определяется объем подготовленных к моменту начала планирования запасов горной массы.

В третьем случае моделируется и планируется поэтапное перемещение борта, предусматривающее поочередную расконсервацию и консервацию каждого уступа в течение определенного промежутка времени.

В главе кратко описываются действия, приводящие к созданию исходной геоинформационной модели участка борта карьера. Описываются принципы моделирования планируемых положений горных работ и создания информационных слоев. Приводятся сведения о сформированном файле **xxx.dwg –** модели исходного и планируемых положений карьерного пространства. Приводится чертеж (распечатка на принтере) векторизованного исходного участка борта формата А4, переведенный из базового масштаба 1:1000 в 1:5000 (1:2000) и сводные планы М 1:5000 планируемых положений борта карьера (рабочее, законсервированное).

Глава 2. Расчет планируемых объемов выемки горной массы на участке борта

При подготовке главы разработчик проекта на основании ранее произведенных горно-геометрических расчетов вычисляет с помощью средств Auto-CAD количественные характеристики планируемых подвиганий горных работ. Объемы горных работ, планируемые к выемке на каждом горизонте, рассчитываются по данным моделирования и заключены между поверхностью исходного положения карьерного пространства и поверхностью рабочей зоны с заданными при моделировании параметрами. При этом в плане отрабатываемые горизонты разделяются на зоны-прирезки, соответствующие исходному и моделируемому положению горных работ.

Объем горной массы на каждом горизонте определяется по выражению:

$$V = S_{гм} \cdot H_{у},$$

где $H_{у}$ – высота уступа, м

$S_{гм}$ - площадь горной массы на горизонте, м^2.

В среде AutoCAD площадь горной массы рассчитывается как площадь многоугольника, заключенного между исходным и планируемым положениями на каждом горизонте отрабатываемого участка.

В главе следует описать принцип определения зон-прирезок на каждом горизонте и привести таблицы (табл. 1.1), характеризующие планируемые к выемке объемы горных работ, планируемые к выемке на участке борта для трех исследуемых случаев:

а) приведение участка борта в рабочее состояние;

б) расчет объемов подготовленных запасов;

в) поэтапное перемещение борта с поочередной расконсервацией и консервацией.

Результаты работы следует представлять в пояснительной записке в виде таблиц.

Таблица 1.1

Отметка горизонта, м	**Площадь прирезки $S_м$, мм^2**	**Площадь прирезки $S_и$, м^2**	**Высота уступа $H_у$, м**	**Объем работ на горизонте V, м^3**
…	…	…	…	…
ВСЕГО:	…	…	…	…

Глава 3. Обоснование порядка отработки участка борта

Задачей настоящей главы проекта является обоснование порядка приведения участка борта к конструкции, соответствующей наличию на нем рабочих площадок.

При подготовке главы следует:

– изготовить совмещенные поперечные разрезы, характеризующие исходное и планируемое положения горных работ для всех трех исследованных случаев:

а) приведение участка борта в рабочее состояние;

б) расчет объемов подготовленных запасов;

в) поэтапное перемещение борта с поочередной расконсервацией и консервацией;

– принять в соответствии с заданием типовую ширину взрывного блока (в задании на выполнение проекта предполагается, что взрывание - трехрядное); на сечении, характеризующем планируемое развитие горных работ, обеспечивающем приведение участка борта в рабочее состояние, разделить каждый отрабатываемый горизонт на ряд последовательных зон-участков, соответствующих по ширине взрывному блоку;

– проанализировать полученные изображения и в случае несовпадения границы последнего взрывного блока и планируемой границы горных работ на горизонте скорректировать чертеж. Корректировка заключается в увеличении ширины первого от выработанного пространства или последнего взрывного

блока. Ширина взрывного блока увеличивается пропорционально расстоянию между рядами скважин;

– сопоставляя величину фактической площадки на горизонте и ширину отрабатываемого взрывного блока с принятой минимальной шириной рабочей площадки (40,0 м) пронумеровать, начиная с верхнего горизонта на поперечном сечении (1, 2, 3…) последовательность возобновления горных работ по глубине рабочей зоны. При нумерации необходимо иметь в виду, что одинаковыми цифрами на смежных по высоте горизонтах отмечаются блоки, отрабатываемые параллельно и одновременно.

Последовательность отработки смежных уступов на перемещаемом участке борта принимать исходя из следующих условий:

– *одновременная отработка уступов* – применяется при наличии на каждом из отрабатываемых горизонтов готовых к выемке запасов (уширенной рабочей площадки). В этом случае экскаваторы перемещаются на каждом горизонте независимо от положения забоев на выше- и нижележащих уступах;

– *последовательно-параллельная отработка уступов* – используется при наличии на отрабатываемых горизонтах рабочих площадок минимальной ширины, достаточной для удержания на них развала горной массы и размещения выемочного и транспортного оборудования. В этом случае экскаватор, расположенный на нижележащем уступе следует за экскаватором, установленном на вышележащем уступе и создающем резерв готовых к выемке запасов нижнему экскаватору;

– *последовательная отработка уступов* – применяется при отсутствии площадок достаточной ширины, что соответствует расконсервации нерабочего или долговременно законсервированного борта. В этом случае перемещение верхнего законсервированного уступа без подвигания остальных производится до тех пор, пока на нижележащем уступе не будут созданы готовые к выемке запасы или рабочая площадка требуемой (проектной) ширины.

По результатам выполненной работы в пояснительной записке описывается порядок графических построений, анализируется необходимость изменения ширины первого или последнего взрывного блока на каждом горизонте, приводятся совмещенные поперечные сечения по участку борта, фиксирующие планируемые положения горных работ с разной проектируемой конструкцией карьерного пространства (случаи а, б, в).

Глава 4. Выбор технологической схемы расконсервации перемещаемых уступов

При выборе технологической схемы отработки и расконсервации уступов пользоваться графической базой данных и учебным пособием «Технологические схемы консервации и расконсервации». Выбор осуществляется на основании анализа:

– конструкции карьерного пространства непосредственно на участке работ, в т. ч. высоты уступов, углов наклона их откосов и размеров площадок на каждом перемещаемом горизонте;

– типоразмеров применяемого выемочного оборудования: экскаваторов с обычным и удлиненным рабочим оборудованием, гидравлических экскаваторов – прямых и обратных лопат, драглайнов и пр.;

– вида и параметров транспорта, применяемого на откатке горной массы.

При расконсервации уступа с использованием автотранспорта создается разворотная площадка, на которой производятся маневры автосамосвалов и погрузка горной массы.

В главе должен быть принят типоразмер автосамосвала и приведен расчет разворотной площадки исходя из предположения, что на площадке осуществляется тупиковый разворот автомобиля.

Расчетное значение разворотной площадки сопоставляется с размерами предварительно планируемого на предыдущей стадии выработанного пространства, возникающего на уступе после отработки первого взрывного блока. Если расчетная ширина разворотной площадки меньше, то необходима корректировка ширины первого взрывного блока за счет увеличения количества взрываемых рядов.

В пояснительной записке приводится сравнительная таблица, характеризующая окончательно принятые параметры первоначальных взрывных блоков и площадок, возникающих при их отработке на каждом из перемещаемых уступов.

В графическом приложении на совмещенном поперечном сечении по участку борта показывается окончательный вариант разделения уступов на взрывные блоки при их отработке, а также чертеж (план и поперечный разрез) принятой схемы расконсервации уступов.

Глава 5. Разработка календарного графика отработки участка борта

В главе решаются следующие основные вопросы:

– разрабатывается календарный график перемещения участка борта карьера в ранее установленных границах ведения горных работ;

– обосновывается рациональное (близкое к максимальному) количество экскаваторов, которое может быть использовано одновременно в начале отработки участка и в период полного развития горных работ на нем;

– обосновывается целесообразность перегона экскаваторов с горизонта на горизонт при отработке уступов на участке борта.

В пояснительной записке, исходя из заданной месячной производительности экскаватора и его типоразмеров, приводятся расчеты средней длительности отработки выемочных (взрывных) блоков на каждом из перемещаемых горизонтов.

Обобщенные данные расчета длительности отработки выделенных на горизонтах выемочных (взрывных) блоков приводятся в табличной форме.

На основании расчетов строится первичный совмещенный линейный график отработки участка борта, учитывающий допустимое время начала горных работ на каждом горизонте.

На основании анализа графика принимается решение о необходимости перегона экскаваторов с горизонта на горизонт и переноса времени отработки некоторых блоков по условию наилучшей загрузки экскаваторов на чистой работе.

Строится окончательный график отработки участка борта, который помещается на демонстрационный лист.

В выводах по главе и проекту в целом в обязательном порядке отмечается:

– планируемый объем горных работ на участке борта;

– время отработки запланированных объемов;

– количество экскаваторов, планируемых к использованию;

– общая идея отработки участка борта (нисходящая отработка, отработка одним экскаватором группы уступов, последовательно-параллельная отработки и пр.);

– краткое описание принятых технологических схем возобновления горных работ на уступах;

– сопоставление объемов горных работ, необходимых для приведения участка борта в рабочее состояние в сравнении с поэтапным перемещением борта (попеременная консервация и расконсервация).

1.3. Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

Текстовая часть проекта оформляется в виде сброшюрованной записки в мягком переплете. Записка включает:

– титульный лист, оформленный в соответствии с прил. 1;

– оригинал задания на выполнение курсового проекта, подписанный руководителем проекта. Общие исходные данные для выполнения проекта приведены в прил. 2;

– оглавление, размещаемое после Задания на проектирование с перечислением всех разделов проекта и их постраничным размещением. Образец оглавления приведен в прил. 3;

– собственно текст записки с обоснованиями, схемами и расчетами.

Пояснительная записка объемом 18 - 20 с. формируется с использованием текстового редактора Word на листах формата А4, размер шрифта - 14, междустрочный интервал - одиночный, шрифт – Times New Roman.

Формулы в тексте пояснительной записки вставляются в отдельную строку с помощью средств Word. При этом сначала записывается формула, ставится знак равенства, в формулу подставляются численные значения переменных, а затем пишется результат расчета и указывается его размерность (тыс.$м^3$, $м^2$ и т. п.).

Ниже формулы по тексту дается расшифровка входящих в формулу параметров, в скобках указывается принятая при расчетах величина и размерность.

Таблицы и рисунки, приводимые в записке, нумеруются по главам. Например в главе 2 первый рисунок (таблица) имеет номер 2.1, второй рисунок (таблица) – 2.2 и т.д. Таблицам и рисункам в тексте присваиваются названия.

При включении в текст рисунка его название и номер ставятся под рисунком, например: Рис.3.1. Поперечное сечение I-I по анализируемому участку борта.

1.4. Требования к оформлению графической части проекта

Графическая часть курсового проекта представляется одним листом формата А1. Построения выполняются с использованием средств AutoCAD.

При построениях соблюдаются следующие правила:

– общий чертеж генерируется в формате листа А1 и распечатывается на плоттере целиком. Допускается печать фрагментов на листах формата А4 и наклеивание на общий чертеж;

– размеры уступов, площадок и прочих элементов горных работ указываются с точностью, принятой для измерения данных параметров;

– построение изображений осуществляется в соответствии с требованиями принятых стандартов и правил изображения элементов горных работ;

– допускается выделение цветом некоторых элементов графики (подвигание горных работ на опорном горизонте, линии, характеризующие длительность отработки уступов, и пр.).

На демонстрационном листе в обязательном порядке должны быть показаны:

- исходное положение горных работ на участке борта;
- одно из двух характерных расчетных совмещенных поперечных сечений по участку с указанием:

а) профиля исходного и планируемого положения рабочей зоны с рабочими площадками заданной ширины;

б) профиля исходного и планируемого положения рабочей зоны при перемещении борта и последующей его консервации;

- технологические схемы возобновления горных работ на уступе;
- календарный график ведения работ при приведении участка борта в рабочее положение;
- план гор. +62 м: исходное и планируемое положения горных работ.

Пример размещения изображений на листе формата А1 приведен в прил. 4.

По согласованию с руководителем проекта допускается часть графического материала помещать в пояснительную записку в том случае, когда часть изображений не размещается на листе.

При формировании графического приложения допускается использовать стандартные элементы, содержащиеся в графической базе данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов».

Угловой штамп оформляется по типовым правилам. Содержимое штампа приведено в прил. 5.

2. ПОСОБИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1. Подготовка исходных данных для автоматизированного планирования: сканирование и векторизация графических документов

В процессе автоматизированного планирования специалисты горного предприятия в вариантах анализируют направления подвигания уступов в рабочей зоне карьера с целью установления положений горных работ, обеспечивающих выемку заданных объемов полезного ископаемого требуемого качества и извлекаемых при этом пород вскрыши.

При нормальной эксплуатации геоинформационных пакетов текущие положения уступов, измененные по мере их отработки, вносит в модель рабочей зоны маркшейдерская служба.

При первоначальном же создании модели карьерного пространства наиболее часто используется сканирование горно-графической документации, представленной на «твердых» носителях (бумага, картон, лавсановая пленка), как средство получения электронной копии бумажных документов, в частности - сводных планов горных работ.

В последствии сканированные изображения перерабатываются с использованием соответствующих программных средств и представляются в координатной форме (векторизуются) для обеспечения возможности моделирования перемещения рабочей зоны на горизонтах, подсчета объемов выемки, корректировки текущих положений уступов и пр.

Целью лабораторной работы является освоение программных средств и методики сканирования горных графических документов, а также векторизация фрагмента сводного плана горных работ для дальнейших горно-геометрических расчетов.

Программные средства и техническое обеспечение – планшетный сканер с набором драйверов, программа, для сканирования и редактирования растровых изображений **PhotoPlus**, графическая система **AutoCAD**.

Задачи работы:

- создать растровую компьютерную копию исходного положения горных работ на участке карьерного пространства;
- векторизовать растровую копию;
- создать базовую геоинформационную модель рабочей зоны карьера.

Исходные данные:

план участка борта карьера масштабом 1:5000 или 1:2000.

Порядок выполнения работы:

Получить задание – выкопировку из плана горных работ от преподавателя.

Отсканировать изображение участка борта карьера, для чего:

Заправить чертеж в сканер лицевой стороной вниз (изображением к сканирующей головке).

Вызвать программу iPhotoPlus.

Загрузить программу сканирования изображения командой File/Acquire (рис.2.1).

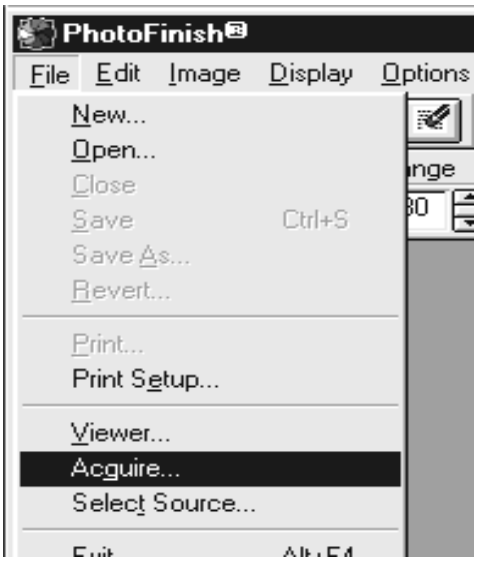


Рис.2.1. Запуск режима сканирования

В открывшимся диалоговом окне (рис.2.2) задать следующие параметры сканирования:

- **Scan mode** (режим сканирования) – Gray (градации серого цвета);
- **Scan size** (формат) – A4;
- **Resolution** (разрешение) – 100 dpi (точек на дюйм);
- **Scaling** (масштаб) – 100%.

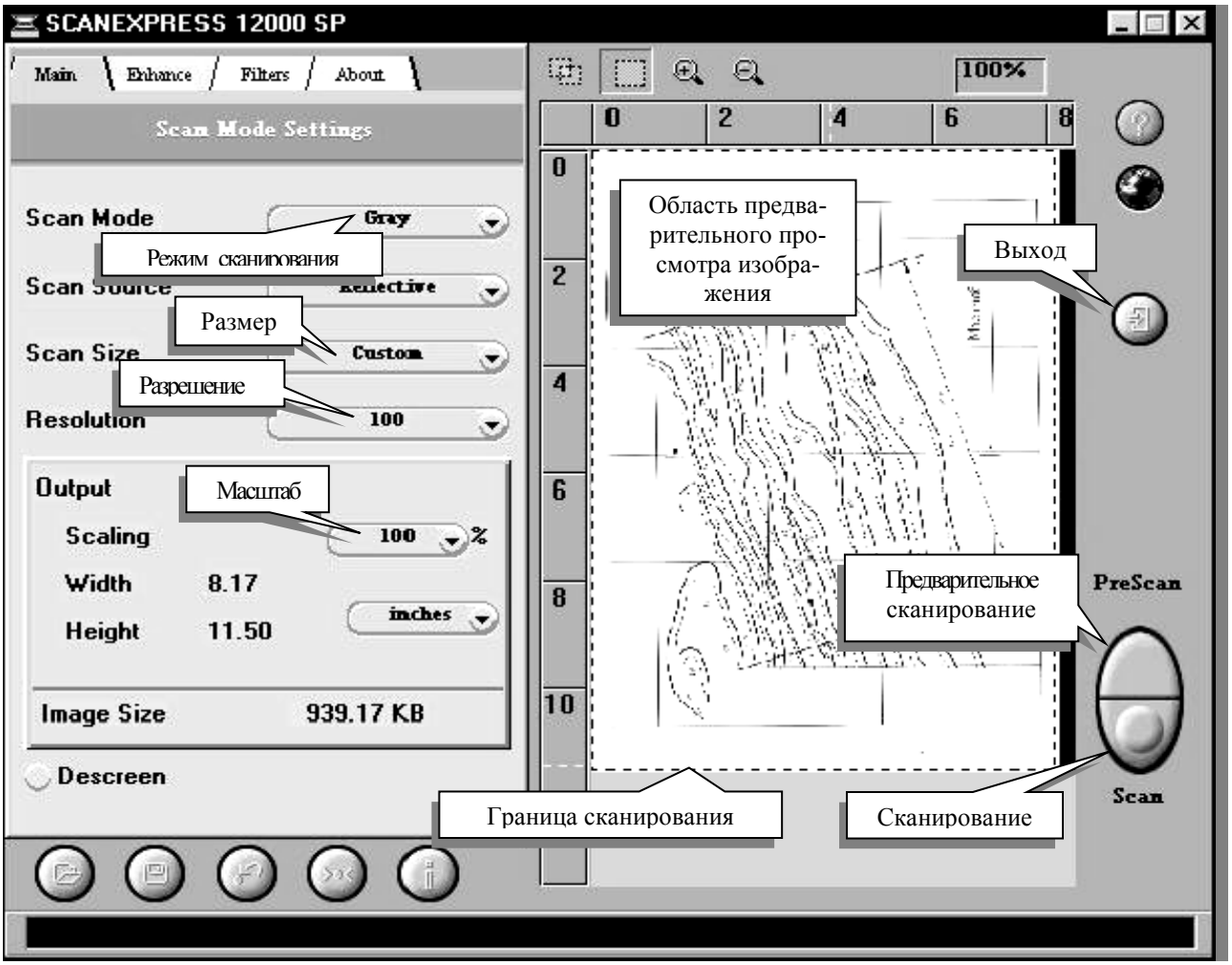


Рис.2.2. Диалоговое окно программы сканирования изображений

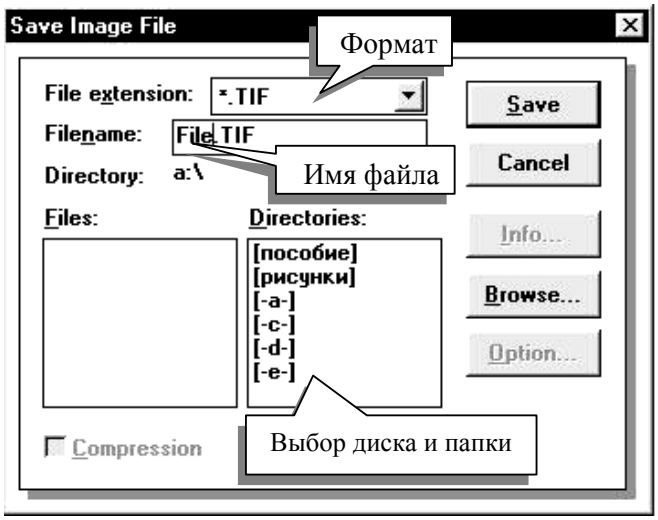


Рис.2.3. Диалоговое окно сохранения растрового изображения

Произвести сканирование.

Зарыть программу сканирования изображения.

Полученная растровая копия сохраняется в виде файла **<имя файла>.TIF**[1] - команда **File/Save** (рис.2.3).

Закрыть программу **iPhotoPlus** – команда **File/Exit**.

Загрузить **AutoCAD-2000** и через пункт главного меню **Вставка/Растровое изображение** (рис.2.4) выбрать сканированный и сохраненный в соответствующем каталоге файл (**<имя файла>.tif**).

При загрузке растрового файла **AutoCAD** предлагает диалоговое окно, которое содержит следующие основные настроечные параметры (рис.2.5):

Insertion point (точка вставки) – по умолчанию вставляемый объект устанавливается в начале координат (0, 0, 0) – при выполнении лабораторной работы сканированное изображение помещается в начало координат.

Scale (масштаб) – позволяет уменьшить или увеличить размер вставляемого фрагмента. Поскольку сканированные объекты, сохраненные в формате **.tif** не искажаются (размеры реального изображения и размеры растровой модели – 1:1), то для выполнения лабораторной работы *Scale=5*. В этом случае масштаб сканированного чертежа, представляемого в компьютере, станет 1:1000 (1 мм чертежа – 1 м местности), что удобно для дальнейших горно-геометрических расчетов.

Rotation (поворот) – позволяет поворачивать сканированное изображение относительно левой нижней точки чертежа на экране. Для по-

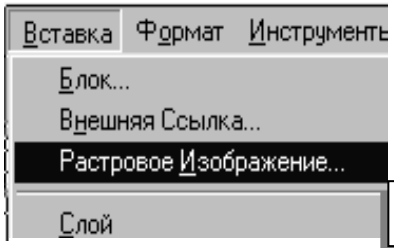


Рис.2.4. Включение режима вставки растрового изображения

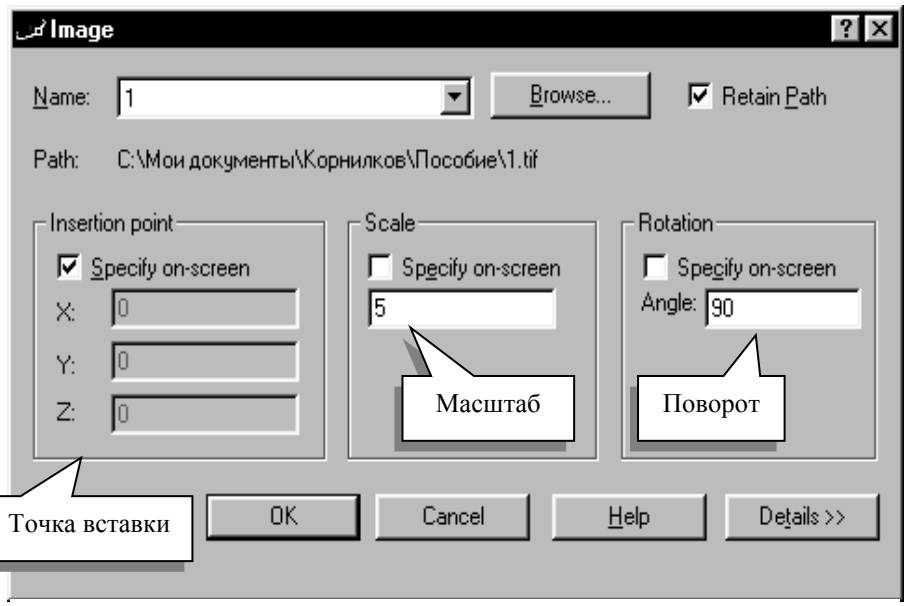


Рис.2.5. Диалоговое окно вставки растрового изображения

[1] Имя файла формируется из первых трех букв фамилии студента в латинской транскрипции. Например: фамилия студента – Иванов, имя файла - **iva.tif** или **iva2.tif**

ворота по часовой стрелке задается угол, измеренный в градусах со знаком «-» (например «-90»). Это часто необходимо для того, чтобы разместить на экране растровое изображение в привычном виде. При выполнении лаб. работы повернуть сканированное изображение горизонтально. Нижние горизонты – в нижней части экрана.

Импортированный в AutoCAD растровый фрагмент необходимо сохранить в соответствующем каталоге расширением **.DWG** (команда **File/Save**). Полученный файл является исходной «подложкой» для создания векторной копии сканированного исходного положения горных работ.

Векторная модель горных работ создается путем обвода верхних и нижних бровок уступов растрового («подложки») изображения ломаными линиями, для чего:

- создать для «подложки» и каждого рабочего горизонта свой информационный слой. Именем слоя будет являться высотная отметка горизонта (например: гор. 122). Создание информационных слоев осуществляется с помощью главного меню: **Формат/Слой** в открывшимся диалоговом окне кликнуть кнопку **«Новый»** и ввести имя слоя; в разделе «**Цвет**» задать любой, отличный от белого (одинаковый для всех слоев за исключением подложки), кликнуть, «**ОК**»;

- зафиксировать с помощью «мыши» на экране положение верхней и нижней бровки ломаными полилиниями. Каждый горизонт описывается в своем слое, поэтому перед началом обвода вызывается соответствующий слой, который назначается текущим: **Формат/Слой** (выбор «мышью» нужного слоя)» - «**Текущий**» - «**ОК**» или через панель инструментов (рис.2.6);

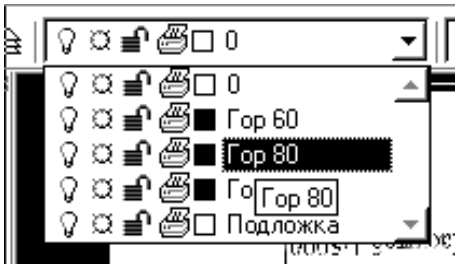


Рис.2.6. Задание текущего слоя

- обвод отдельно верхней и нижней бровки на «*подложке*»: **Черчение/Полилиния** {} . Указание начала полилинии осуществляется «мышью». Все последующие точки, должны лежать на обводимой бровке, их положение фиксируется нажатием левой клавиши мыши (**ЛКМ**). Окончание ввода полилинии – «правая клавиша мыши (**ПКМ**)» или клавиша «**Enter**». В ходе векторизации изображение может увеличиваться кнопка {} и позиционироваться – {};

- переходом от верхней бровки к нижней, от слоя к слою (от горизонта к горизонту и обводом их бровок) формируется геоинформационная векторная модель рабочей зоны на участке борта карьера. По окончании обвода «*подложку*» можно «*стереть*», т. е. отключить ее информационный слой {}.

- назначить вес (толщину) линий верхней и нижней бровок уступов (0,7 и 0,2 мм соответственно). Для этого воспользоваться панелью инструментов **AutoCAD** (рис.2.7).

Действия повторить для всех информационных слоев-горизонтов.

Отчетность по работе:

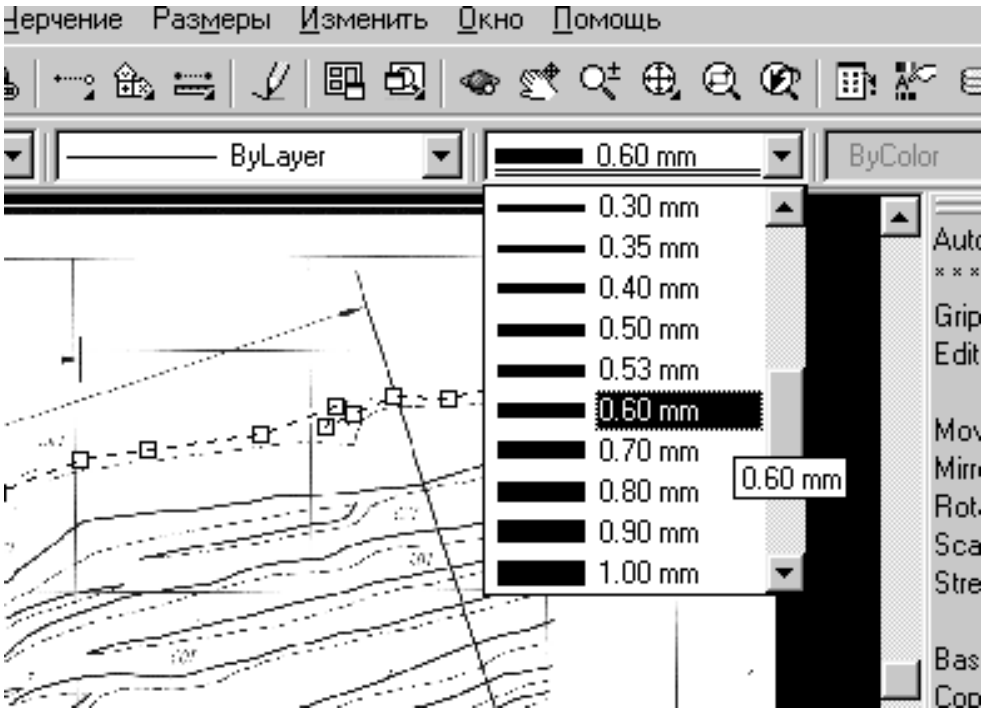


Рис.2.7. Задание веса полилинии

1. Файл <имя файла>.dwg – геоинформационная модель рабочего пространства участка карьера.
2. Чертеж (распечатка на терпе) принвекторизованного участка борта формата А4, переведенный из базового масштаба 1:1000 в 1:5000 (1:2000).

2.2. Моделирование подвигания рабочей зоны

В практике планирования открытой разработки наиболее часто решаются две горно-геометрических задачи:

задача 1 - определение промежуточного положения рабочей зоны на участке борта при заданном подвигании горных работ на одном из рабочих горизонтов;

задача 2 - определение допустимого подвигания рабочей зоны на нижних горизонтах при консервации одного из верхних уступов.

При решении *задачи 1* на одном из «*опорных*» горизонтов чаще всего назначают необходимое годовое подвигание фронта работ и от этого планируемого положения вверх и вниз отстраивают текущие положения уступов с рабочими площадками расчетной ширины. Этим самым определяются объемы горной массы, которые могут быть извлечены с участка борта в течение года при заданной интенсивности его отработки.

При решении *задачи 2* положение верхнего уступа фиксируется и вниз от него отстраиваются площадки консервации. При этом устанавливается конфигурация законсервированного борта в плане, а также обоснуются максимально возможные объемы горной массы, извлекаемые при консервации участка борта. Вторым назначением решения данной задачи является определение величины подготовленных запасов на анализируемом участке борта и установление допустимого количества новых горизонтов, которые можно вовлечь при этом в разработку.

Целью лабораторной работы является освоение программных средств **AutoCAD** применительно к методике компьютерного моделирования перемещения горных работ на участке борта.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы: рассчитать конечные положения горных работ на участке борта карьера:

1 – при заданном годовом подвигании одного из «опорных» уступов (60-70 м/год) и сохранении или создании на остальных горизонтах рабочих площадок требуемой ширины (40 м);

2 – при остановке верхнего уступа и приведении в законсервированный вид всех нижележащих горизонтов (ширина площадки консервации 19 м);

3 – при заданном годовом подвигании работ на «опорном» горизонте и с последующим приведением всех уступов в законсервированное положение (ширина площадки консервации 19 м).

Порядок выполнения работы:

Приступить к решению задачи 1

Назначить информационные слои для размещения данных о моделируемых положениях горных работ на каждом горизонте. Количество новых слоев соответствует количеству горизонтов на анализируемом участке (примерное название слоя «*Новый гор 92*»).

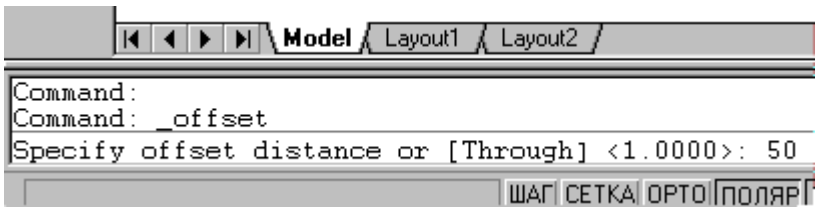


Рис.2.8. Задание величины подвигания уступа

Назначить *текущим* {} «*опорный горизонт*» - гор. +62 м).

Переместить верхнюю и нижнюю бровки уступов на величину 45 - 50 м. Для этого выбрать на левой панели иконку **«Сдвиг»** {}. Ввести в нижнюю командную строку «*Specify offset distance or [Through] <0.0>*: …» (см. рис.2.8) требуемую величину подвигания уступа, например 50 м, в соответствии с масштабом геоинформационной модели в миллиметрах чертежа (в данном примере М 1:1000, 1 м = 1 мм) – «**Enter**»; выбрать курсором перемещаемый объект (верхняя бровка) – **ЛКМ**; указать на экране направление перемещения объекта – **ЛКМ** (рис.2.9).

От верхней бровки отстроить планируемое положение нижней бровки сдвигом на величину горизонтальной проекции откоса рабочего уступа. Угол откоса рабочего уступа принять 70^0. Изменить *вес* (толщину) линии нижней бровки с 0,7 до 0,2 мм (рис.2.10).

Сохранить новое полученное положение горных работ на гор. +62 м в новом слое, погасить исходный.

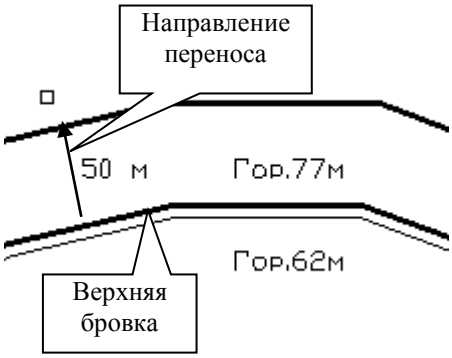


Рис.2.9. Моделирование верхней бровки

Последовательно отстроить необходимое количество планируемых положений горных работ на вышележащих и нижележащих уступах, постоянно сохраняя их координаты в соответствующих новых информационных слоях.

Необходимо на каждом шаге создания модели рабочей зоны следить за тем, чтобы новое положение каждого уступа совпадало или перекрывало исходное. При этом:

- если, существующий уступ перекрывается моделируемым частично то изменению подлежит только перекрытая уступом область (рис.2.11);
- если существующий уступ полностью перекрывается моделируемым то изменению подлежит весь фронт уступа (рис.2.12);
- если существующий уступ не перекрывается моделируемым то положение уступа остается неизменным.

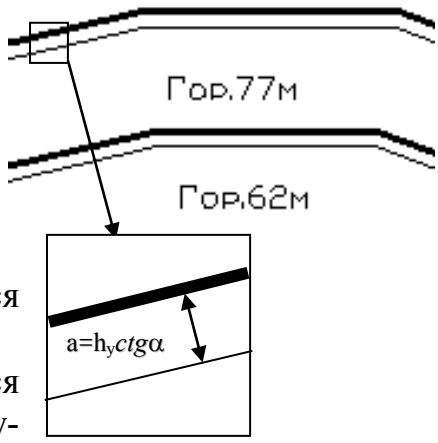


Рис.2.10. Задание положения нижней бровки моделируемого уступа

При решении задачи 2 так же пользоваться функцией **«Сдвиг»**. При этом опорный горизонт будет верхним (например гор. 152 м) и все графические построения пойдут от него вниз с шагом, равным ширине площадки консервации.

Отчетность по работе:

1. Файл, включающий исходное и моделируемое положения рабочей зоны на горизонтах анализируемого участка борта.
2. Чертежи М 1:5000 планируемых положений борта карьера (рабочее, законсервированное).

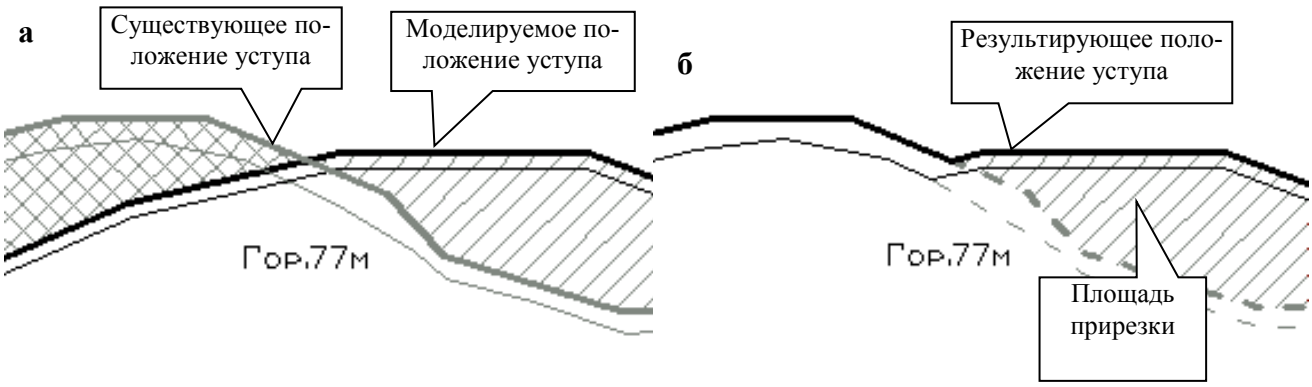


Рис.2.11.Частичное пересечение существующего положения уступа моделируемым:
а - положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа

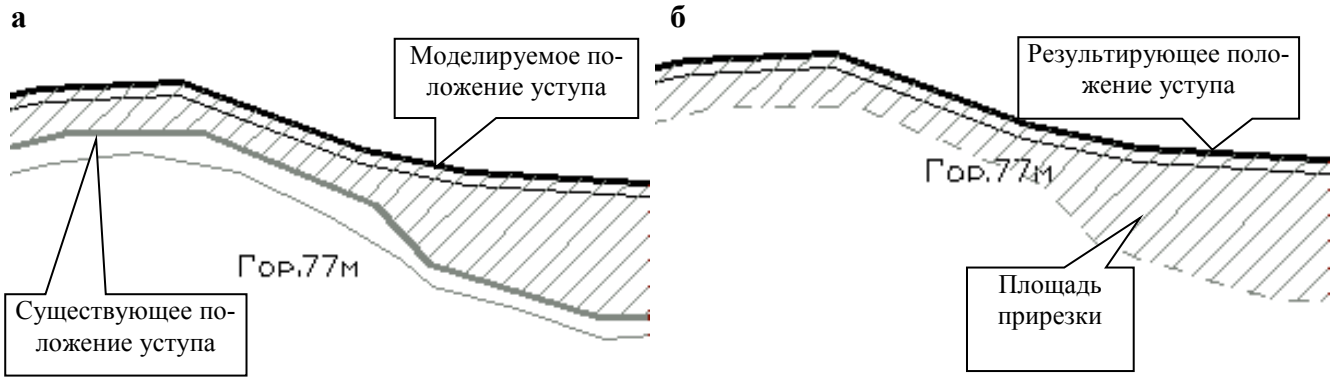


Рис.2.12.Полное пересечение существующего положения уступа моделируемым:
а - положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа.

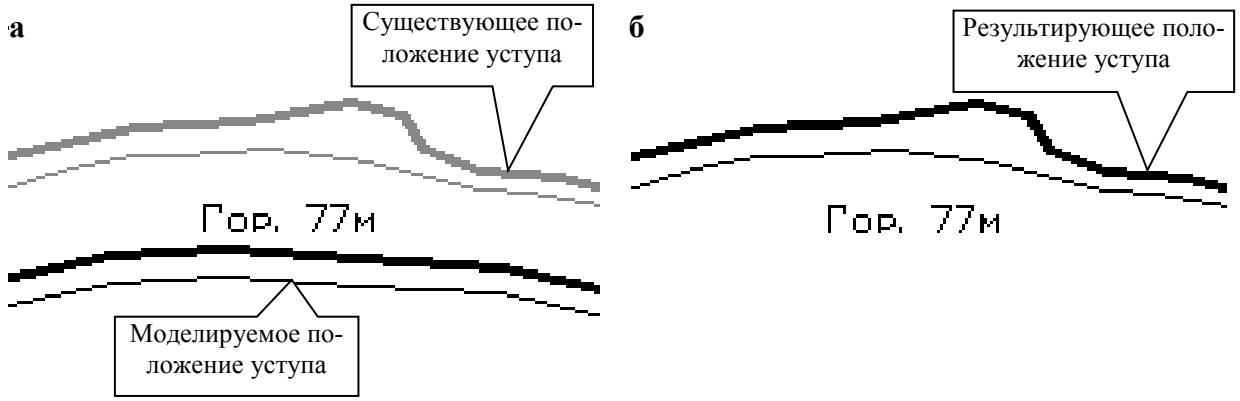


Рис.2.13. Перемещение вышележащего уступа не требуется:
а – исходное положение уступов; б - результирующее положение моделируемого уступа

2.3. Автоматизированный подсчет объемов выемки горной массы

Объем горной массы на каждом горизонте определяется по выражению:

$$V = S_{гм} \cdot H_{у},$$

Где $H_{у}$ – высота уступа, м;

$S_{гм}$ - площадь горной массы на горизонте, м^2.

Площадь горной массына горизонте рассчитывается как площадь многоугольника, заключенного между исходным и планируемым положениями рабочей зоны.

Цель работы: изучение программных средств AutoCAD применительно к автоматизированным горно-геометрическим расчетам.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы: рассчитать объемы горных работ, извлекаемые при годовом перемещении горных работ на участке борта и при постановке борта в консервацию.

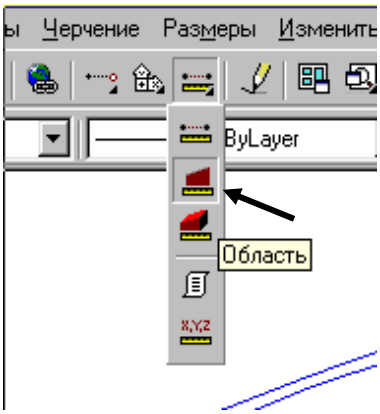


Рис.2.14. Меню измерительных инструментов

Порядок выполнения работы:

Загрузить файлы, характеризующие модели исходного и планируемого положения горных работ. В качестве планируемого положения принять модель, построенную по заданному подвиганию горных работ на «опорном» горизонте.

Последовательно загрузить из обеих моделей информационные слои, характеризующие исходное и планируемое положения горных работ на анализируемых горизонтах (например, слой «Гор137» и слой «Новый гор 137»).

Объединить полилинии верхних (нижних) бровок в единый многоугольник. Для этого:

- в графическом меню измерительных инструментов выбрать пункт «область» ЛКМ (рис.2.14);
- в экранном меню выбрать пункт **«boundar»** (рис.2.15);
- в открывшемся диалоговом окне **«Создание Границы»** (рис.2.16) кликнуть по кнопке пункта **«new»;**
- указать ЛКМ полилинии, ограничивающие область прирезки (старое и новое положение верхней бровки на уступе, границы участка), ввод заканчивается ПКМ (рис.2.17);
- в диалоговом окне «Создание Границы» (рис.2.18) кликнуть по кнопке пункта «**выбор точки**» и указать точку внутри области прирезки **ЛКМ** ввод заканчивается **ПКМ**.

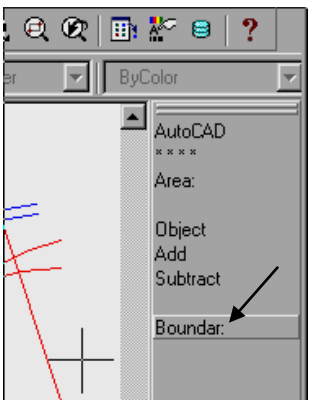


Рис.2.15. Экранное меню

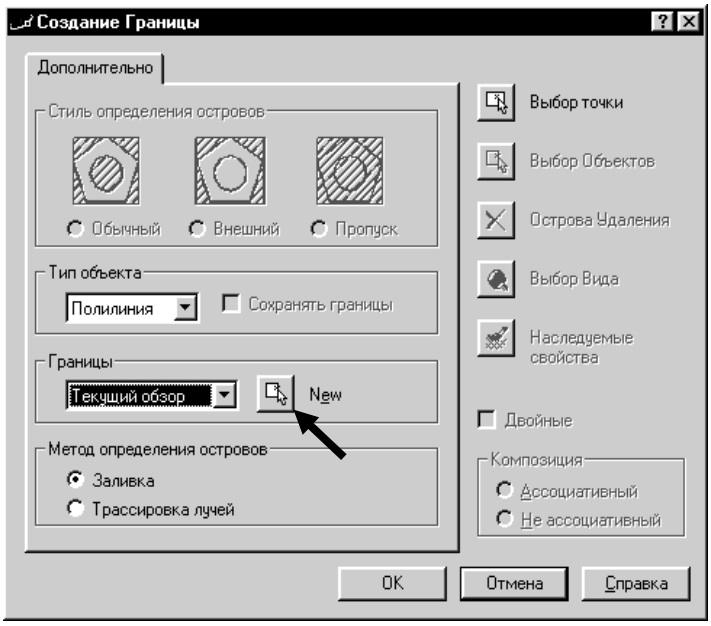


Рис.2.16. Диалоговое окно «создание границы»

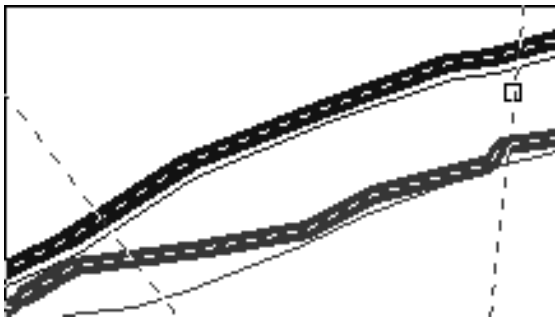


Рис.2.17.Создание границы

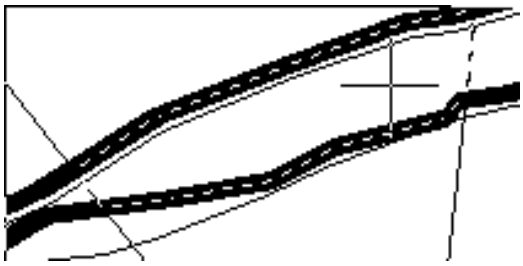


Рис.2.18. Создание замкнутого контура

В экранном меню последовательно выбрать пункты Area: и Object. В качестве объекта указать созданный контур прирезки.

В командной строке появится сообщение «Area = …», характеризующее площадь замкнутого многоугольника в мм^2 модели $S_м$. Результат записать в табл.1. по номерам соответствующего горизонта (в примере – гор.137)

Вычислить истинную площадь многоугольника $S_и$ (в м^2), используя выражение $S_и=S_м \cdot k_п$, где $k_п$ – коэффициент, пропорциональный квадрату масштаба модели. Если модель построена в М 1:1000, то $k_п=1$, при М 1:2000 - $k_п=4$, при М 1:5000 - $k_п=25$ и т.п. Поскольку базовый масштаб моделей участка борта – 1:1000, то $S_и=S_м$ ($k_п=1$)

Повторить действия для всех предполагаемых к отработке горизонтов на участке борта. Результаты записать (табл.3.1).

Вычислить объемы работ, планируемые к выемке на каждом горизонте, умножая рассчитанную площадь прирезки на высоту соответствующего уступа.

Отчетность по работе:

Результатом проделанной работы является таблица, характеризующая планируемый объем горных работ на участке борта следующего вида.

Таблица 2.1

Отметка горизонта, м	**Площадь прирезки $S_м$, мм^2**	**Площадь прирезки $S_и$, м^2**	**Высота уступа $H_у$, м**	**Объем работ на горизонте V, м^3**
…	…	…	…	…
ВСЕГО:	…	…	…	…

2.4. Обоснование порядка отработки участка рабочего борта

Отработка каждого из уступов на перемещаемом участке борта возможна в нескольких вариантах:

одновременная – при наличии на каждом из отрабатываемых горизонтов готовых к выемке запасов (уширенной рабочей площадки). В этом случае экскаваторы перемещаются на каждом горизонте независимо от положения забоев на выше- и нижележащих уступах;

последовательно-параллельная – при наличии на отрабатываемых горизонтах рабочих площадок минимальной ширины, достаточной для удержания на них развала горной массы и размещения выемочного и транспортного оборудования. В этом случае экскаватор, расположенный на нижележащем уступе следует за экскаватором, установленном на вышележащем уступе и создающем резерв готовых к выемке запасов нижнему экскаватору;

последовательная – при отсутствии площадок достаточной ширины, что соответствует расконсервации нерабочего или долговременно законсервированного борта. В этом случае перемещение верхнего законсервированного уступа без подвигания остальных производится до тех пор, пока на нижележащем уступе не будут созданы готовые к выемке запасы или рабочая площадка требуемой (проектной) ширины.

Таким образом, общий порядок и время отработки заданного объема горной массы, прежде всего, зависят от возможности одновременной или последовательной расстановки экскаваторов на уступах по высоте перемещаемого борта, что в свою очередь определяется конструкцией рабочего пространства конкретного участка карьерного поля.

Целью лабораторной работы является установление порядка отработки участка карьерного поля по глубине.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая система AutoCAD.

Задачи работы:

1) создать характерное совмещенное поперечное сечение, характеризующее начальное и планируемое положения горных работ на отрабатываемом участке;

2) произвести увязку перемещающихся горных работ с параметрами системы разработки: величиной рабочей площадки минимальной ширины и взрывного блока (экскаваторной заходки);

3) обосновать порядок отработки участка карьерного поля по глубине и максимально возможное количество участвующих в этом процессе экскаваторов.

Исходные данные: компьютерные модели участка борта карьера (исходное и планируемое положения горных работ) масштабом 1:5000 или 1:2000.

Порядок выполнения работы:

Вызвать на экран исходную модель рабочего пространства участка борта.

Назначить и зафиксировать на плане по согласованию с преподавателем положение секущей плоскости на плане (рис.2.19).

Создать макет сечения по борту карьера, для чего параллельно секущей в М 1:5000 создать с шагом, равным высоте уступа, ряд линий, соответствующих высотным отметкам отрабатываемых горизонтов (рис.2.20).

Рис.2.19. Задание плоскости сечения

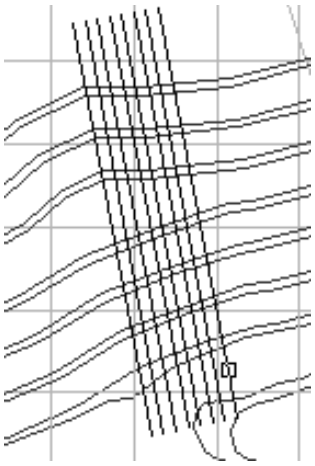


Рис.2.20. Макет сечения

Из точек пересечения секущей с верхними и нижними бровками уступов модели борта провести перпендикуляры до макета сечения (до линий с соответствующими высотными отметками горизонтов), рис.2.21.

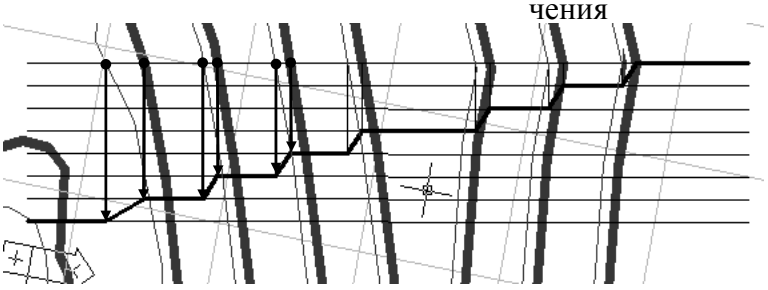


Рис.2.21. Построение сечения борта карьера

Объединить полученную в результате построений ломаную – сечение по борту, в единую полилинию (рис.2.21), присвоить ей толщину 0,6 мм. Вспомогательные построения удалить (рис.2.22).

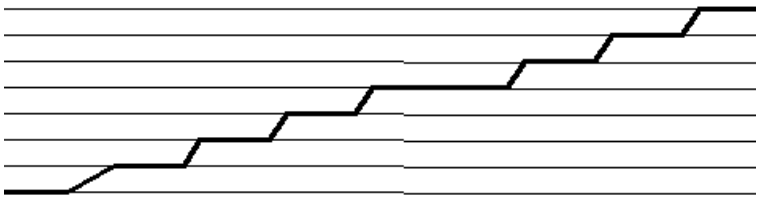


Рис.2.22. Сечение борта карьера

Аналогичным образом построить сечение планируемого положения горных работ. Получить распечатку.

Принять минимальную ширину рабочей площадки 40 - 50 м, ширину взрывного блока – 20 м.

Вручную в масштабе разделить каждый отрабатываемый горизонт на блоки-заходки принятой ширины, как это показано на рис. 2.23.

Сопоставляя величину фактической площадки на горизонте и ширину отрабатываемого взрывного блока с принятой минимальной шириной рабочей площадки (40,0 м), пронумеровать, начиная с верхнего горизонта на поперечном сечении (1, 2, 3…) последовательность возобновления горных работ по глубине рабочей зоны.

При нумерации необходимо иметь в виду, что одинаковыми цифрами отмечаются блоки, отрабатываемые параллельно (например «3»-«3»). Для примера на рис.2.23 горные работы на гор. 92 м могут быть начаты после того, как отработана заходка 1 (гор. 107 м), создающая площадку нормальной величины $B_р$, т.е. гор. 92 м подлежит расконсервации. Далее гор.92м отрабатывается параллельно с гор. 107 м.

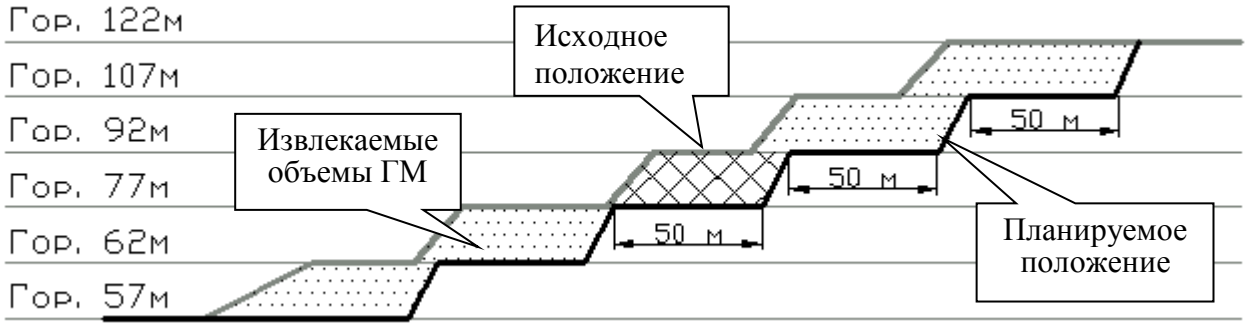


Рис.2.23. Исходное и планируемое положения борта карьера

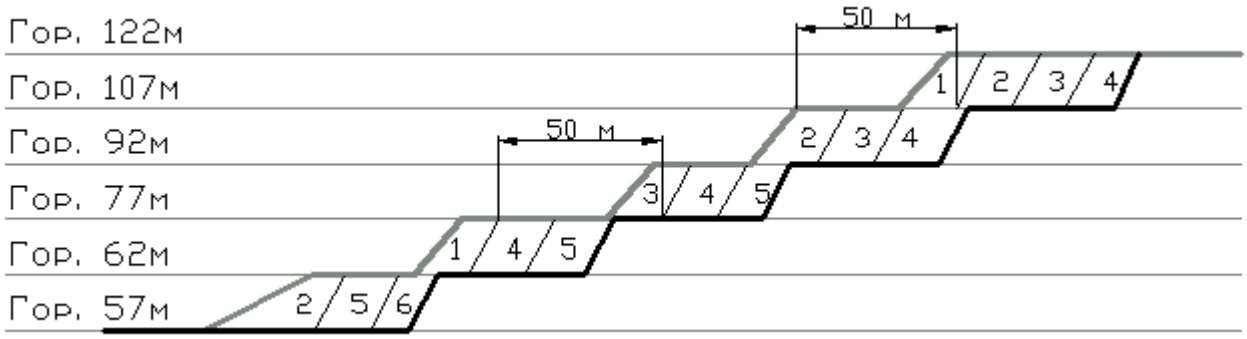


Рис.2.24. Схема к определению порядка отработки:
1, 2, 3, 4, 5, 6 порядок отработки заходок

Работы на гор.62 м могут первоначально вестись одновременно с отработкой гор. 107 м, однако затем горные работы должны быть на какое-то время приостановлены, поскольку на гор. 77 м ширина площадки сокращается до ширины законсервированной ($B_к$).

Из рис. 2.24 видно, что количество экскаваторов, отрабатывающих участок борта, может возрастать от 2 до 4.

Отчетность по работе:

1. Файл XXX.DWG – совмещенное поперечное сечение по участку борта карьера (исходное и планируемое положения).
2. Совмещенное поперечное сечение по участку борта в М 1:5000 или М 1:2000 с разделением каждого горизонта на блоки и нумерация их по порядку вовлечения в разработку.
3. Сведения о максимальном количестве экскаваторов, используемых в начале отработки участка и предполагаемом их количестве в период полного развития работ.

2.5. Выбор технологической схемы расконсервации уступов

При выборе технологической схемы отработки и расконсервации уступов пользоваться графической базой данных и учебным пособием «Технологические схемы консервации и расконсервации».

Выбор технологической схемы осуществляется на основании анализа:

- конструкции карьерного пространства непосредственно на участке работ, в т.ч. высоты уступов, углов наклона их откосов и размеров площадок на каждом перемещаемом горизонте;
- типоразмеров применяемого выемочного оборудования: экскаваторов с обычным и удлиненным рабочим оборудованием, гидравлических экскаваторов – прямых и обратных лопат, драглайнов и пр.;
- вида и параметров транспорта, применяемого на откатке горной массы.

Самым простым вариантом расконсервации участка погашенного борта является последовательная отработка уступов сверху вниз с созданием на них рабочих площадок. Данный вариант расконсервации возможен, если расширение площадок до параметров рабочих производится на отдельном участке борта и не влияет на развитие горных работ в карьере.

При расконсервации уступа с использованием автотранспорта создается разворотная площадка, на которой производятся безопасные маневры автосамосвалов и погрузка горной массы.

Целью лабораторной работы – выбор технологической схемы расконсервации перемещаемого уступа.

Программные средства и техническое обеспечение – графическая база данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов»

Задачи работы:

1) изучить технологические схемы консервации и расконсервации уступов, подобрать наиболее рациональную для предложенных условий;

2) рассчитать ширину разворотной площадки при расконсервации уступа с использованием средств автомобильного транспорта;

3) согласовать геометрические параметры расконсервируемого карьерного пространства на уступе с параметрами БВР и параметрами разворотной площадки;

4) уточнить параметры первого взрывного блока на каждом отрабатываемом горизонте;

5) уточнить порядок отработки каждого перемещаемого горизонта.

Исходные данные:

- совмещенное поперечное сечение по участку борта в масштабе 1:5000 или 1:2000 с разделением каждого горизонта на блоки, пронумерованные по порядку вовлечения в разработку;
- типоразмер автосамосвала, принятый на транспортировании горной массы;
- принятая ранее типовая ширина взрывного блока.

Порядок выполнения работы

Изучается графическая база данных «Технологические схемы ведения горных работ при консервации и расконсервации уступов», принципы расчета.

Производится выбор наиболее подходящих по условиям ведения горных работ технологической схемы расконсервации уступа.

Рассчитывается ширина разворотной площадки минимальной ширины, на которой производятся маневры автосамосвалов и погрузка горной массы. При тупиковом развороте автосамосвалов ее величина (м) определяется по выражению:

$$Ш_{рп} = B_a/2 + R_a + L_a/2 + 2S + Ш_{пв}$$

где B_a – ширина автосамосвала, м;

R_a – конструктивный радиус поворота автосамосвала, м;

L_a – длина автосамосвала, м;

S – безопасное расстояние от а/с до предохранительного вала (1,0 м),

$Ш_{пв}$ – ширина предохранительного вала, м.

Ширина предохранительного вала зависит от высоты вала и устойчивого угла пород (**ψ**), из которых вал формируется. Согласно Единым правилам безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом предохранительный вал должен быть размещен таким образом, чтобы его вертикальная ось располагалась за призмой обрушения уступа.

Высота предохранительного вала определяется как:

$$h_{пв}=0,5d_k$$

где d_k – диаметр колеса самого крупного автосамосвала, используемого на уступе.

Таким образом, $Ш_{пв}$ может быть определена по выражению:

$$Ш_{пв}=2\cdot h_{пв}\cdot ctg\ \psi$$

При ψ=45 град, $Ш_{пв}=2\cdot h_{пв}$.

Типоразмер автосамосвала принимается самостоятельно на основании данных табл. 2.2.

Таблица 2.2

Марка автосамосвала	**Параметры автосамосвалов**		
	Ra, м	**La, м**	**Ba, м**
БелАЗ-540	8,3	7,25	3,48
БелАЗ-548	9,5	8,17	3,70
Белаз-549	9,5	9,70	4,90
БелАЗ-7519	12,0	11,30	6,10

Расчетное значение разворотной площадки сопоставляется с размерами предварительно планируемого на предыдущей стадии выработанного пространства, возникающего на уступе после отработки первого взрывного блока. Размеры площадки определяются графически на основании имеющегося поперечного разреза.

Если расчетная ширина разворотной площадки меньше, то производится корректировка ширины первого взрывного блока за счет увеличения количества взрываемых рядов.

Окончательно выбирается технологическая схема расконсервации уступа и выводится из базы данных на печать.

Отчетность по работе:

1. Сравнительная таблица, характеризующая окончательно принятые параметры первоначальных взрывных блоков и площадок, возникающих при их отработке на каждом из перемещаемых уступов.

Таблица 2.3

Отметка. горизонта, м	Расчетная ширина разворотной площадки, м	Ширина площадки при отработке блока стандартной ширины, м	Принятая ширина первого взрывного блока на горизонте, м	Планируемая ширина разворотной площадки при возобновлении работ на горизонте, м
107	23,5	22,0	26,5	28,5
92		…	…	…
77		…	…	…

2. Совмещенное поперечное сечение по участку борта с указанием окончательного варианта разделения уступов на взрывные блоки и очередности их отработки.

3. Чертеж (план и поперечный разрез) принятой схемы расконсервации уступов, а также ее адрес в базе данных.

2.6. Составление календарного графика отработки участка борта

Как правило, после выполнения горно-геометрических расчетов работники предприятий обосновывают очередность отработки уступов, необходимую для реализации установленного плана развития горных работ. При этом решаются следующие основные задачи:

1) обоснование очередности отработки горизонтов с целью поддержания необходимого резерва готовых к выемке запасов полезного ископаемого в каждый текущий момент времени;

2) обоснование объема вскрытых и подготовленных запасов, создающихся при том или ином варианте ведения вскрышных работ по площади и глубине карьерного поля;

3) определение минимального срока отработки того или иного участка борта;

4) определение объемов работ, необходимых для попутной реализации перспективных долгосрочных планов развития горных работ;

5) установление рационального порядка перегона экскаваторов с горизонта на горизонт;

6) обоснование объема работ при консервации и расконсервации уступов в рабочей зоне карьера и пр.

Принимаемые решения обосновываются путем совместного количественного анализа перемещения рабочих уступов в карьерном пространстве с расстановкой в нем экскаваторов.

Цель работы: освоить методику планирования расстановки выемочного оборудования при реализации плана ведения горных работ.

Задачи работы:

1. В установленных ранее границах ведения горных работ разработать календарный график перемещения участка борта карьера и определить продолжительность его отработки.

2. Установить предполагаемое максимальное количество экскаваторов, которое может быть использовано одновременно в начале отработки участка и в период полного развития горных работ на нем.

3. Установить необходимые сроки и очередность перегона экскаваторов с горизонта на горизонт.

Исходные данные:

- планируемые к выемке объемы горной массы по горизонтам карьера с разделением на выемочные блоки, рассчитанные по результатам занятия 2 и 4 (табл.2.1);
- предполагаемая месячная производительность экскаватора – 120 - 180 тыс.м^3/мес. (экскаваторы с емкостью ковша 10 - 12 м^3).

Порядок выполнения работы:

Вычертить таблицу для расчета длительности отработки выделенных на каждом горизонте выемочных блоков (табл. 2.4). Для примера данные привязаны к рис. 2.24 (п. 2.4).

Таблица 2.4

Отметка горизонта, м	Планируемый объем работ, $V_{гор}$, тыс.м^3	Количество отрабатываемых блоков, $N_{бл}$	Длительность отработки выделенных блоков на горизонте, мес.					
			1	2	3	4	5	6
107	960	4	2	2	2	2	-	-
92	650	3	-	1,8	1,8	1,8	-	-
77	610	3	-	-	1,7	1,7	1,7	-
62	540	3	1,5	-	-	1,5	1,5	-
47	400	3	-	1,1	-	-	1,1	1,1

Для упрощения расчетов вычислить средний объем отрабатываемого на горизонте блока по соотношению:

$$V_{бл} = V_{гор} / N_{бл} .$$

Вычислить среднюю длительность отработки блока на горизонте, исходя из принятой производительности экскаватора ($Q_э$):

$$T_{бл} = V_{бл}/Q_э .$$

Длительность отработки блоков занести в табл. 2.4. под номерами, выделенными на совмещенном сечении (рис. 2.24).

Для каждого горизонта построить совмещенный линейный график отработки каждого горизонта, учитывая при этом, что выделенные на сечении блоки, обозначенные одинаковыми цифрами, могут отрабатываться одновременно (рис. 2.25).

При построении графика первоначально следует рассчитать время начала отработки и длительность работ на каждом из горизонтов (см. табл. 2.4). Для примера на рис.7 начало отработки гор. 92 м: 0 + 2 = 2 мес., начало отработки гор. 77м: 2 + 1,8 = 3,8 мес., начало отработки гор. 62 м – одновременно с гор. 107, затем после перерыва: 3,8 + 1,7 = 5,6 мес. и т. д.

Проанализировать построенный первоначальный график отработки участка борта и над каждой линией, соответствующей длительности отработки блока на горизонте, проставить номера экскаваторов (1, 2, 3…), которые могут работать одновременно или последовательно. При необходимости изменить время начала работ на горизонте с целью полного использования экскаваторов, уже задействованных на отработке участка.

Анализом графика принять решение о необходимости перегона экскаваторов с горизонта на горизонт и переносе времени отработки некоторых блоков по условию наилучшей загрузки задействованных экскаваторов на чистой работе (рис. 2.26). Например, выемку горной массы на гор. +62 м рационально задержать на 1,2 мес. с тем, чтобы экскаватор № 2 мог последовательно отрабатывать гор. 62 м, затем 47 м и далее 77 м. Стрелками показать направление перегона экскаваторов с горизонта на горизонт.

Отметка горизонта	Длительность выемки, мес.											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
107	0,0								8,0			
92		2,0						7,4				
77				3,8					8,9			
62	0,0	1,5				5,5			8,6			
47		1,5	2,6						8,9			11,1

Рис.2.25. Исходный график отработки участка карьера
с учетом перегонов экскаваторов с горизонта на горизонт

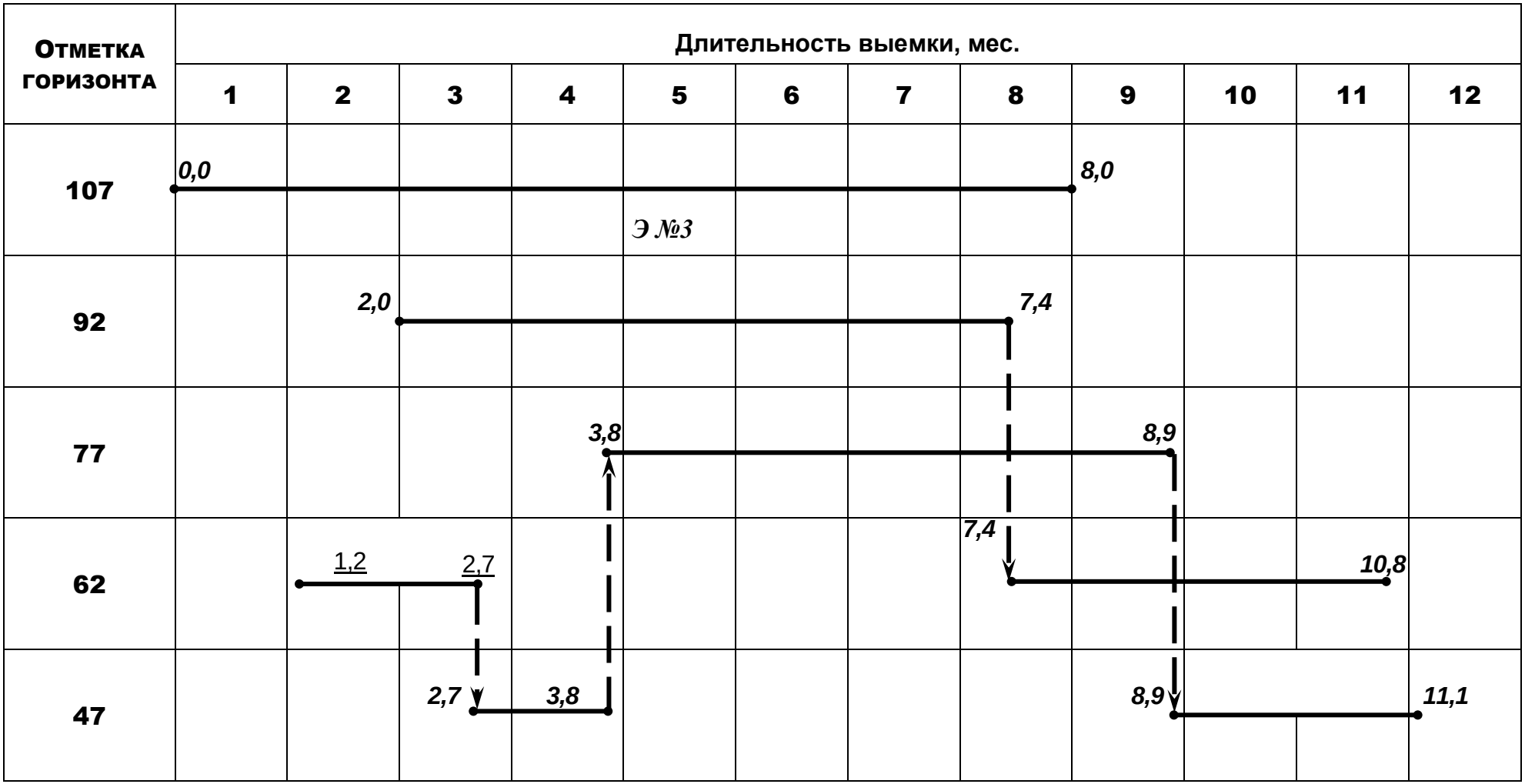


Рис. 2.26. Окончательный график отработки участка карьера
с учетом перегонов экскаваторов с горизонта на горизонт

Окончательно принять максимально возможное количество экскаваторов, отрабатывающих участок борта. Установить общее время отработки запланированных объемов горной массы на участке борта по наибольшему времени отработки анализируемых горизонтов. Как это следует из рис. 2.25 и 2.26, возможны несколько вариантов последовательности отработки горизонтов.

Отчетность по работе:

1. Заполненная табл. 2.4, содержащая сведения, необходимые для расчета календарного графика отработки участка борта.
2. Совмещенный начальный и окончательный календарные графики отработки участка борта, вычерченные разным цветом.
3. Заключение о необходимом количестве экскаваторов и длительности отработки запланированных объемов.

3. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М.: Недра, 1981. 278 с.

Компьютеры и системы управления в горном деле за рубежом /Ю. П. Астафьев, А. С. Зеленский, Н. И. Горлов и др. М.: Недра, 1989. 264 с.

Организация и управление горным производством: Учеб. для вузов /В. И. Ганицкий, Д. Г. Даянц, М. А. Бурштейн и др. Под общей ред. В. И. Ганицкого, М.: Недра, 1991. 368 с.

Технологические схемы консервации и расконсервации, графическая база данных и учебное пособие. /Авт: С. В. Корнилков, В. Л. Беляев, С. Н. Важенина и др. Екатеринбург. 1996.

Резниченко С. С., Подольский М. П., Ашихмин А. А. Экономико-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством: Учеб. для вузов. М.: Недра, 1991. 428 с.

Ржевский В .В. Открытые горные работы. Учеб. для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. 4-е изд. Перераб. и доп. М.: Недра, 1985. 549 с.

Сорокин Л. А. Взаимодействие процессов на карьерах: Учебное пособие Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1996. 96 с.

Хохряков В. С. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок: Учеб. пособие. Екатеринбург: изд. УГГГА, 1996. 180 с.

Компьютерное планирование горных работ на рабочем борту карьера: Программные средства и учебное пособие / Авт.: В. С. Хохряков, В. М. Аленичев, В. И. Суханов и др. Екатеринбург, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ГОУ ВПО

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра разработки месторождений открытым способом

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Дисциплина: Планирование открытых горных работ
Тема проекта: Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях

Зав. кафедрой РМОС,
проф., д.т.н. Лель Ю. И.

Руководитель проекта,
асс. Мусихина О. В.

Разработчик проекта,
студент гр. ОГР-01-1 Иванов А. И.

Екатеринбург, 2005

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Задание
на выполнение курсового проекта
по дисциплине «Планирование открытых горных работ»

Тема проекта: Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях

Общие исходные данные

- годовое подвигание фронта работ на гор. +62 м:
  для четных номеров заданий – $V_ф$=60,0 м/год;
  для нечетных номеров заданий – $V_ф$=70,0 м/год;
- минимальная ширина рабочей площадки $B_р$=40,0 м;
- ширина площадки консервации $B_{конс}$=19,0 м;
- транспорт – автомобильный;
- производительность экскаватора:
  для четных номеров заданий – $Q_э$=1,3 млн.м^3/год;
  для нечетных номеров заданий – $Q_э$=1,5 млн.м^3/год;
- минимальная ширина взрывного блока $B_{вб}$= 20,0 – 25,0 м.

Индивидуальные исходные данные:

- выкопировка участка борта карьера из сводного плана карьера (условный пример или реальные условия по усмотрению преподавателя);
- высота уступа (отличающаяся от 15 м) – …;
- тип и производительность экскаватора (отличающийся от ЭКГ-10) –
- высотные отметки горизонтов – …;
- другие условия – … .

Руководитель проекта _____ (ФИО)
(дата, подпись)

Студент гр. ОГР-_____ _____ (ФИО)
(дата, подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

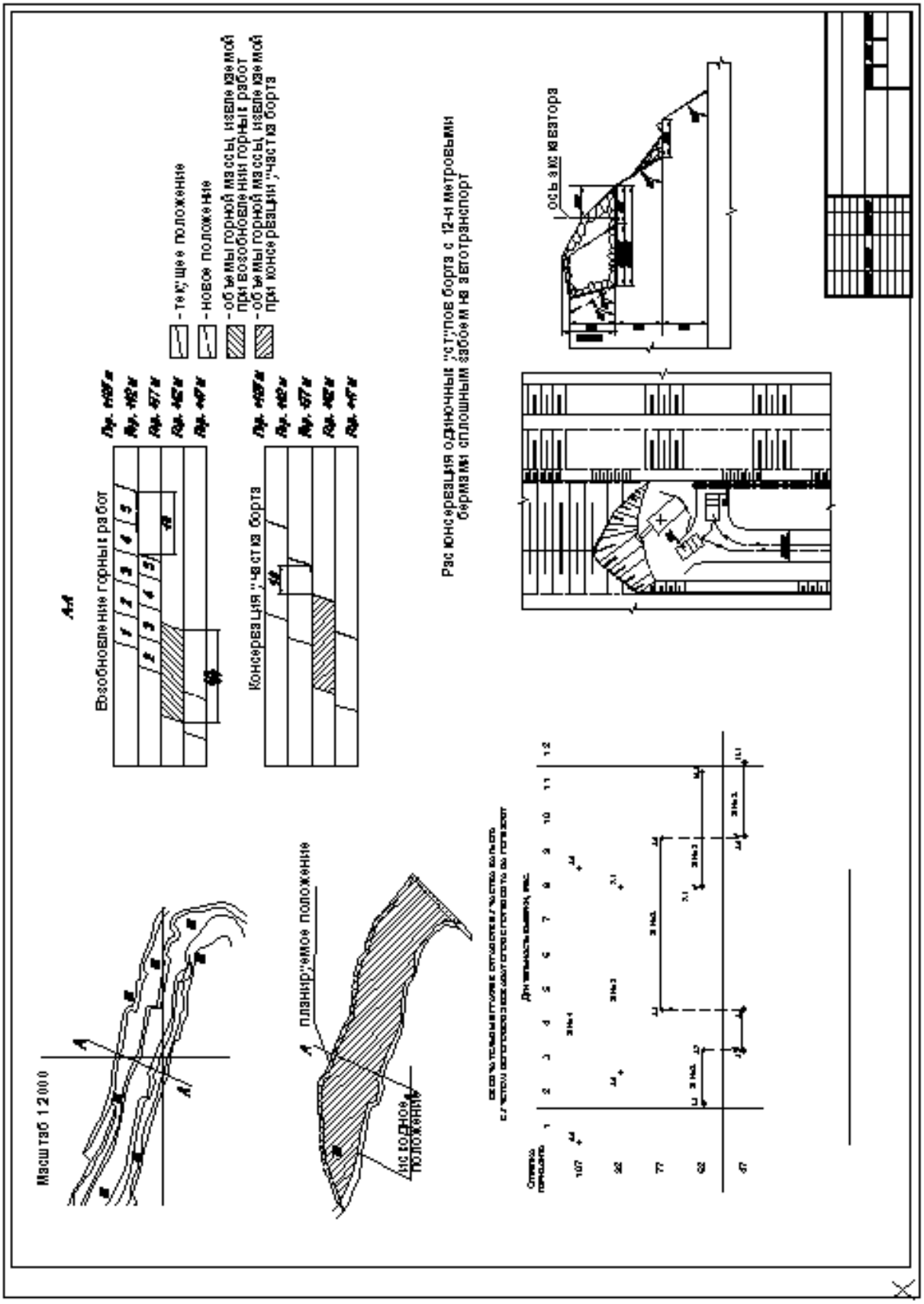
Образец оформления содержания пояснительной записки к проекту

СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

1.	Моделирование расчетных положений рабочей зоны	3
2.	Расчет планируемых объемов выемки горной массы на участке борта	7
3.	Обоснование порядка отработки участка борта	10
4.	Выбор технологической схемы расконсервации перемещаемых усту-пов	15
5.	Разработка календарного графика отработки участка борта	22
6.	Список использованной литературы	25

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Образец графики



ОБРАЗЕЦ УГЛОВОГО ШТАМПА

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4">090500-ОГР-01-1-ТМ</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4" rowspan="2">Планирование отработки участка борта карьера в сложных горно-технических условиях</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>Должность</td><td>Фамилия</td><td>Подпись</td><td>Дата</td><td rowspan="2">Комбинат "Ураласбест"
карьер "Южный"</td><td>Стадия</td><td>Лист</td><td>Листов</td></tr>
<tr><td>Разработ.</td><td>Иванов А.И.</td><td></td><td></td><td>КР</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Проверил</td><td>Белов В.Л.</td><td></td><td></td><td rowspan="3">Технологические схемы, порядок отработки и календарный график ведения горных работ на уступах</td><td colspan="3" rowspan="3">УГТУ
Кафедра РМОС</td></tr>
<tr><td>Гл. спец.</td><td>Белов В.Л.</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Зав.каф.</td><td>Лак Ю.И.</td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

Корнилков Сергей Викторович
Исаков Сергей Владимирович
Мусихина Ольга Владимировна

ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические указания и пособие по выполнению курсового проекта и лабораторных работ по дисциплине «Планирование открытых горных работ» для студентов специальности 090500 – «Открытые горные работы (ОГР)» направления 650600 – «Горное дело»

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта и лабораторных работ
по дисциплине «Планирование открытых горных работ»
для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы (ОГР)»
направления 130400 – «Горное дело»

Корректура кафедры разработки месторождений открытым способом

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1\16. Печать на ризографе
Печ.л. . Уч-изд.л. . Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.В.09.07 ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 3

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ..... 3

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 4

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ» 4

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»..... 5

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучить рабочую программу дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. По учебнику 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 и выполните рекомендованные упражнения. 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.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Основные определения: «технология», «планирование». Сущность планирования горных работ.
2. Общая концепция ресурсного обеспечения материального производства
3. Характеристика методов планирования материального производства
4. Классификация задач планирования горных работ
5. Причины отклонений горных работ от планируемых.
6. Этапность и непрерывность планирования ведения горных работ
7. Структура затрат горного производства.
8. Методы расчета и обоснования экономических показателей открытой разработки.
9. Основные технические задачи долгосрочных и перспективных планов разработки.
10. Планирование реконструкции вскрытия карьерного поля при железнодорожном и автомобильном транспорте.
11. Горнотехнические и горно-экономические задачи годовых планов разработки
12. Порядок разработки и согласования планов горных работ

13. Классификация фронтов уступов по степени их готовности к отработке
14. Сущность квартального и месячного планирования горных работ.
15. Оперативное недельно-суточное планирование: сущность и особенности планирования при различных видах транспорта
16. Особенности планирования горных работ на карьерах по производству строительных материалов и на угольных разрезах.
17. Особенности планирования горных работ на карьерах черной и цветной металлургии.
18. Особенности планирования горных работ на предприятиях по добыче облицовочного камня.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

3.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. , Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 725 с.	32
2.	Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.	40

3.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1.	Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: илл.	112
3.	Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело)	2

4. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Горное дело: информационно-аналитический портал для горняков; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.mwork.su/

Горное дело: информационно-справочный сайт; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gornoe-delo.ru/

Горнопромышленный портал России: информационный портал; то же [Электронный ресурс]. – URL: http://www.miningexpo.ru/

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПЛАНИРОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ»

Тема 1: Методология планирования горных работ

Основные определения. Сущность планирования горных работ. Общая концепция ресурсного обеспечения материального производства. Характеристика методов планирования материального производства. Классификация задач планирования горных работ. Причины отклонений горных работ от планируемых. Этапность и непрерывность планирования ведения горных работ.

Тема 2: Экономические основы планирования горных работ

Методы расчета и обоснования экономических показателей открытой разработки. Укрупненные и детальные экономические расчеты. Расчет прямых эксплуатационных издержек, платежей и налогов. Анализ структуры себестоимости. Сущность бюджетного подхода к планированию открытой разработки. Экономическое обоснование главных показателей открытой разработки: текущего коэффициента вскрыши, производительности карьера по полезному ископаемому, качества добываемого полезного ископаемого.

Тема 3: Разработка долгосрочных и перспективных планов развития горных работ

Основные технические задачи долгосрочных и перспективных планов разработки. Способы управления рабочей зоной карьера. Порядок разработки стратегических и долгосрочных планов поддержания (развития) минерально-сырьевой базы предприятия. Горно-геометрические расчеты при долгосрочном и перспективном планировании открытой разработки. Планирование реконструкции вскрытия карьерного поля при железнодорожном и автомобильном транспорте.

Тема 4: Разработка годовых планов горных работ

Горнотехнические и горно-экономические задачи годовых планов разработки. Порядок разработки и согласования планов горных работ. Текстовая часть и графическая документация по годовому планированию. Классификация фронтов уступов по степени их готовности к отработке. Анализ состояния горных работ на карьере. Планирование работ

на участке перемещаемого борта. Способы поддержания фронта горных работ требуемой протяженности.

Тема 5: Разработка текущих и оперативных планов

Сущность квартального и месячного планирования горных работ. Разработка месячного плана-графика отработки экскаваторного блока на участке борта. Оперативное недельно-суточное планирование: сущность и особенности планирования при различных видах транспорта.

Тема 6: Особенности планирования открытой разработки в различных условиях

Особенности планирования горных работ на карьерах по производству строительных материалов и на угольных разрезах. Особенности планирования горных работ на карьерах черной и цветной металлургии. Особенности планирования горных работ на предприятиях по добыче облицовочного камня. Информационные технологии при планировании горных работ на карьерах. Характеристика программных средств планирования горных работ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 19.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург

Тема типового курсового проекта: **Автоматизированное проектирование объектов открытых горных работ.**

Типовой курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию, представленному в виде графической распечатки формата А4 с шестью геологическими поперечными сечениями рудного тела.

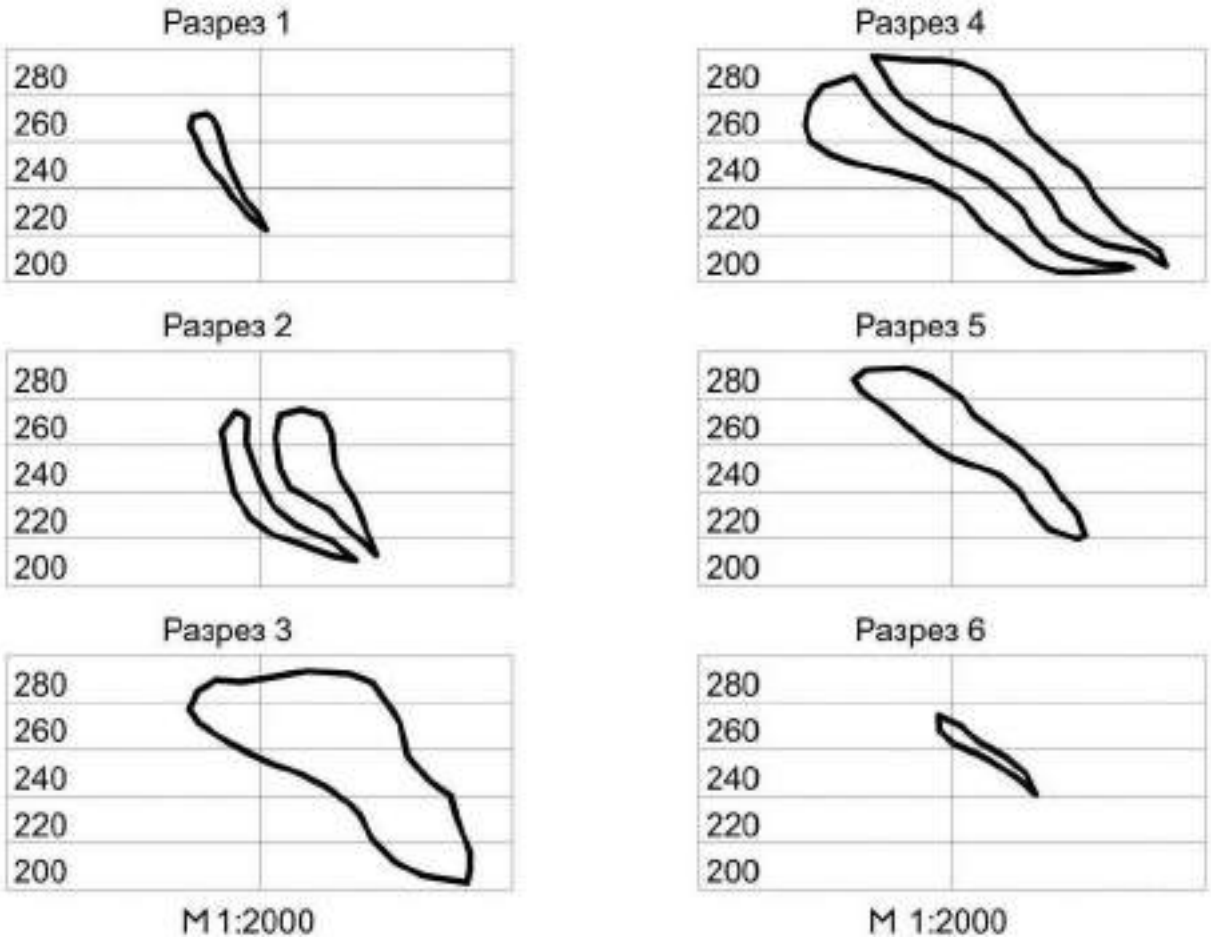


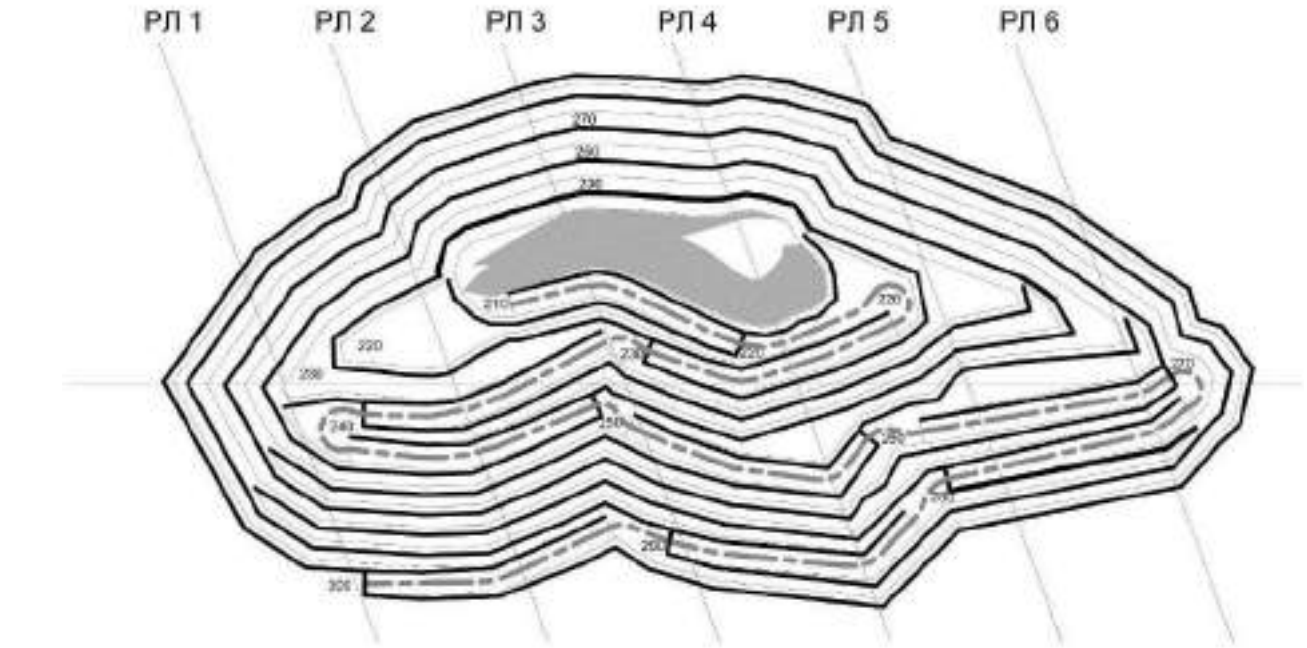
Рисунок прил.1-1 – Пример индивидуального задания для курсового проекта

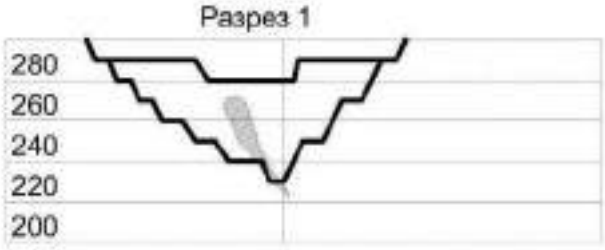
Цель курсового проекта:

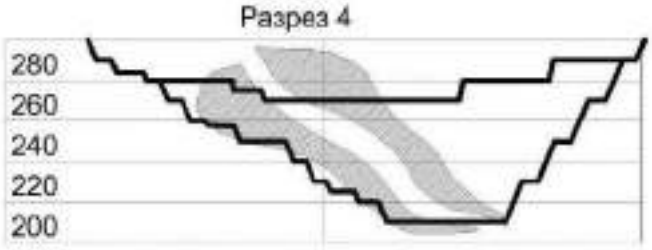
Освоить автоматизированные технологии проектирования карьеров, основанные на применении стандартных и специализированных программных средств типа AutoCAD Autodesk.

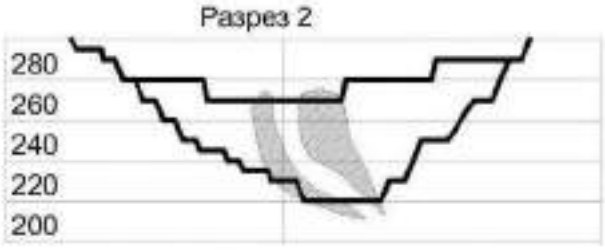
Курсовой проект выполняется на основе лабораторных работ, выполняемых студентом в ходе аудиторных занятий.

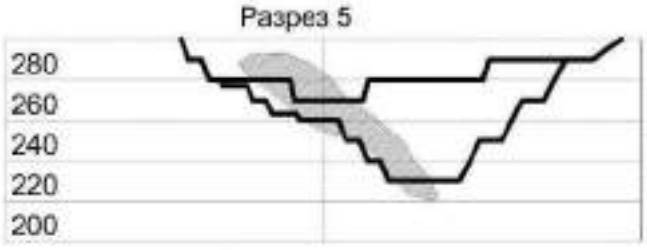
На основе данных, представленных на рисунке прил.1-1, студент последовательно решает поставленные задачи, в результате которых проектирует карьер со вскрывающими выработками и сдвоенными при погашении уступами, проводит сравнительный анализ изменения коэффициентов вскрыши при разной конфигурации границ карьерной выемки.











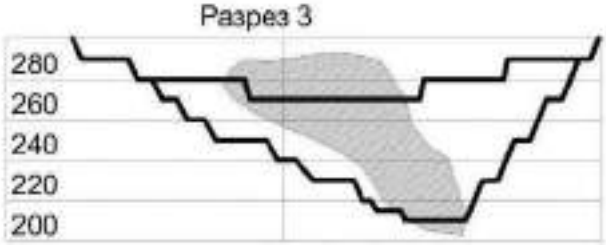


Рисунок прил.1-2 – Финальные материалы курсового проекта, предоставляемые преподавателю для оценки

Ход выполнения курсового проекта аналогичен ходу выполнения практических работ на аудиторных занятиях (см. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине «Информационные технологии в горном деле»)

Критерии оценивания:

– Качество выполненной работы
– Самостоятельность выполнения
– Соответствие требованиям оформления
– Защита курсового проекта

Критерии оценки:

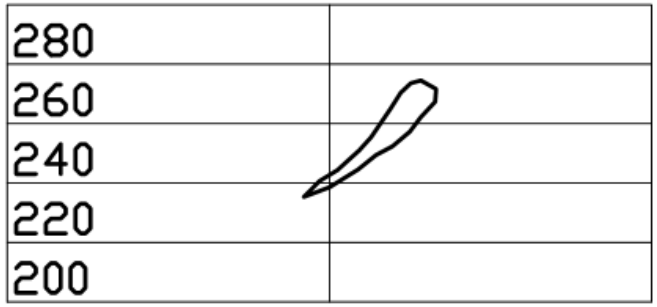
оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если проект выполнен в срок, на высоком уровне и в полном объеме, умело систематизированы данные в виде таблиц, отражен весь порядок выполнения работы, графика выполнена на надлежащем уровне (9-10 баллов)

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
6-8 баллов (60-89%) - оценка «хорошо»
4-6 баллов (40-59%) - оценка «удовлетворительно»
0-3 баллов (0-39%) - оценка «неудовлетворительно».

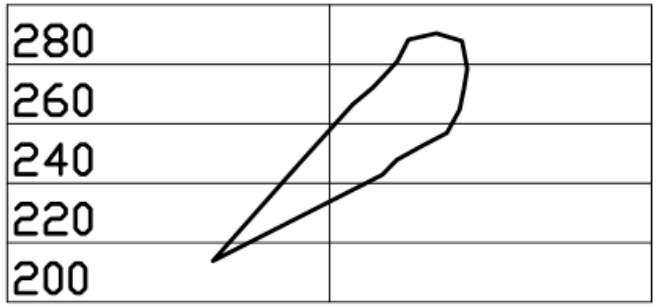
ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Вариант 23

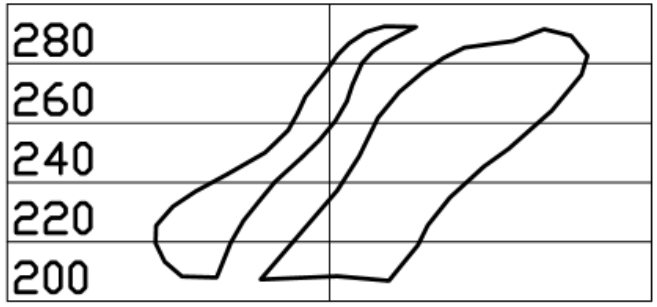
Разрез 1



Разрез 2

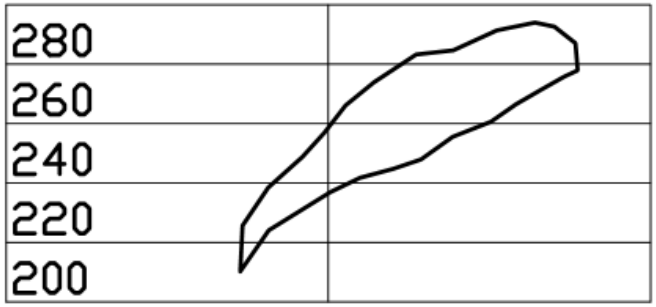


Разрез 3

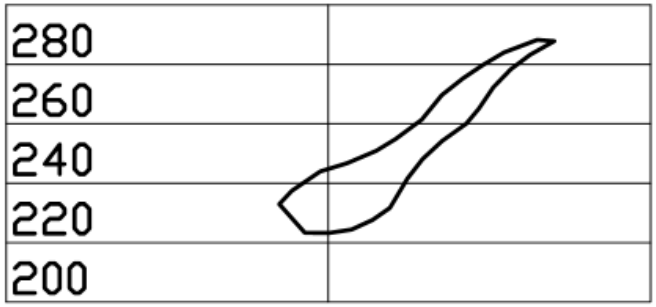


1:2000

Разрез 4



Разрез 5

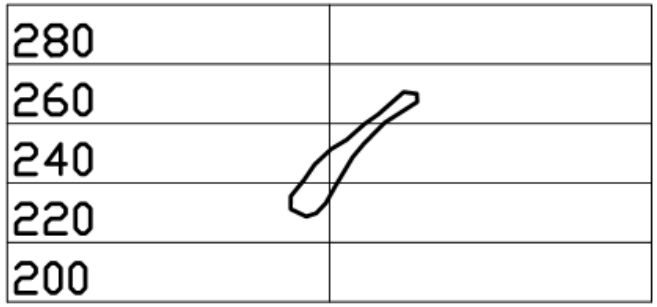


Разрез 6

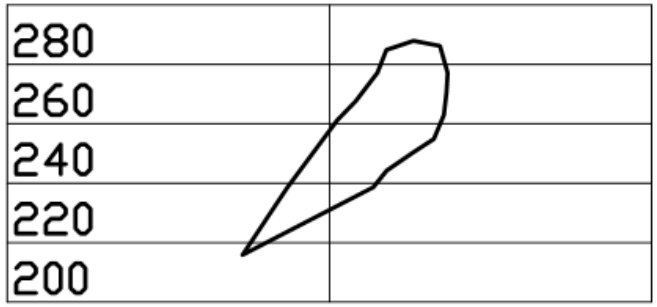
1:2000

Вариант 24

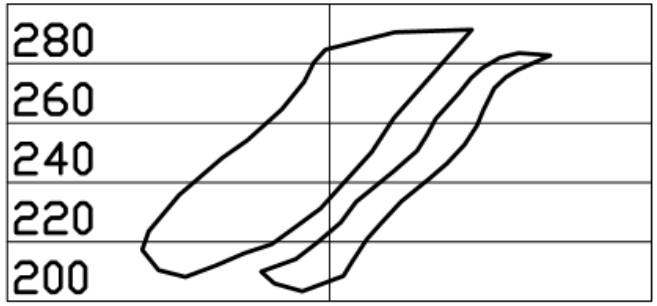
Разрез 1



Разрез 2

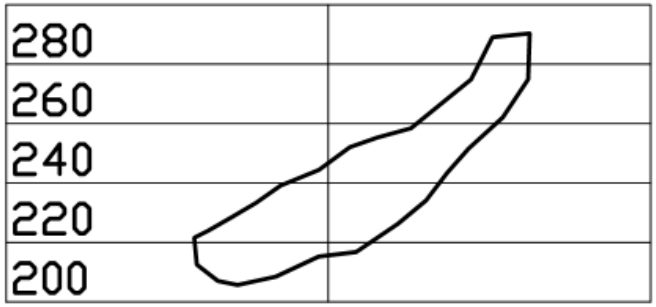


Разрез 3

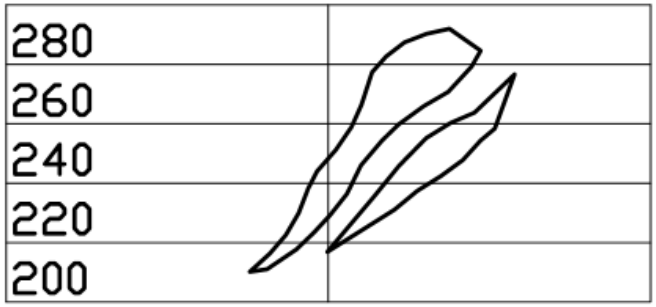


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6

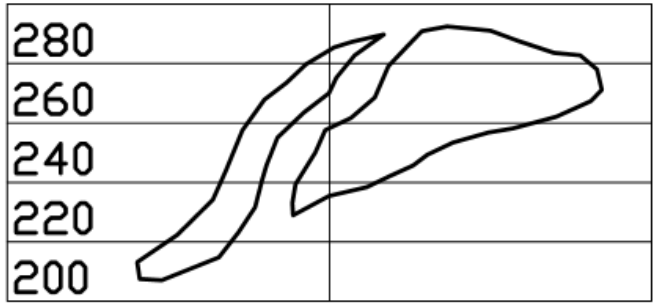
1:2000

Вариант 25

Разрез 1

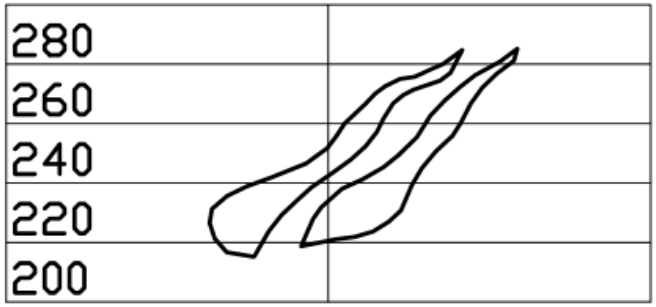
Разрез 2

Разрез 3

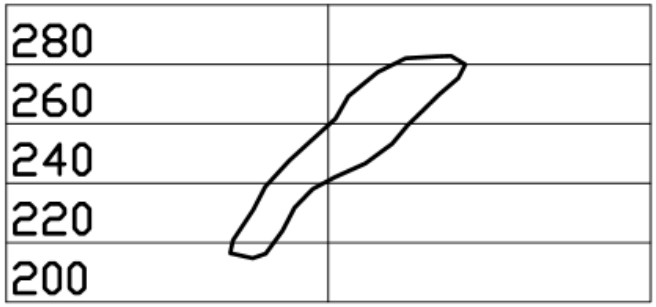


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



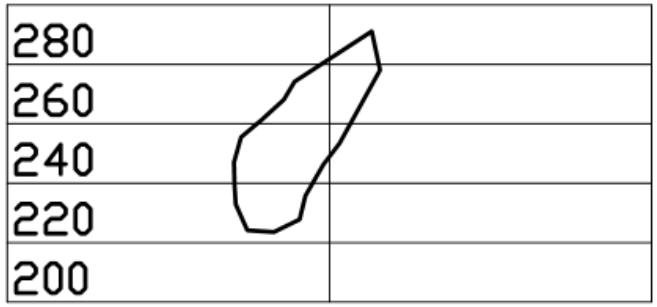
Разрез 6

1:2000

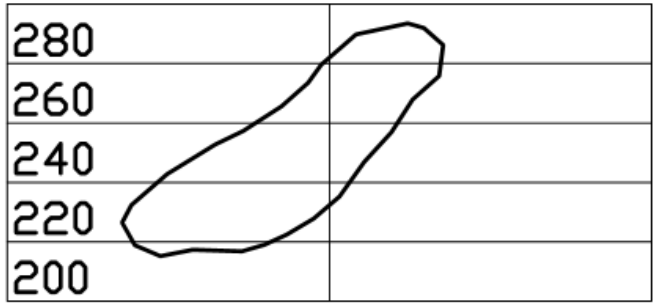
Вариант 26

Разрез 1

Разрез 2

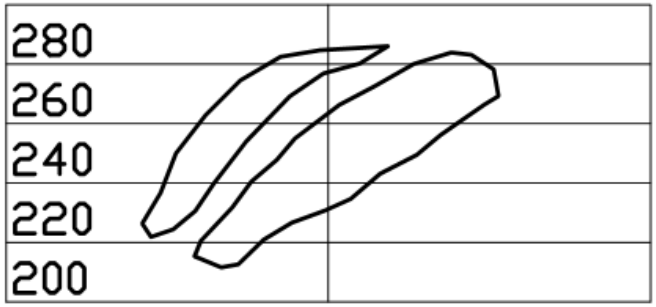


Разрез 3

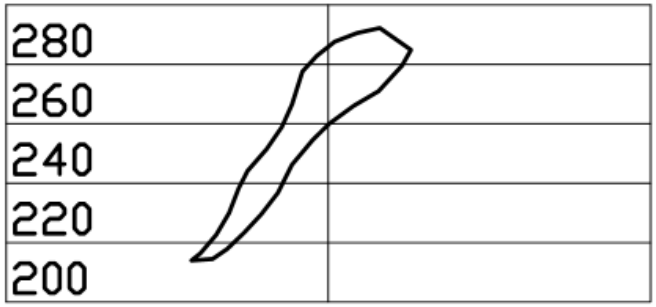


1:2000

Разрез 4



Разрез 5

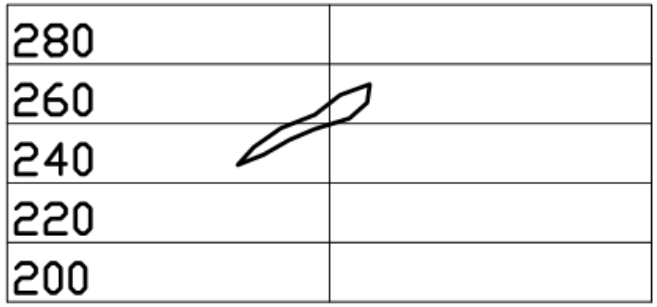


Разрез 6

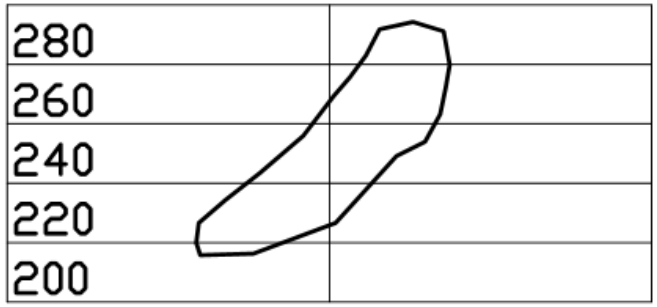
1:2000

Вариант 27

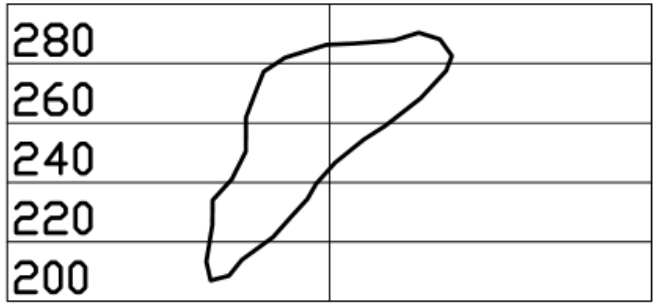
Разрез 1



Разрез 2

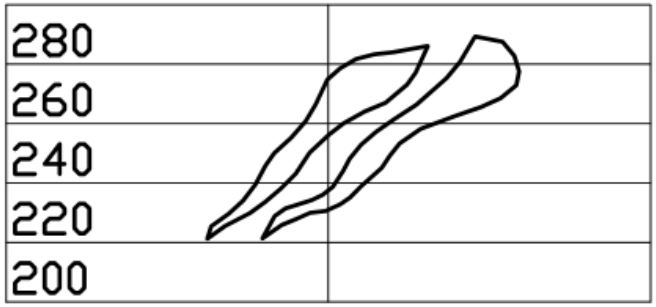


Разрез 3

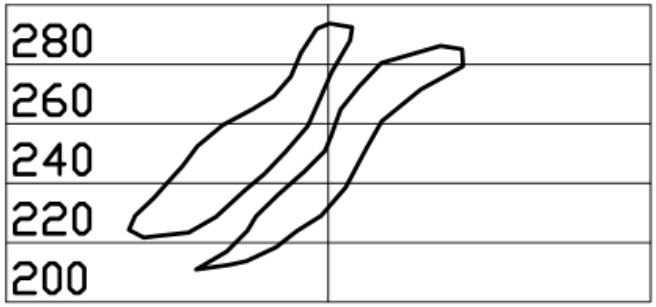


1:2000

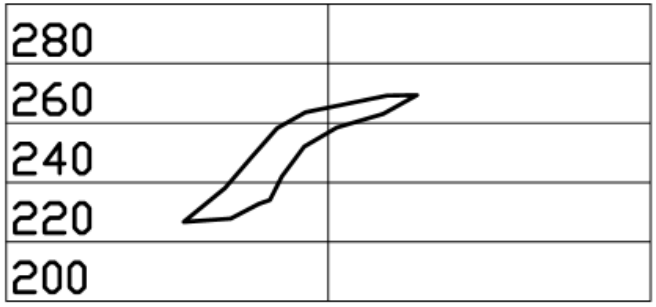
Разрез 4



Разрез 5



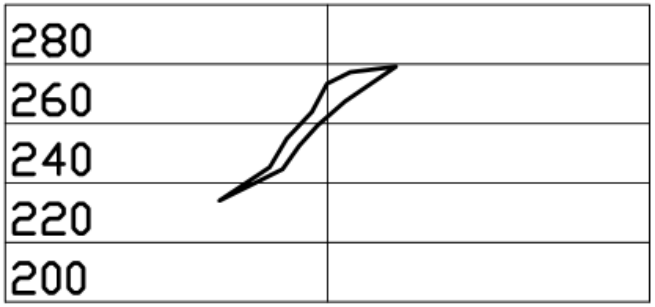
Разрез 6



1:2000

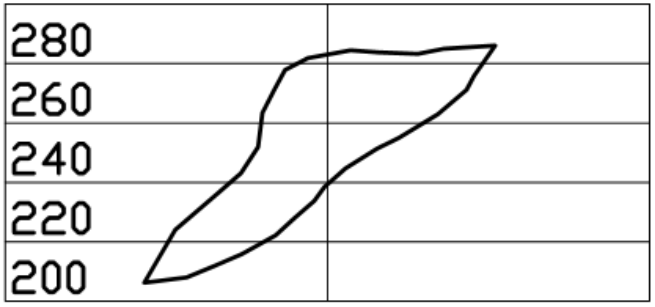
Вариант 28

Разрез 1



Разрез 2

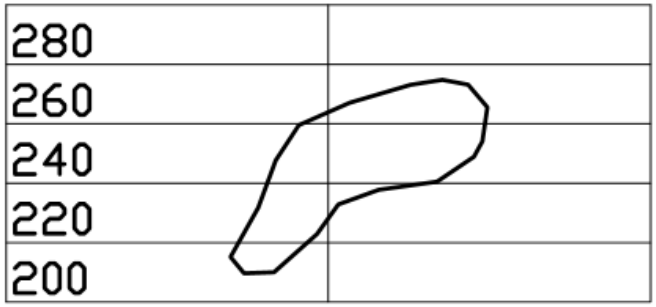
Разрез 3



1:2000

Разрез 4

Разрез 5

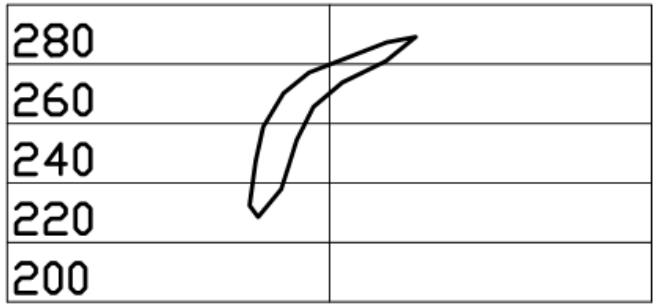


Разрез 6

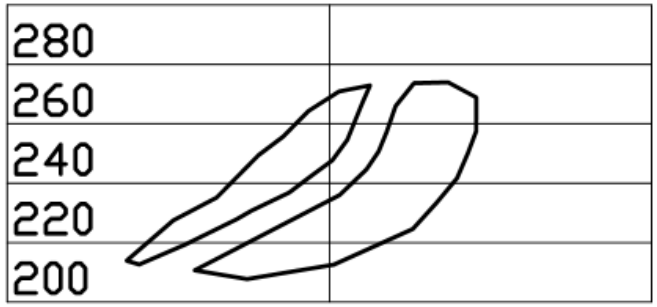
1:2000

Вариант 29

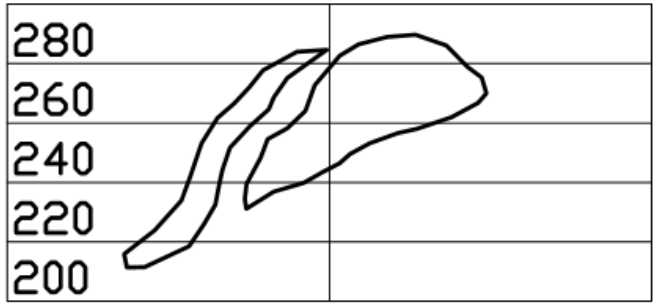
Разрез 1



Разрез 2

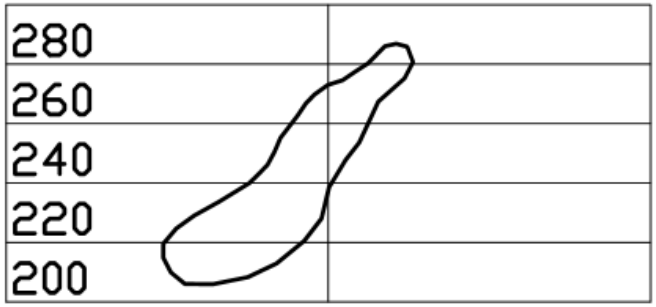


Разрез 3



1:2000

Разрез 4



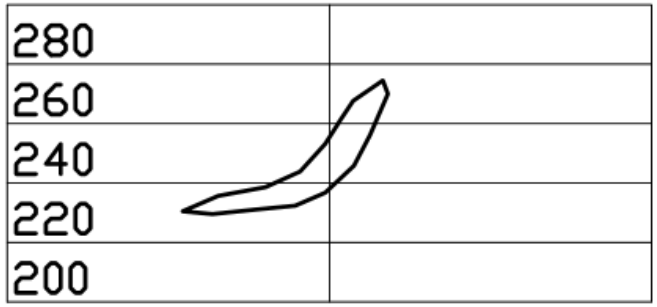
Разрез 5

Разрез 6

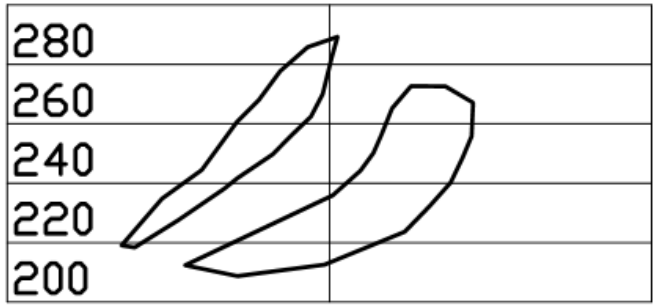
1:2000

Вариант 30

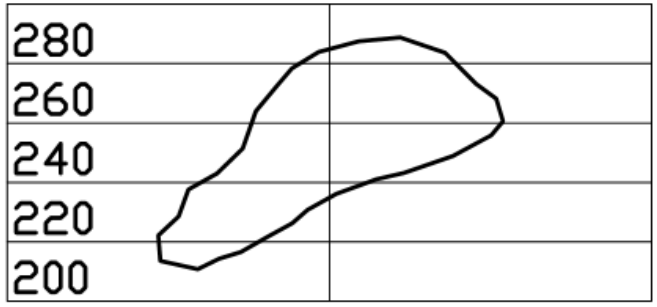
Разрез 1



Разрез 2

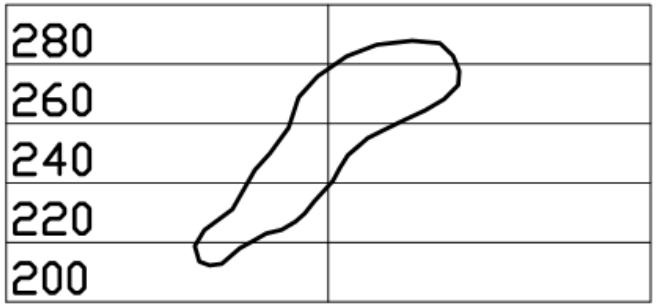


Разрез 3

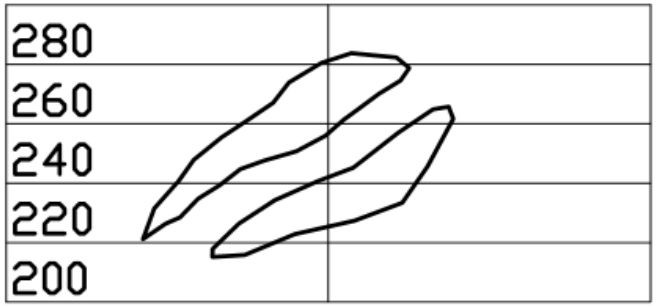


1:2000

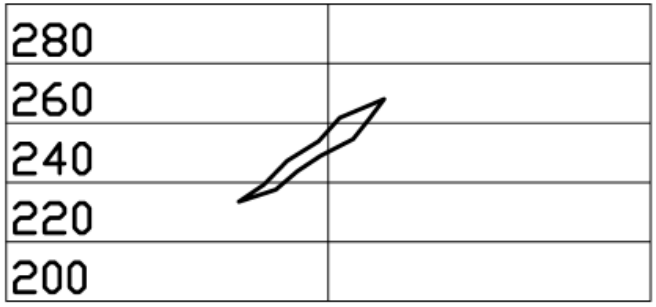
Разрез 4



Разрез 5



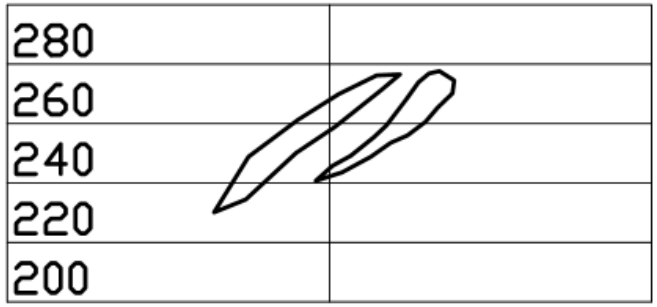
Разрез 6



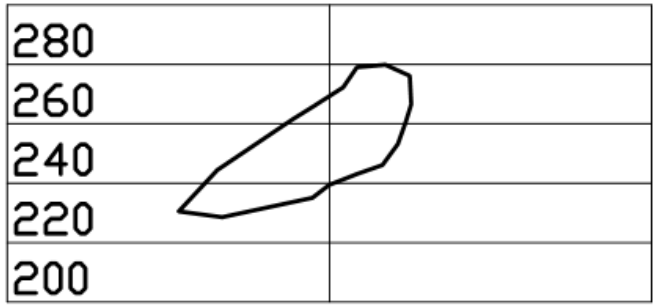
1:2000

Вариант 31

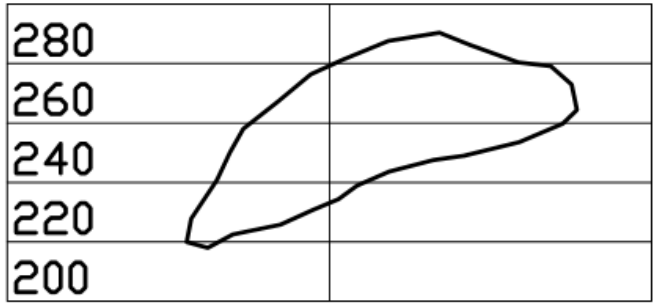
Разрез 1



Разрез 2

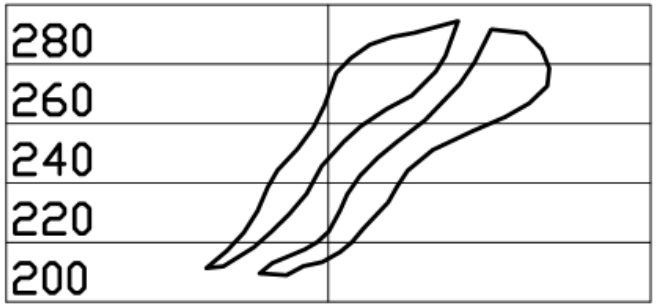


Разрез 3

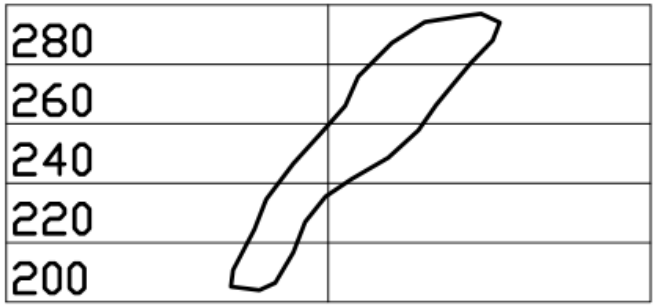


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



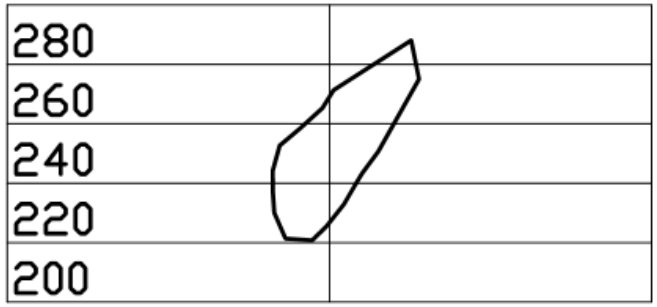
Разрез 6

1:2000

Вариант 41

Разрез 1

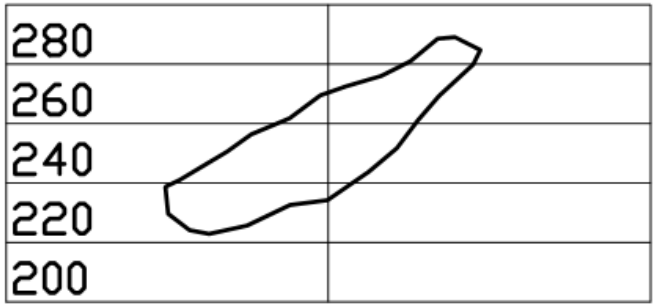
Разрез 2



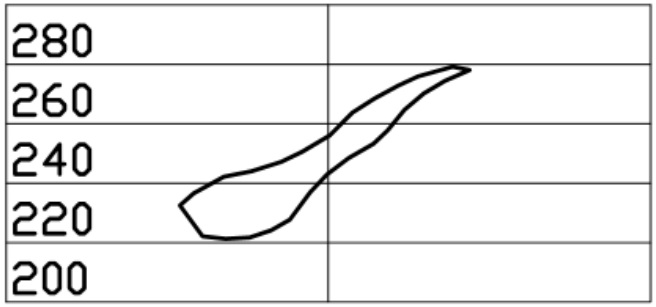
Разрез 3

1:2000

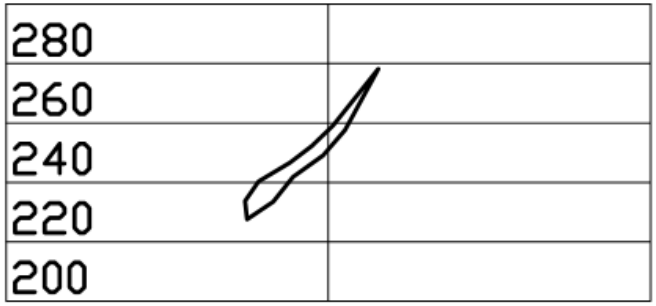
Разрез 4



Разрез 5



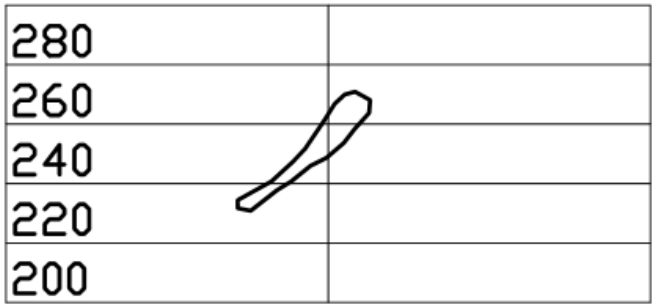
Разрез 6



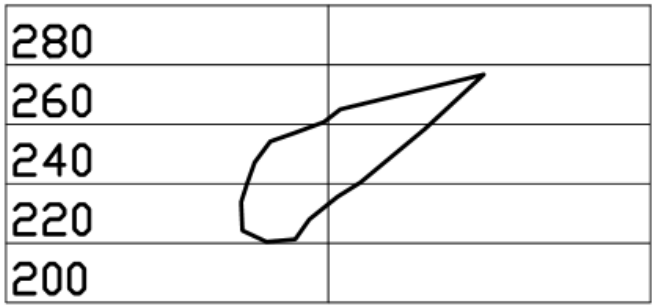
1:2000

Вариант 42

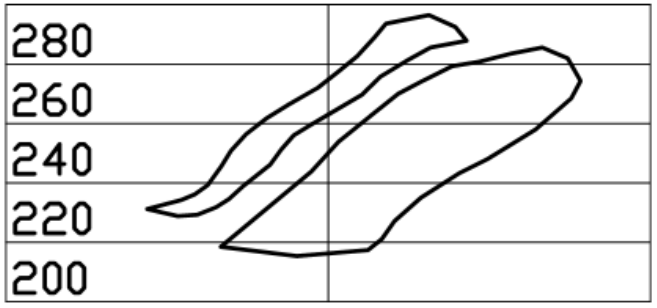
Разрез 1



Разрез 2



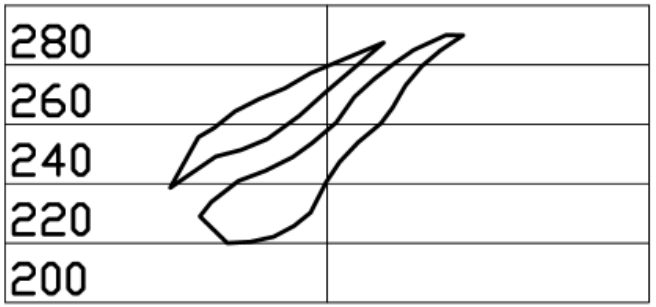
Разрез 3



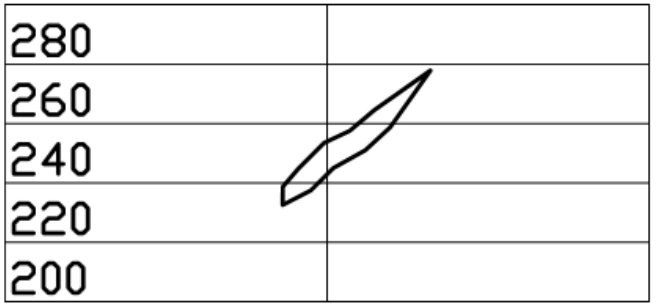
1:2000

Разрез 4

Разрез 5



Разрез 6

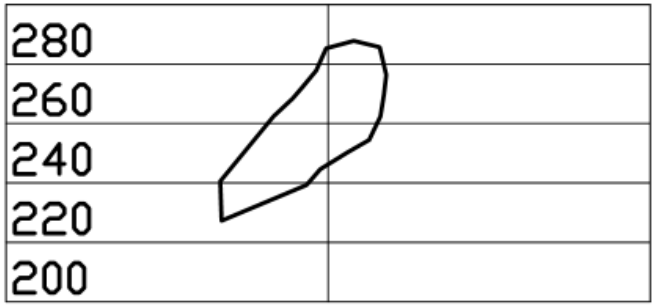


1:2000

Вариант 43

Разрез 1

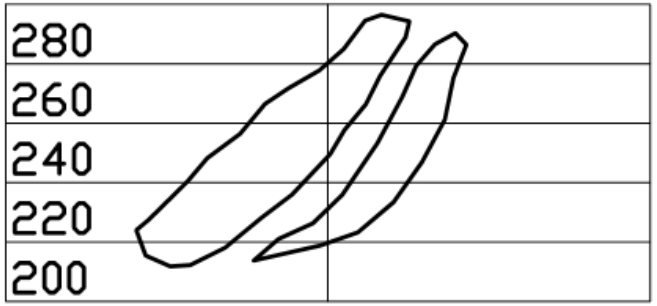
Разрез 2



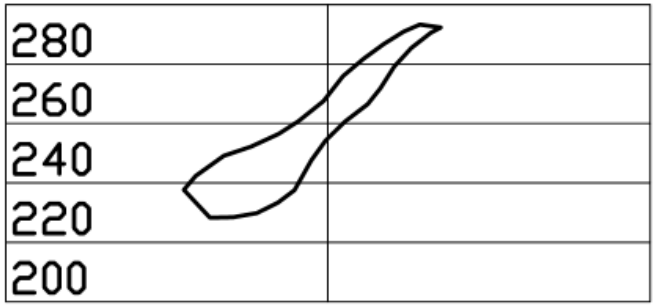
Разрез 3

1:2000

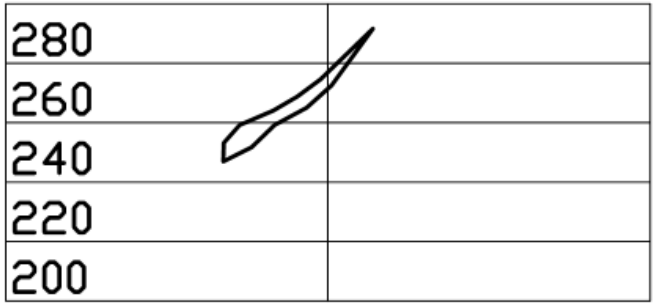
Разрез 4



Разрез 5



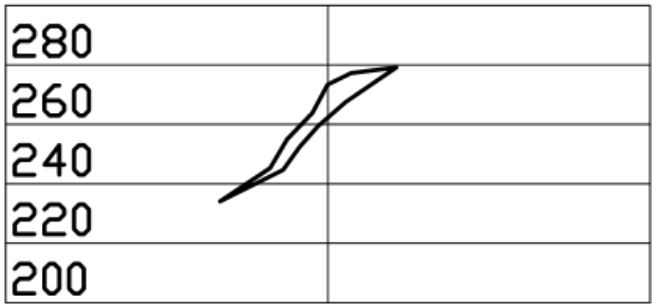
Разрез 6



1:2000

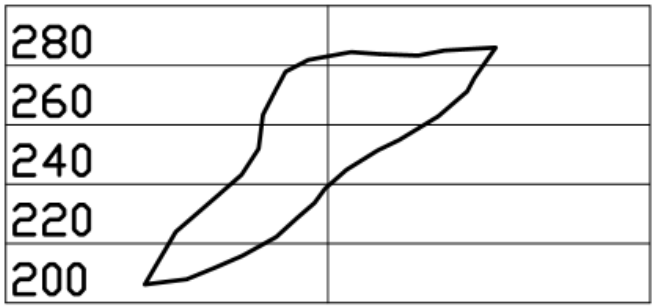
Вариант 44

Разрез 1



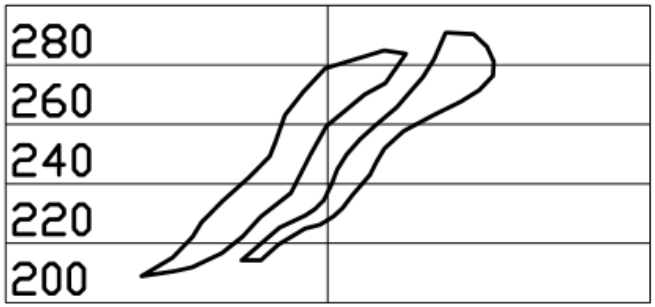
Разрез 2

Разрез 3

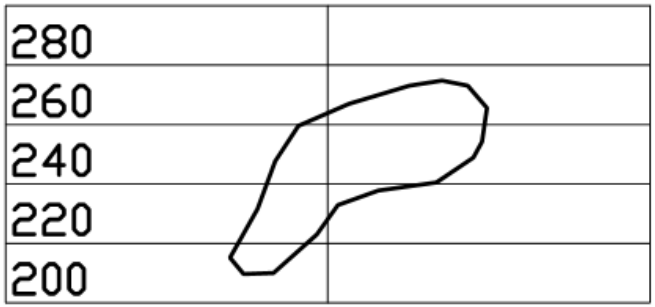


1:2000

Разрез 4



Разрез 5

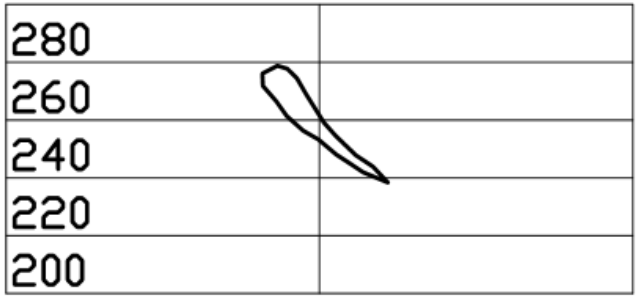


Разрез 6

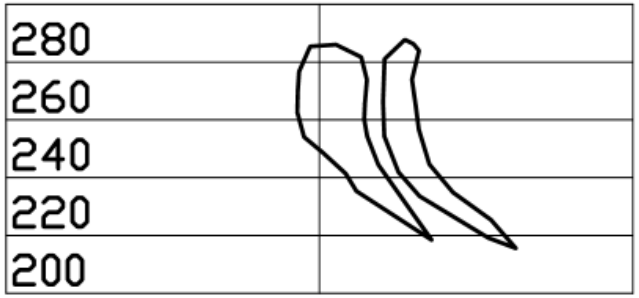
1:2000

Вариант 1

Разрез 1



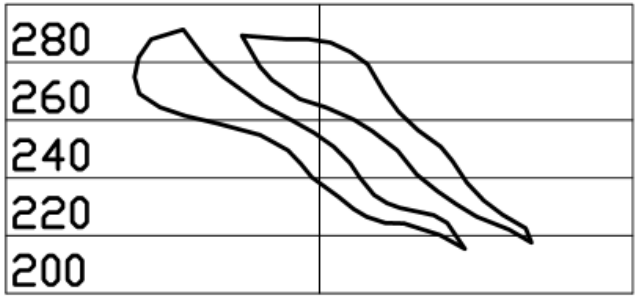
Разрез 2



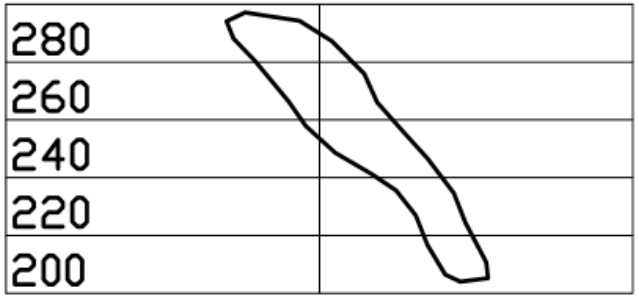
Разрез 3

1:2000

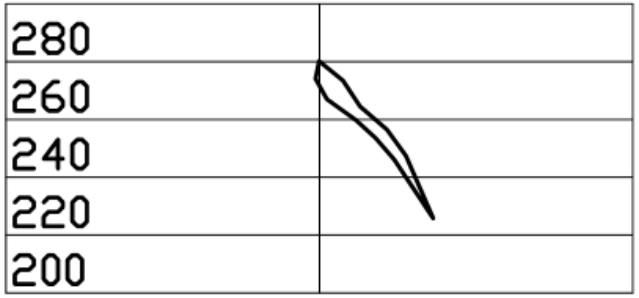
Разрез 4



Разрез 5



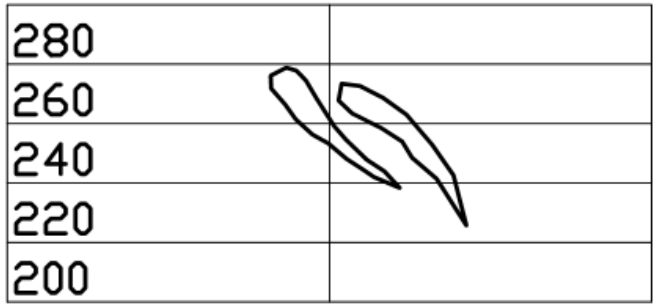
Разрез 6



1:2000

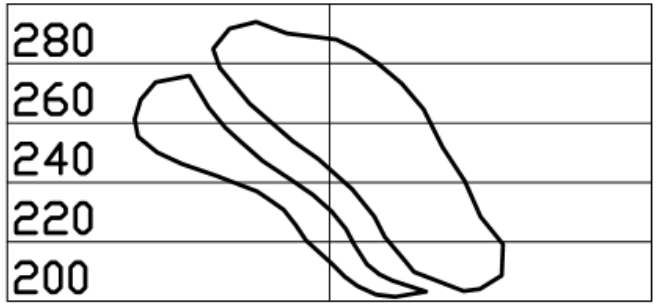
Вариант 2

Разрез 1



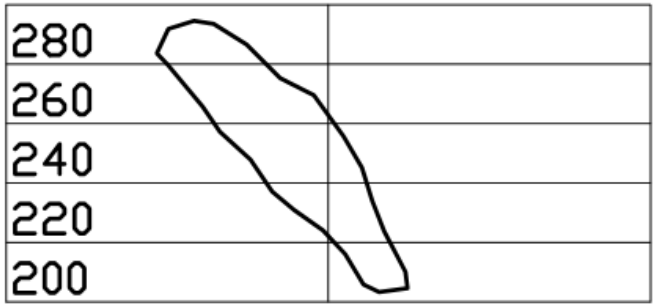
Разрез 2

Разрез 3

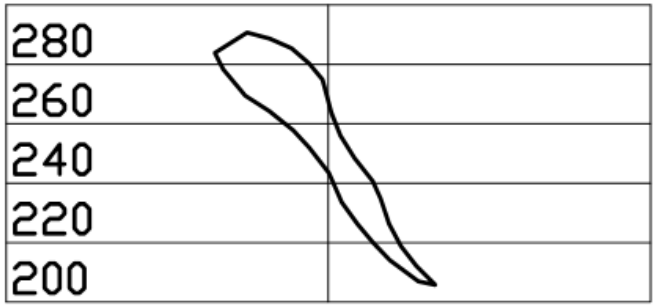


1:2000

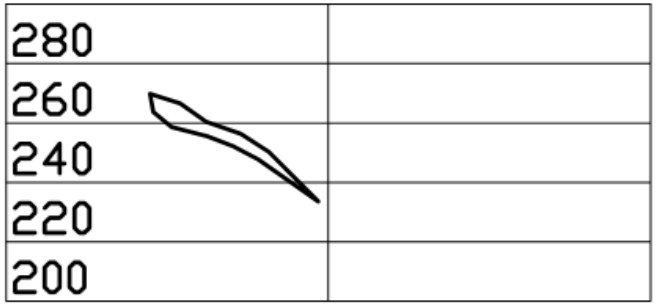
Разрез 4



Разрез 5



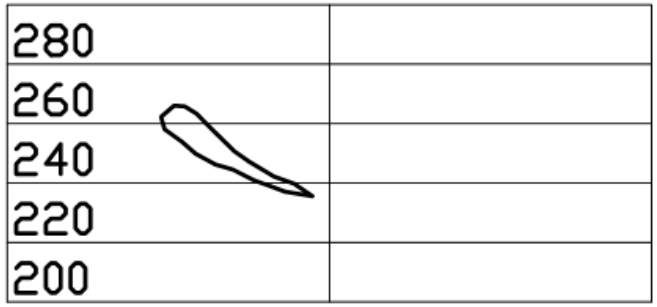
Разрез 6



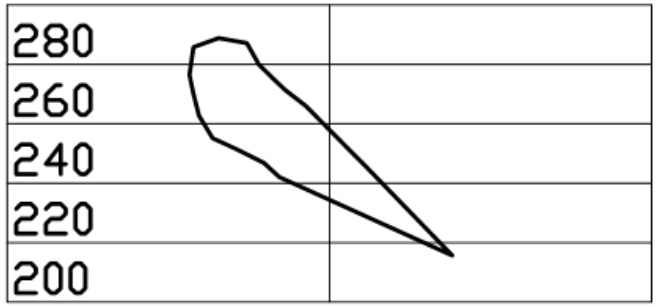
1:2000

Вариант 3

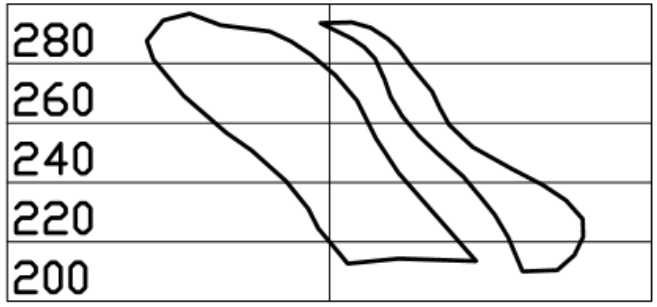
Разрез 1



Разрез 2

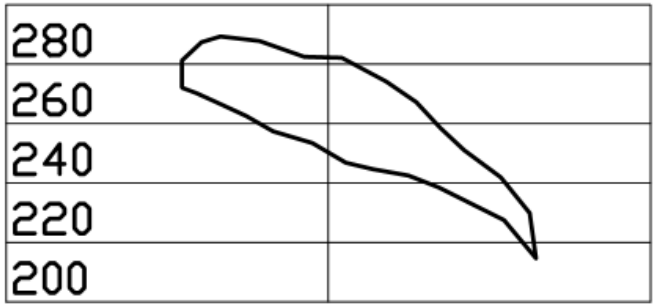


Разрез 3

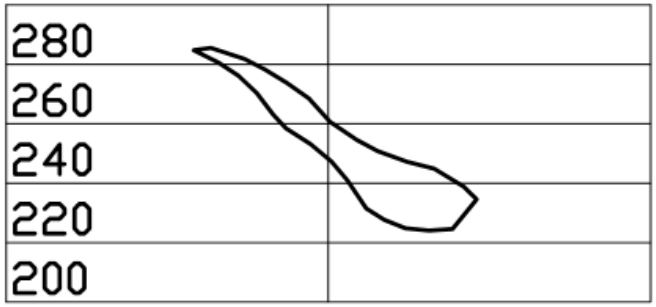


1:2000

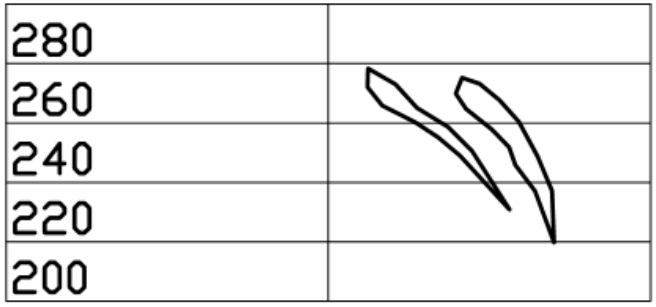
Разрез 4



Разрез 5



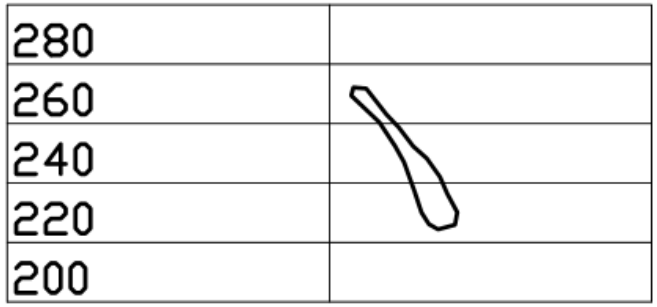
Разрез 6



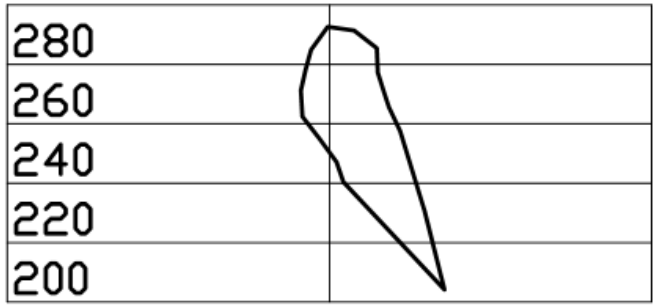
1:2000

Вариант 4

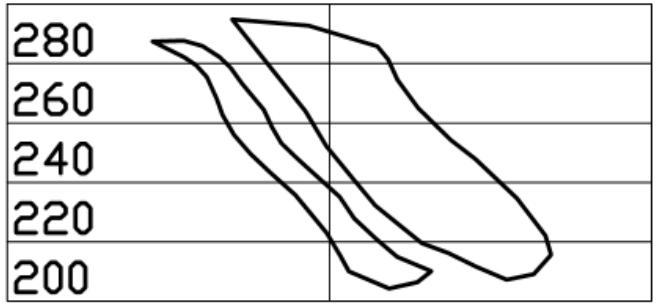
Разрез 1



Разрез 2

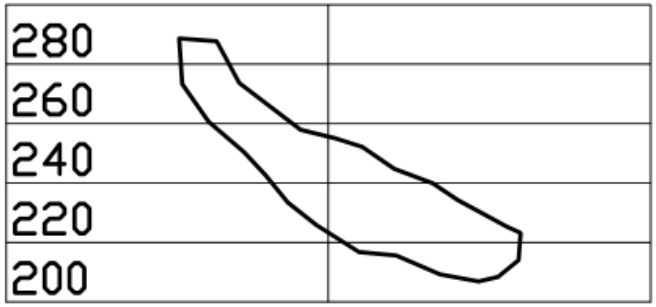


Разрез 3

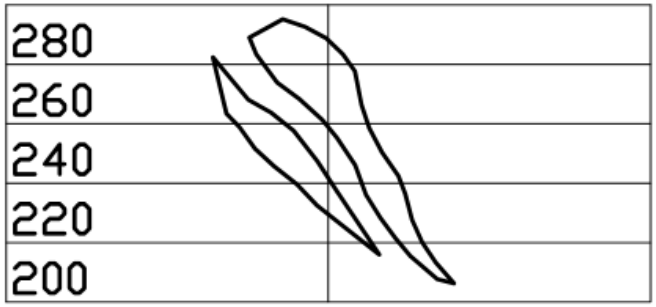


1:2000

Разрез 4



Разрез 5

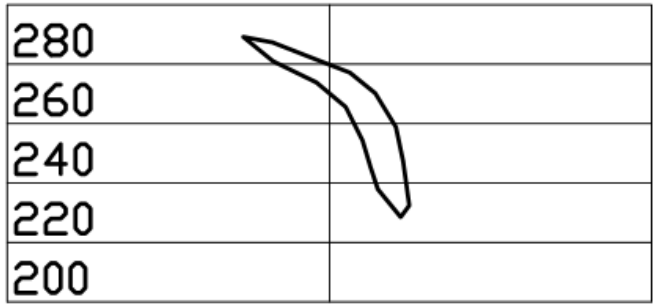


Разрез 6

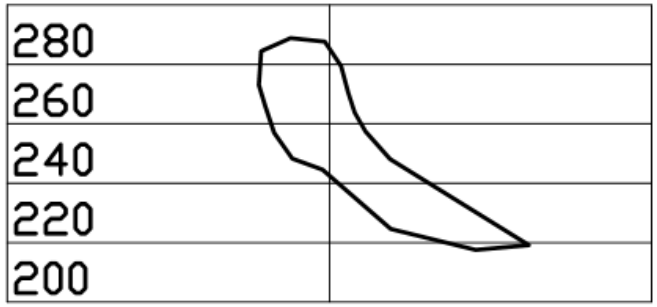
1:2000

Вариант 5

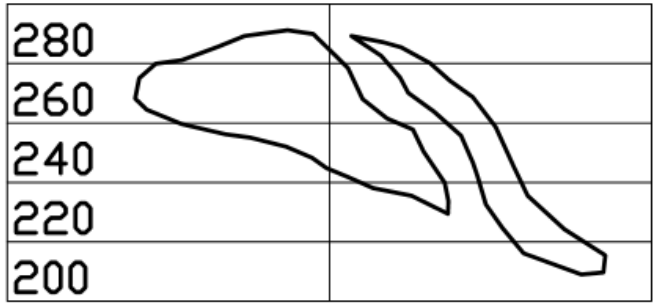
Разрез 1



Разрез 2

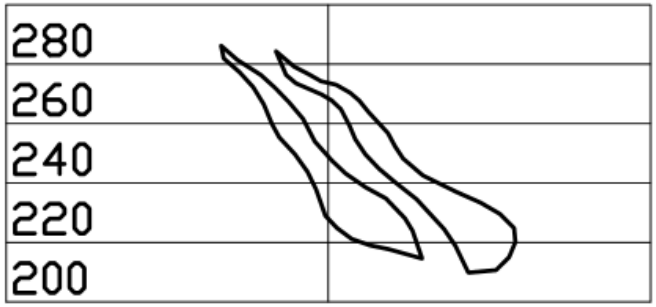


Разрез 3



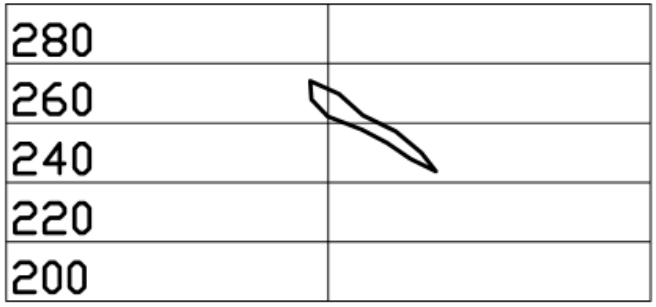
1:2000

Разрез 4



Разрез 5

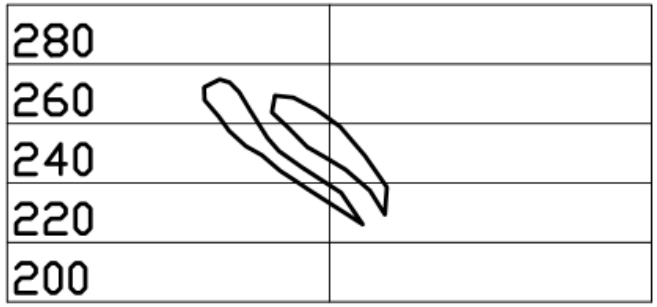
Разрез 6



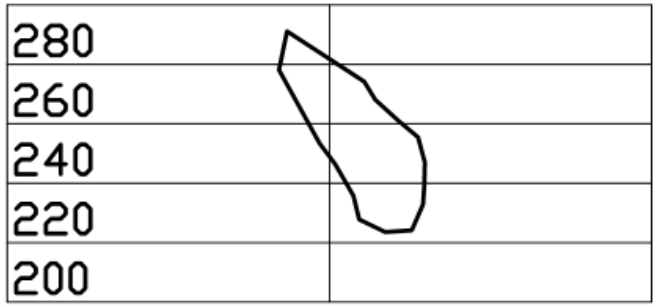
1:2000

Вариант 6

Разрез 1



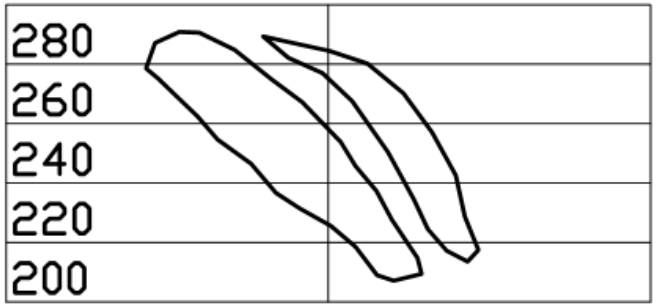
Разрез 2



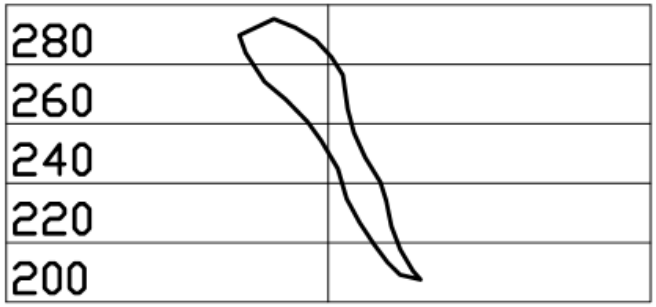
Разрез 3

1:2000

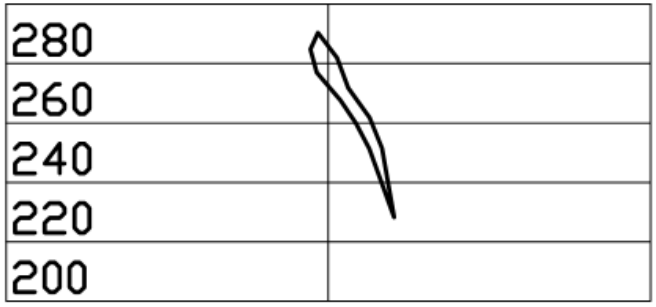
Разрез 4



Разрез 5



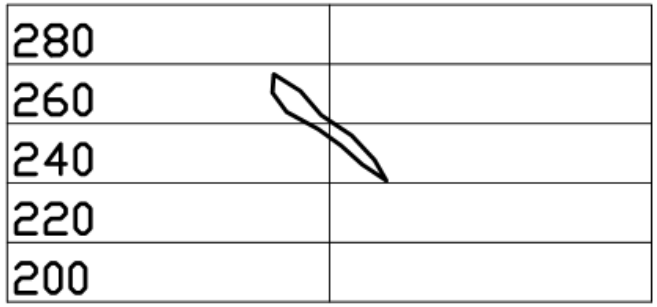
Разрез 6



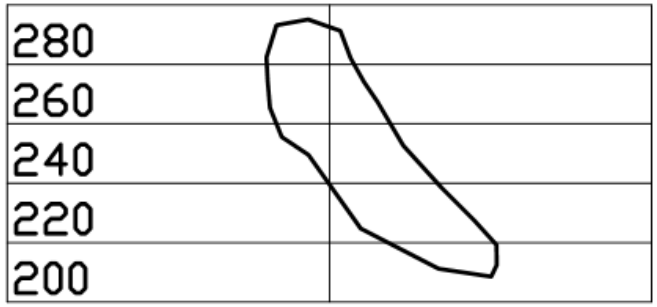
1:2000

Вариант 7

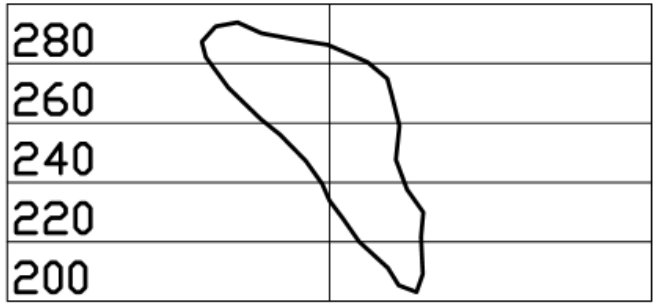
Разрез 1



Разрез 2

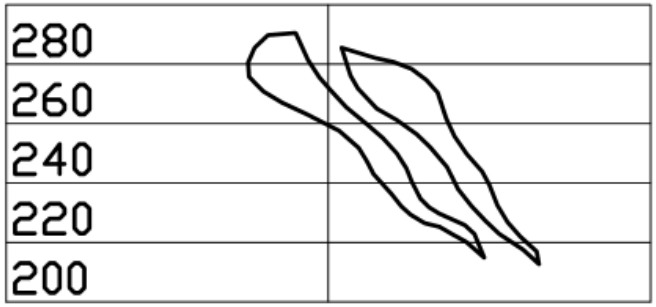


Разрез 3

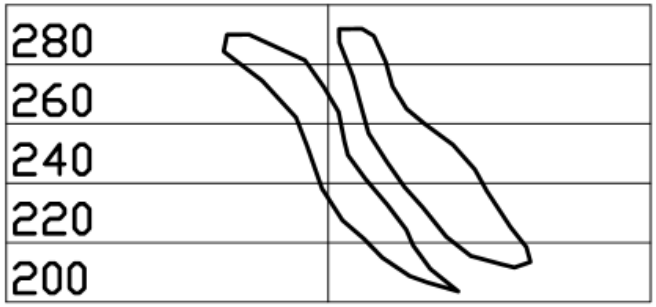


1:2000

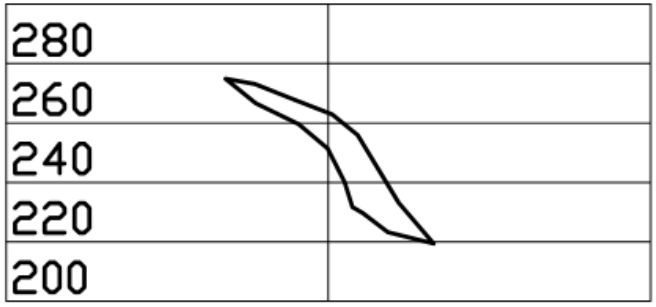
Разрез 4



Разрез 5



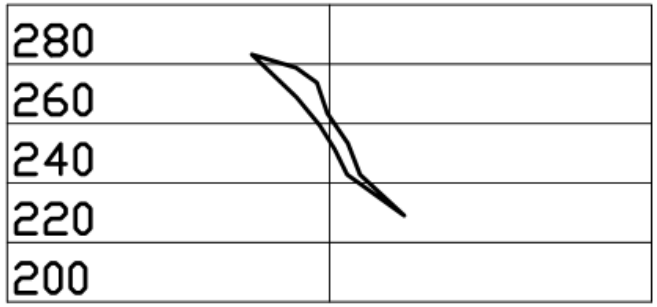
Разрез 6



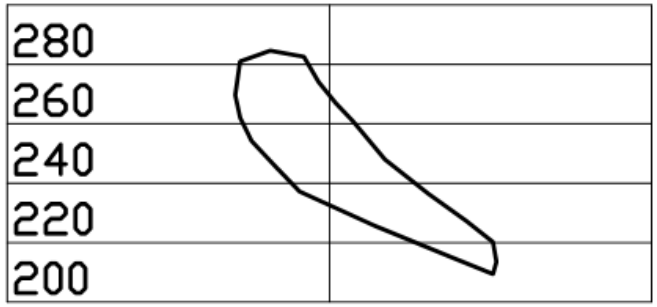
1:2000

Вариант 8

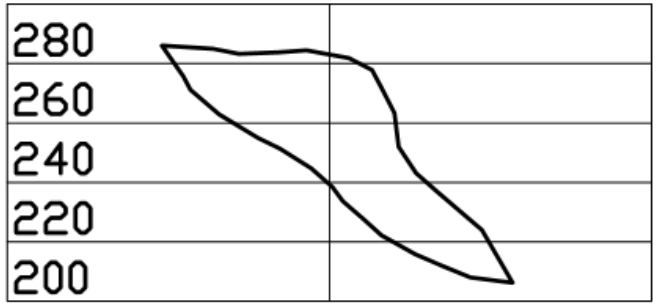
Разрез 1



Разрез 2

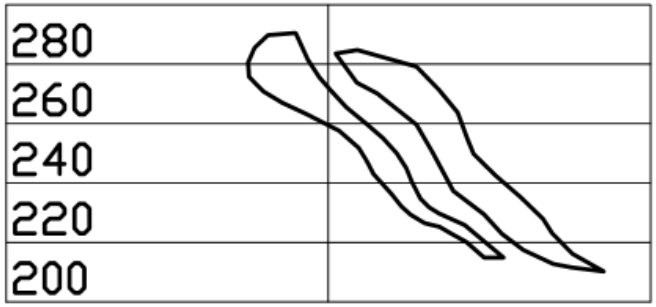


Разрез 3



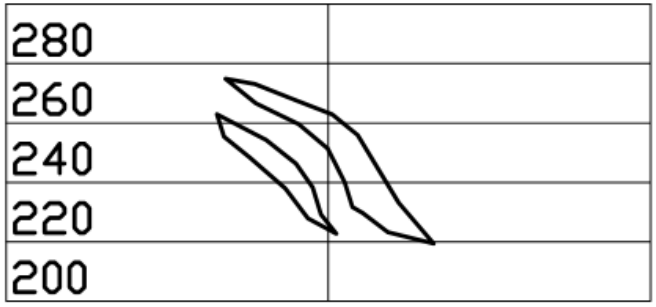
1:2000

Разрез 4



Разрез 5

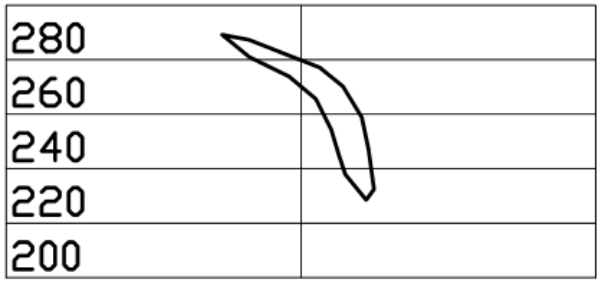
Разрез 6



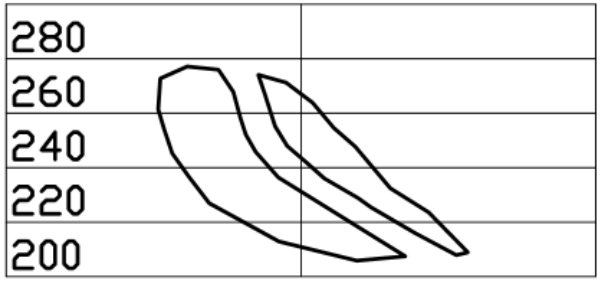
1:2000

Вариант 9

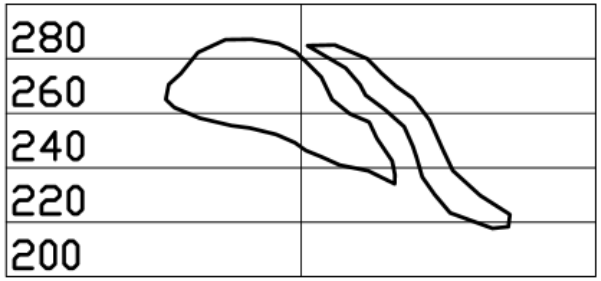
Разрез 1



Разрез 2

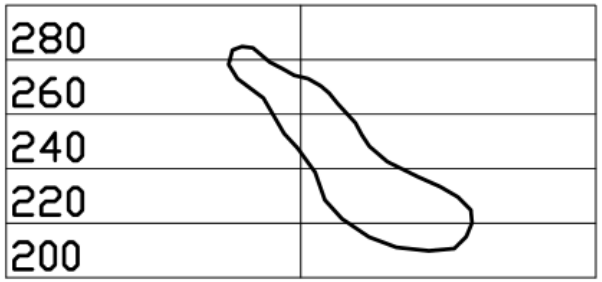


Разрез 3



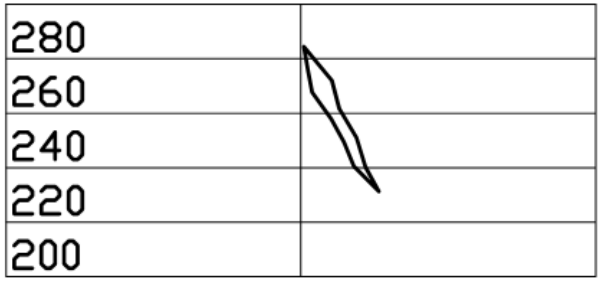
1:2000

Разрез 4



Разрез 5

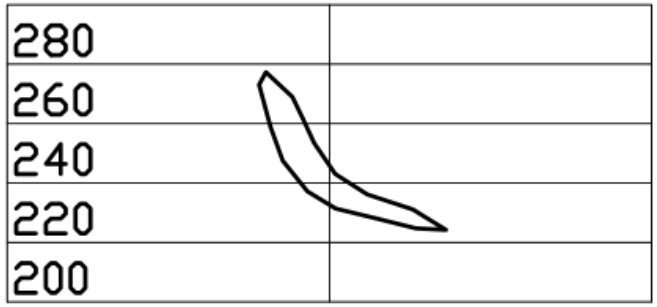
Разрез 6



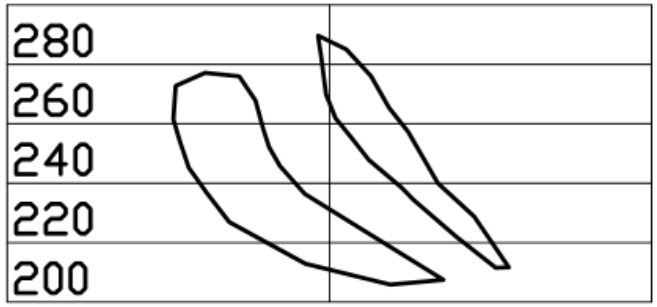
1:2000

Вариант 10

Разрез 1



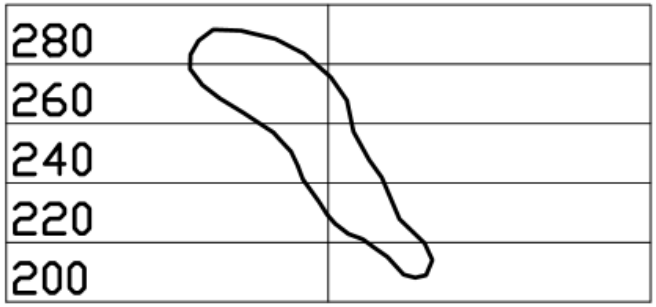
Разрез 2



Разрез 3

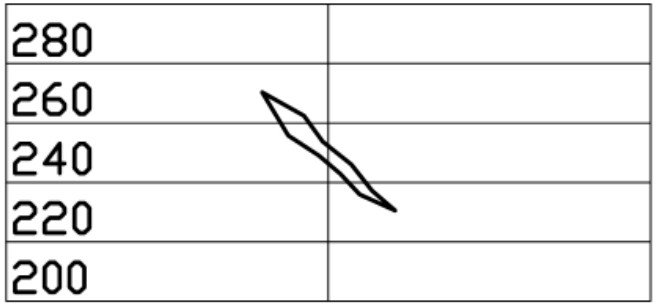
1:2000

Разрез 4



Разрез 5

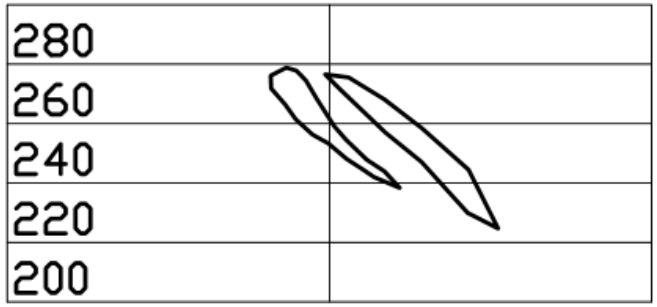
Разрез 6



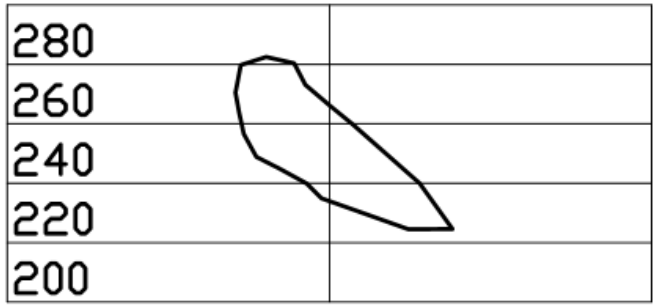
1:2000

Вариант 11

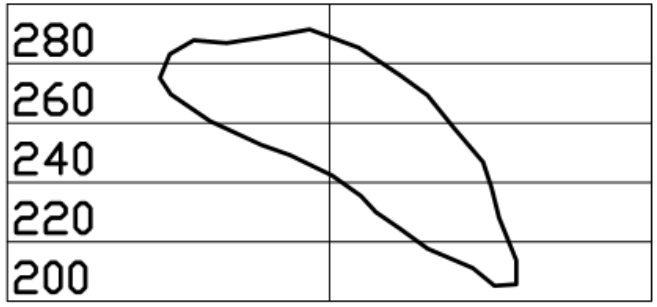
Разрез 1



Разрез 2

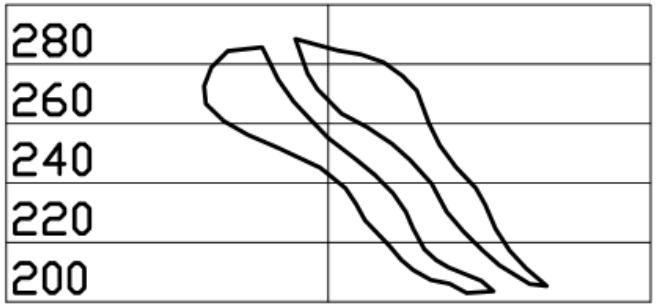


Разрез 3

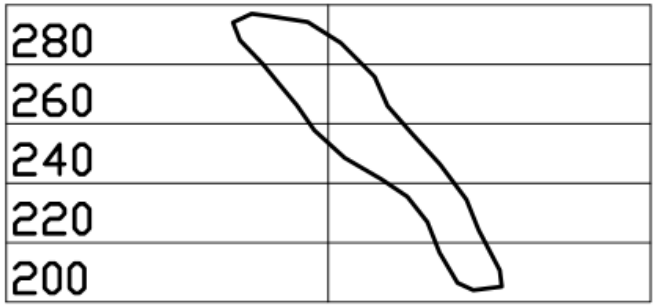


1:2000

Разрез 4



Разрез 5

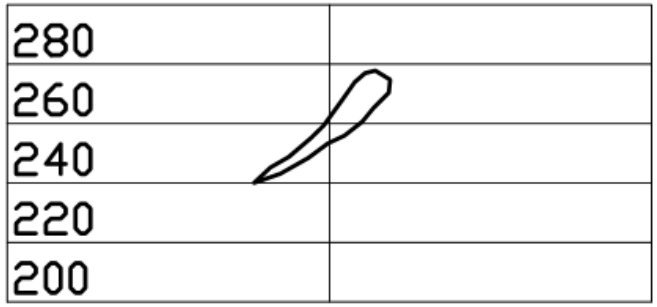


Разрез 6

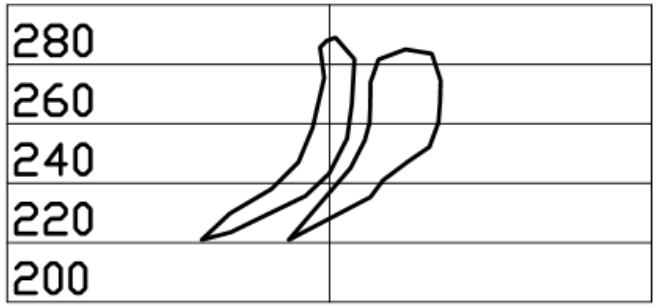
1:2000

Вариант 21

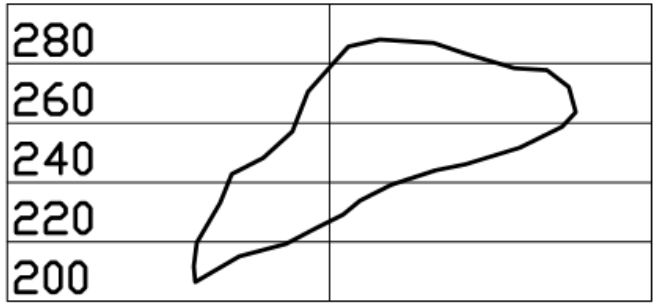
Разрез 1



Разрез 2



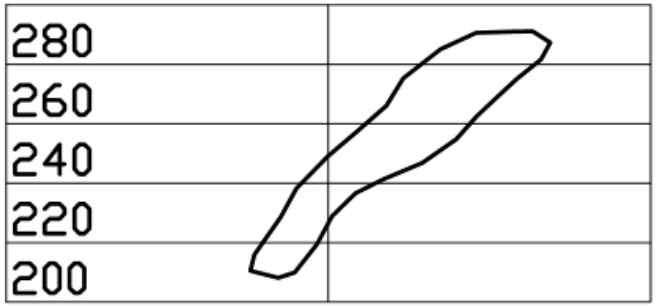
Разрез 3



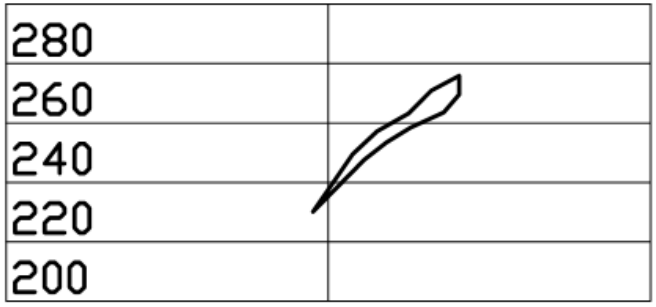
1:2000

Разрез 4

Разрез 5



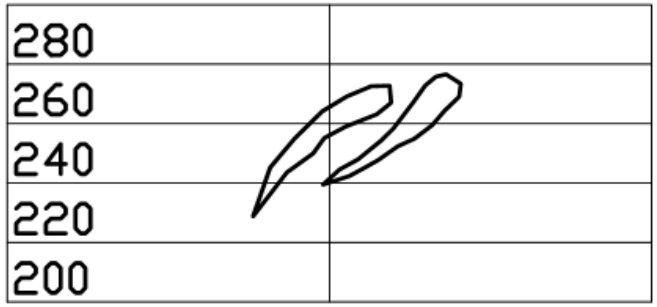
Разрез 6



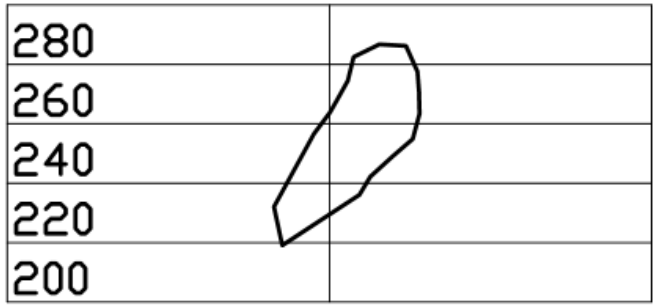
1:2000

Вариант 22

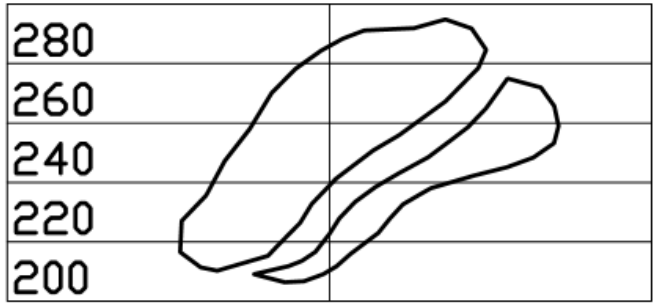
Разрез 1



Разрез 2

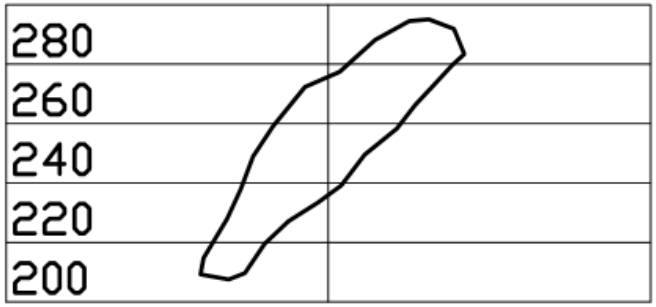


Разрез 3

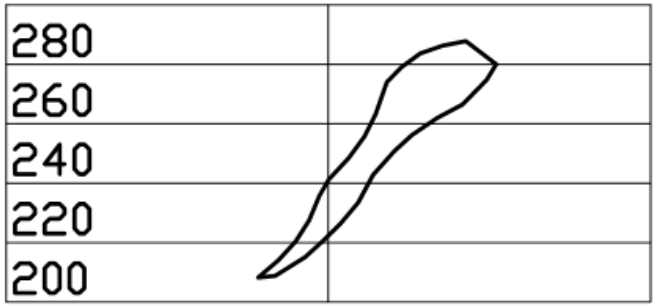


1:2000

Разрез 4



Разрез 5



Разрез 6

1:2000

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Мусихина О.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 19.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ **3**

1. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОПИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ **5**

1.1. Сканирование 5
1.2. Векторизация (ручной способ – обвод ломаными линиями по растру) 5

2. ПОДГОТОВКА ОБЪЕМНОГО КАРКАСА ДЛЯ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ **8**

2.1. Масштабирование чертежа (приведение к масштабу 1:1000) 8
2.2. Создание каркаса для модели залежи 9

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ **14**

3.1.Общие сведения 14
3.2. Создание моделей рудных блоков 14

4. ПОЛУЧЕНИЕ ПОГОРИЗОНТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНОВ **17**

4.1. Объединение рудных блоков в единое рудное тело 17
4.2. Создание слоевой структуры модели 17
4.3. Создание погоризонтных планов по месторождению (горизонтальных сечений модели) 18

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРА **21**

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ КАРЬЕРА **25**

7. КОРРЕКТИРОВКА ГРАНИЦ КАРЬЕРА (СДВАИВАНИЕ УСТУПОВ) **29**

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА НА МОМЕНТ ПОЛНОГО РАЗВИТИЯ РАБОТ **34**

9. НАНЕСЕНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРА НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ **37**

10. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ **40**

11. СОЗДАНИЕ КАРТЫ ИЗОЛИНИЙ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ **44**

12. СОВМЕЩЕНИЕ 2D–МОДЕЛИ КАРЬЕРА С ТОПООСНОВОЙ УЧАСТКА **46**

13. ОТЧЕТНОСТЬ ПО РАБОТЕ **47**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель практических и самостоятельных работ

Освоить компьютерные технологические линии проектирования карьеров, основанные на применении стандартных и специализированных программных средств.

Используемые программные средства

AutoCAD , Microsoft Excel.

Описание этапов

На всех этапах работы (исключая 1-й этап) производится подсчет объемов руды и вскрыши в контурах карьера и его этапов различными способами. Расчеты производятся в программном пакете EXCEL.

По тексту инструкции такие блоки будут выделены как:

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ

Исходные данные

1. План расположения разведочных линий с привязочной осью координатной сетки (электронная копия) масштаб 1:2000.
2. Поперечные геологические разрезы с контурами рудных тел, высотной сеткой и положением привязочной оси координатной сетки (бумажная копия, подлежит сканированию и векторизации) масштаб 1:2000.

Отчетность по выполненной работе

Включает в себя набор файлов – чертежей AutoCAD (файлы .DWG) и расчетных таблиц EXCEL (файлы .XLS). Отчетность в электронном виде предоставляется в процессе прохождения контрольных точек, которыми завершается каждый этап работы.

Успешное выполнение работы требует знаний AutoCAD, полученных на 1-2 курсах по дисциплине «Информатика. ч.II. Компьютерная графика». Для студентов, не получивших данных знаний (техникум III курс), работа потребует самостоятельного изучения основ работы в AutoCAD в рамках данной дисциплины.

Все команды, рекомендуемые данной инструкцией, приведены к выполнению через Верхнее Меню (далее ВМ), однако могут быть выполнены с использованием Панелей инструментов (самостоятельно, при соответствующих знаниях).

Команды, которые можно быстрее выполнить через Панель Инструментов, обозначены значком ☺.

Принятые в методических указаниях сокращения:
– **ВМ** – верхнее меню AutoCAD;
– **ЛКМ** – левая кнопка мыши;
– **ПКМ** – правая кнопка мыши;
– **ПСК** – пользовательская система координат;
– **МСК** – мировая система координат.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

1. СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОПИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию изготовления электронной копии чертежа путем его сканирования и векторизации.

Исходные данные

Чертеж поперечных геологических разрезов с контурами рудных тел, высотной сеткой и положением привязочной оси координатной сетки масштаба 1:2000.

1.1. Сканирование

Рекомендуемые параметры растрового файла:

– формат TIF (при этом формате соблюдается масштаб оригинала и растра 1=1);

– режим сканирования (Scan Mode) – черно-белый (Line Art, Mono) или оттенки серого (Gray);

– разрешение (Resolution) 100-200 dpi.

Имя растрового файла после сканирования рекомендуется сохранять, как **в№.tif.** где № - номер варианта задания (примеры: в4.tif ил в12.tif).

1.2. Векторизация (ручной способ – обвод ломаными линиями по растру)

1.2.1. Считывание растрового файла в ACAD (ВМ – Вставка – Вхождение растрового изображения).

В соответствующих окнах выбирается растровый файл, указывается **масштаб, равный 1 (только для формата .TIF)**, и точка вставки растра (при помощи ЛКМ).

1.2.2. Для последующего удобства работы с чертежом перед ручной векторизацией создается новый слой «Растр», в который помещается отсканированное изображение. Слою задается новый цвет (цвет по слою, рекомендуется «Фиолетовый»).

Новый слой создается командой ВМ – Формат – Слой – Создание слоя (или клавиши ALT+Д) – <ввод имени слоя>. Здесь же задается цвет по слою «Фиолетовый»).

Помещение растрового изображения в слой «Растр» производится путем его выделения ЛКМ за контур (или рамкой). Затем в панели инструментов «Свойства» ему назначается новый слой «Растр» (указание ЛКМ на имя слоя «Растр»). Текущий слой, т. е. слой, в котором будет вестись векторизация,

должен остаться «0». Название текущего слоя появляется в панели «Слои», расположенной под верхним меню (рис.1.1).

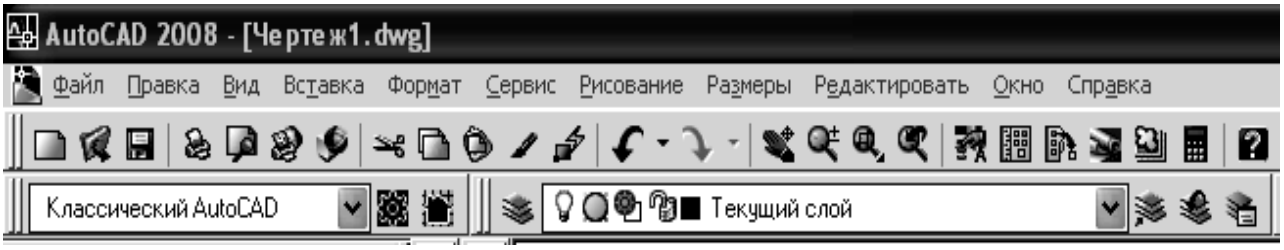


Рис.1.1. Верхнее меню AutoCAD и панель «Слои»

1.2.3. Выравнивание угловых невязок растрового чертежа.

При сканировании возникает постоянная угловая погрешность (до 2-5^{o}) из-за неточного расположения исходного листа в сканере.

Методика выравнивания:

- Обводится любая горизонтальная линия высотной сетки (без привязки).
- Проводится та же линия, но в ОРТО-режиме (включается клавишей F8).
- Измеряется угол между проведенными линиями (точность 4 знака, устанавливается в ВМ – Формат – Размерные стили – Редактировать – Основные единицы – Десятичные градусы – Точность – 0.0000 – ОК), и растр поворачивается на измеренный угол.

1.2.4. Пренебрегая оставшейся погрешностью для остальных линий (угловая – до 0,05^{o}, линейная – до 0,05 мм), наносится геометрически точная высотная сетка (подобие на высоту уступа с соблюдением масштаба чертежа, мм).

1.2.5. Геологические разрезы векторизуются ручным способом, т. е. обводятся полилиниями (ВМ – Рисование – Полилиния) по правилам аппроксимации и заносятся в соответствующий слой (при обведении должен быть текущим). Контуры рудных тел на разрезах должны быть замкнуты (при подходе к начальной точке необходимо осуществить процедуру замыкания ПКМ – Замкнуть).

Контрольная точка-1:
СОХРАНИТЬ ФАЙЛ как «В№-разрезы-2000.dwg» (рис.1.2)
где № - номер варианта задания

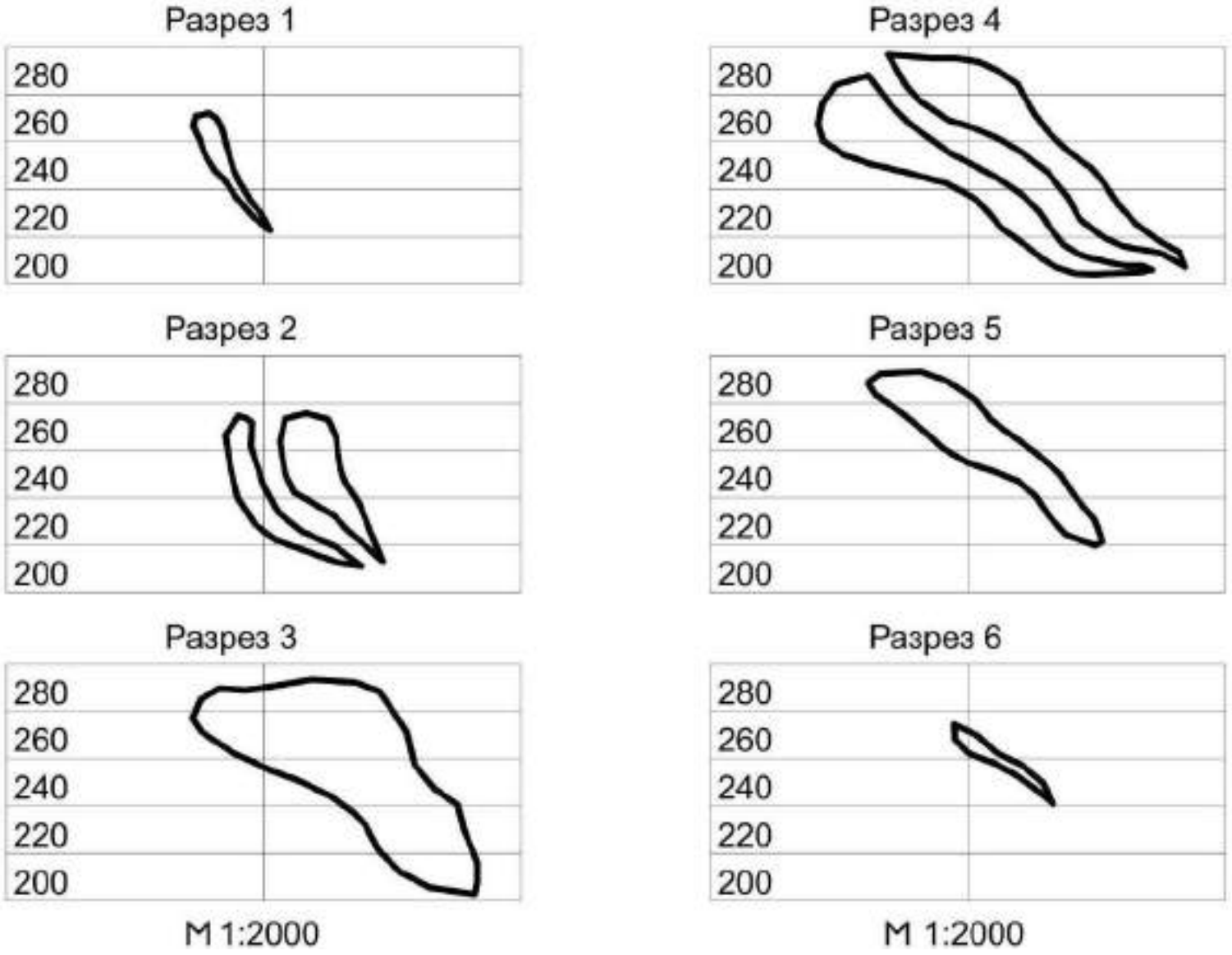


Рис. 1.2. Пример изображения в файле контрольной точки №1

2. ПОДГОТОВКА ОБЪЕМНОГО КАРКАСА ДЛЯ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ

Цель выполнения этапа

Освоить способы приведения электронных чертежей к базовому масштабу и технологию построения объемного каркаса для модели залежи, основанного на вертикальных поперечных разрезах.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы-2000.dwg» и «План разведлиний.dwg».

2.1. Масштабирование чертежа (приведение к масштабу 1:1000)

Для корректного подсчета площадей контуров и объемов тел, масштаб чертежа/модели должен быть 1:1000 (1 ед. чертежа = 1 м, соответственно 1ед^2 = 1м^2, 1 ед^3 = 1м^3).

Разрезы векторизованы в исходном масштабе 1:2000, чертеж нужно перевести в масштаб 1:1000. План расположения разведлиний также нужно перевести из масштаба 1:2000 в масштаб 1:1000.

Для масштабирования (☺ВМ – Редактировать – Масштаб) выбираются все масштабируемые объекты на чертеже (выбор рамкой), указывается центр масштабирования (ЛКМ) и масштабный коэффициент равный 2.

Изображение при этом увеличивается в 2 раза (от масштаба 1:2000 к масштабу 1:1000).

Изображение в файле «**В№-разрезы-2000.dwg**» отмасштабировать в 2 раза и сохранить как «**В№-разрезы-1000.dwg**».

Изображение в файле «**План разведлиний.dwg**» отмасштабировать в 2 раза и сохранить как «**План разведлиний-1000.dwg**».

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-1

Объем залежи определяется как сумма объемов подсчетных блоков, заключенных между смежными разрезами. В данной работе все расчеты проводятся по формуле:

$$V = L \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}\,/3$$

где V – объем подсчетного блока, м^3;

S_1 и S_2 – площади рудных тел на смежных разрезах, м^2;

L – расстояние по нормали между смежными разрезами, м.

Площади и длины измеряются средствами AutoCAD.

– расстояния: ВМ – Сервис – Сведения – Расстояние (с использованием привязки по нормали);

– площадь одного контура: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Объект. Значение площади появляется в командной строке внизу;

– суммарная площадь нескольких контуров: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Добавить – <ПКМ> – Объект. Значение суммарной площади появляется в командной строке внизу.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 1.1

Подсчет объемов залежи по площадям рудных тел на разрезах (метод вертикальных сечений)

Разрез 1	Разрез 2	Площадь рудных тел на разрезе 1, м^2	Площадь рудных тел на разрезе 2, м^2	Расстояние между разрезами, м	Объем подсчетного блока, м^3
1	2	356	1813	80	79264
2	3	1813	4906	80	258703
3	4	4906	4714	80	384774
4	5	4714	1952	80	258652
5	6	1952	251	80	77412
ВСЕГО					**1058805**

Контрольная точка-2:

ФАЙЛЫ AutoCAD «В№-разрезы-1000.dwg» (рис.2.1а)

«План разведлиний-1000.dwg» (рис.2.1б)

ФАЙЛЫ Excel «В№-объемы.xls»

<Лист1 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ>

2.2. Создание каркаса для модели залежи

Открыть файл «**План разведлиний-1000.dwg**» и сохранить его как «**В№-каркас.dwg**».

Принцип создания каркаса заключается в установке разрезов в их истинное положение в пространстве путем разворота из плоскости (*XY*) в плоскость (*XZ*) и установки высотной сетки на разрезах на ее истинную отметку (координата *Z*).

Для дальнейшей работы чертеж «**В№-каркас.dwg»** необходимо развернуть в изометрической проекции (рекомендуется Юго-Восточная Изометрия: ВМ – Вид – 3D Виды – ЮВ Изометрия).

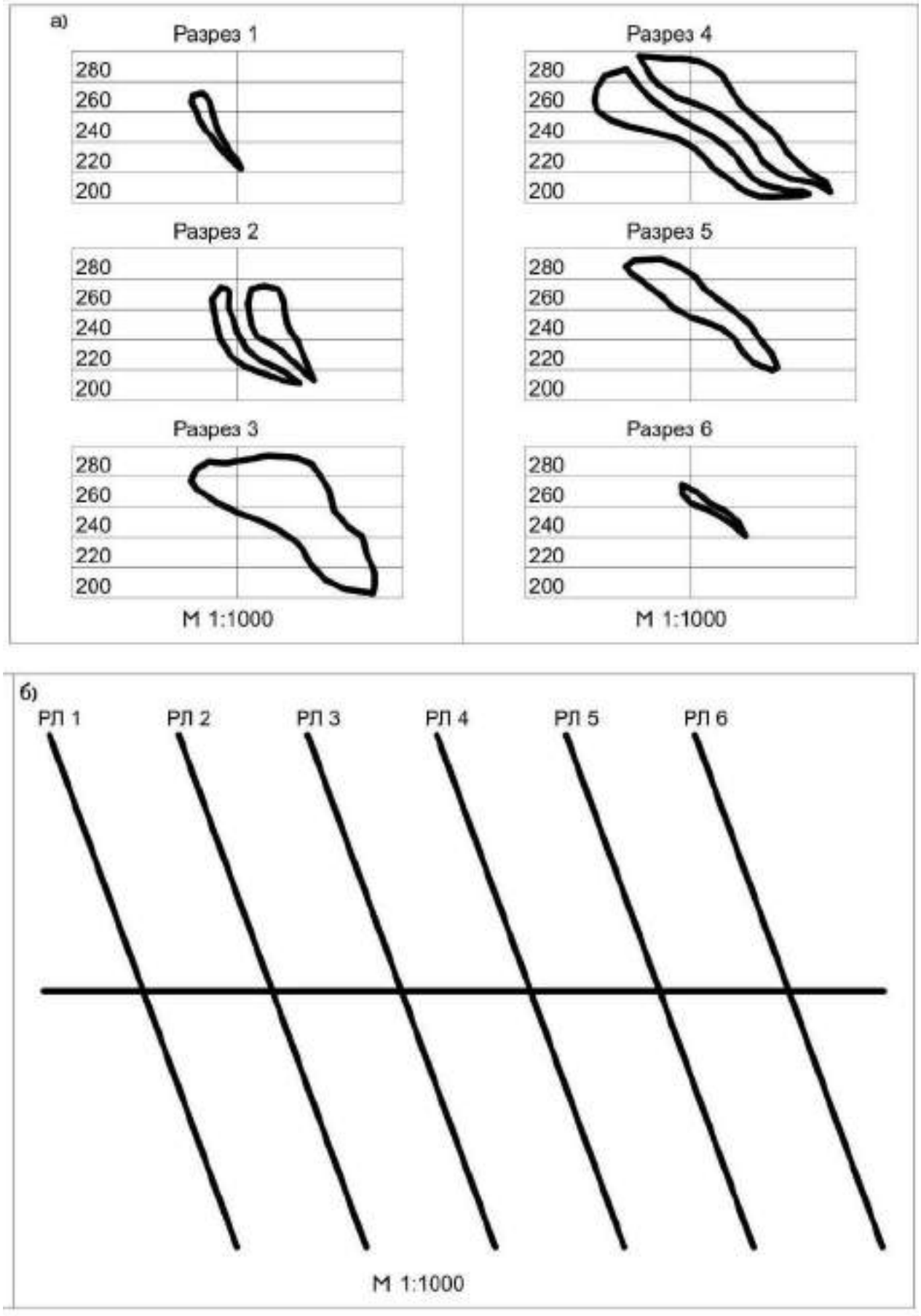


Рисунок 2.1 Пример изображения в файле контрольной точки №2

2.2.1. Установка файла «**В№-каркас.dwg»** на истинную высотную отметку.

Истинная высотная отметка для плана разведлиний в общем случае может быть любой, к ней должны быть привязаны разрезы по их высотной сетке. В данной работе рекомендуется установить истинную высотную отметку *Z*=200. При переносе разрезов в этом случае будет использоваться пересечение линии «200» их высотной сетки с координатной осью.

Установка плана разведлиний на истинную высотную отметку производится на вектор (0,0,0) → (0,0,200) командой переноса ☺ВМ – Редактировать – Перенести – <С клавиатуры 0,0,0> – <Enter> – <С клавиатуры 0,0,200> – <Enter>. При этом изображение поднимается вверх по оси (*Z*) на 200 м. После переноса рекомендуется проверить высотные отметки узловых точек чертежа, которые должны быть *Z*=200 (☺ВМ – Сервис – Сведения – Координаты).

2.2.2. Подготовка для установки Пользовательской Системы Координат (ПСК)

В чертеже файла «**В№-каркас.dwg»** проводится отрезок произвольной длины (50 ед.) в направлении оси (*Z*) для последующей ориентации Пользовательской Системы Координат (далее ПСК).

Отрезок проводится по 2 точкам:

1-я – ЛКМ по привязке в пересечении РЛ 1 с осью координат.

2-я – с клавиатуры в относительной системе координат как @ 0,0,50 (т. е. 50 ед. вверх от 1-й точки).

Отрезок должен пройти вертикально вверх (по оси *Z*).

2.2.3. Установка ПСК на плане разведлиний для последующего нанесения разрезов.

ПСК для разреза должна пройти через разведлинию и вертикальный отрезок от пересечения разведлинии с координатной осью.

Рекомендуется установить ПСК по трем точкам (ВМ – Сервис – Новая ПСК – 3 Точки):

1-я – на разведлинии, ниже (южнее) пересечения ее с осью координат.

2-я – на пересечении разведлинии, оси координат и вертикального отрезка.

3-я – на вертикальном отрезке выше 2-й точки.

После установки ПСК маркер системы координат переместится в новое положение.

2.2.4. Установка разрезов на план разведлиний – формирование объемного каркаса.

Установка производится из файла «**В№-Разрезы-1000.dwg»** (Мировая Система Координат – МСК) в файл «**В№-каркас.dwg»** (предварительно установлена ПСК). При установке должны быть открыты оба файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Технология формирования объемного каркаса:

а) в файле «**В№-Разрезы-1000.dwg»** скопировать с базовой точкой изображение разреза № 1 в буфер обмена (ВМ – Правка – Копировать с базовой точкой). Сначала указывается базовая точка – пересечение линии «200» высотной сетки с осью координат. Затем выбираются копируемые объекты – контуры рудных тел и координатная ось;

б) переключиться в файл «**В№-каркас.dwg»** с подготовленной ПСК;

в) вставить изображение из буфера обмена (ВМ – Правка – Вставить), указав в качестве точки вставки пересечение разведлинии № 1 с осью координат.

Повторить действия п.п. а, б, в для остальных разрезов.

Вернуть переустановленную ПСК в начальное положение – МСК (ВМ – Сервис – Новая ПСК – МСК).

В результате сформируется файл с объемным каркасом залежи.

Контрольная точка-3:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-каркас.dwg» (рис.2.2).

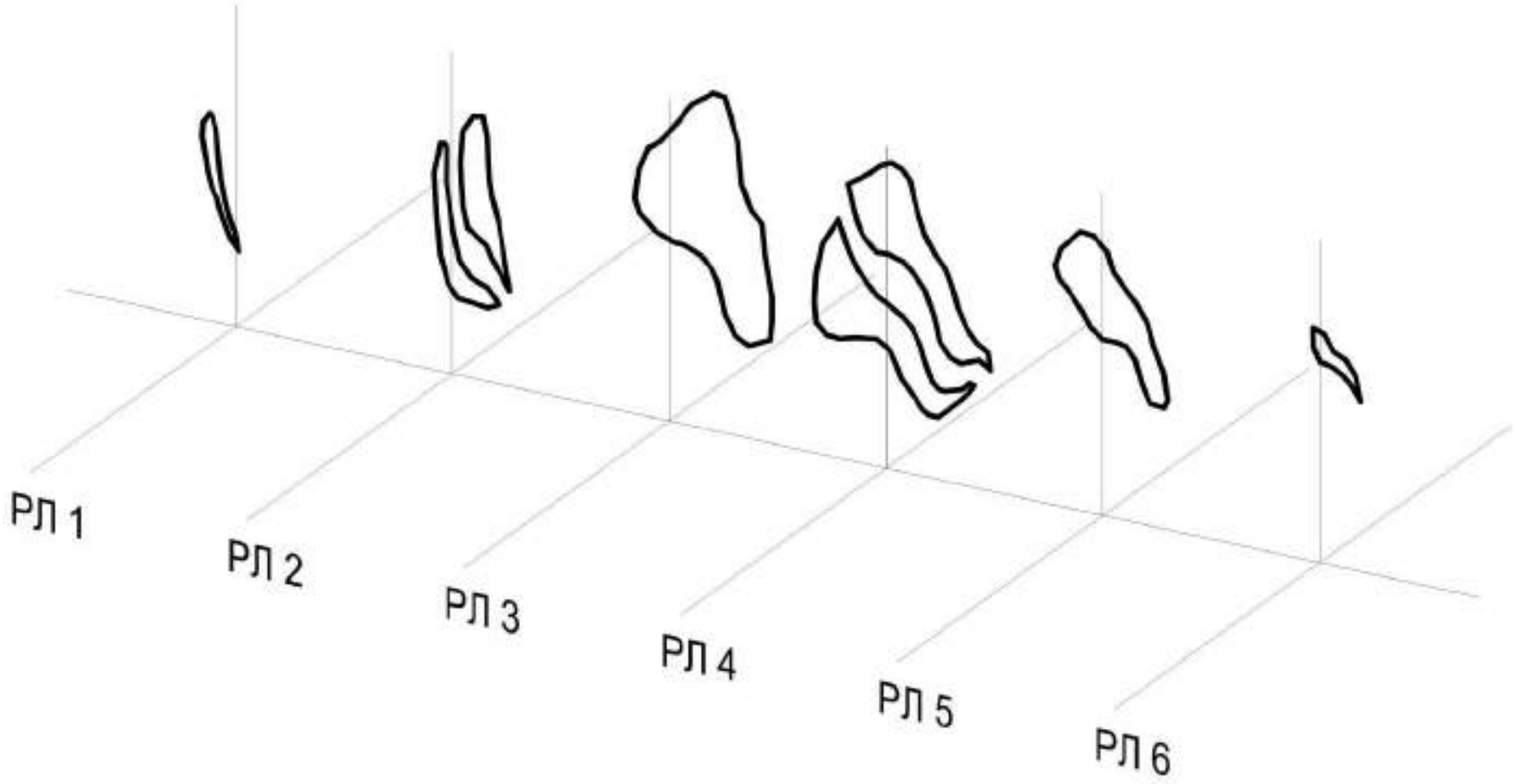


Рис. 2.2. Пример изображения в файле контрольной точки-3

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа:

Освоить технологию моделирования месторождения путем создания рудных блоков как SOLID-объектов в среде AutoCAD.

Исходные данные:

Файл «В№-каркас.dwg».

3.1.Общие сведения

Моделирование месторождения заключается в создании рудных блоков, заключенных между смежными разведлиниями. Форма рудных тел на сечениях – произвольная, поэтому сам блок также будет иметь неправильную форму. Одним из средств моделирования неправильных геометрических объектов в AutoCAD является процедура LOFT (моделирование объекта по сечениям), создающая «сплошное» тело (или SOLID-объект) путем формирования сплайн-переходов между двумя смежными профилями.

SOLID-объект, полученный через процедуру LOFT, может являться базовым для создания дочернего SOLID-объекта, таким образом, возможно моделирование «разветвляющихся» в пространстве рудных блоков. Создание SOLID-объекта предусматривает использование двух или более базовых профилей.

SOLID-модели рудных блоков обладают свойствами «сплошных тел», т. е. имеется возможность «рассечения» объектов плоскостями (задаваемыми по трем точкам). Становится возможной генерация любых дополнительных сечений – вертикальных поперечных, вертикальных продольных, а также погоризонтных планов.

3.2. Создание моделей рудных блоков

Создать новый файл (☺ ВМ – Файл – Новый – Enter), в который будут передаваться рудные блоки. Сохранить его, как **«В№-блоки.dwg».**

Создание рудного блока между смежными сечениями:

а) открыть файл «**В№-каркас.dwg**» (В п. «Окно» должно быть открыто 2 файла);

б) команда (ВМ – Рисование – Моделирование – По сечениям);

в) указываются 2 сечения на смежных разведлиниях. После указания 2-го сечения нажать 2 раза ПКМ: появится выпадающее меню, в котором необходимо указать «Только поперечные сечения»;

г) в появившемся окне «Настройка лофтинга» выбрать из раздела «Управление поверхностью на поперечных сечениях» функцию «Гладкая» <ОК> – блок будет построен;

д) с построенным блоком невозможно дальнейшее моделирование следующего рудного блока, поэтому получившийся блок необходимо скопировать в буфер обмена (☺ ВМ – Правка – Копировать);

е) переключиться в новый созданный файл «В№-блоки.dwg» (ВМ – Окно) и вставить в него в исходных координатах изображение блока, содержащееся в буфере обмена (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами). При отсутствии изображения блока на экране использовать команду показа на экране всего содержимого чертежа ВМ – Вид – Зумирование – Границы.

ж) измененный файл «В№-каркас.dwg» закрывается **БЕЗ СОХРАНЕНИЯ !!!**, либо в нем отменяются два последних действия до момента, когда на экране останутся только сечения (без рудного блока);

Для создания рудных блоков между следующими смежными профилями выполнить последовательно действия пунктов а … ж.

В случае «лофтинга» между поперечными сечениями, на которых изображено 2 рудных тела, необходимо сначала выполнить пункты а … ж для одного рудного тела, затем проделать то же самое для второго.

В блоках с двумя рудными телами, которые пересекаются между собой, необходимо выполнить их объединение: ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание двух рудных блоков ЛКМ или рамкой> – <ПКМ или Enter>.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-2

Объем залежи определяется прямым измерением объема блоков, заключенных между смежными разрезами.

Определить объем блока ВМ – Сервис – Сведения – Геометрия и масса – <Выбор блока, ПКМ>. Занести объем блока в дополнительную колонку таблицы 1, оценить погрешность (%) при вычислении объемов по формуле и прямым измерением.

Контрольная точка-4:
ФАЙЛ в AutoCAD «В№-блоки.dwg» (рис.3.1)
ФАЙЛ в Excel «В№-объемы.xls»
<Лист1 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ с дополнением>

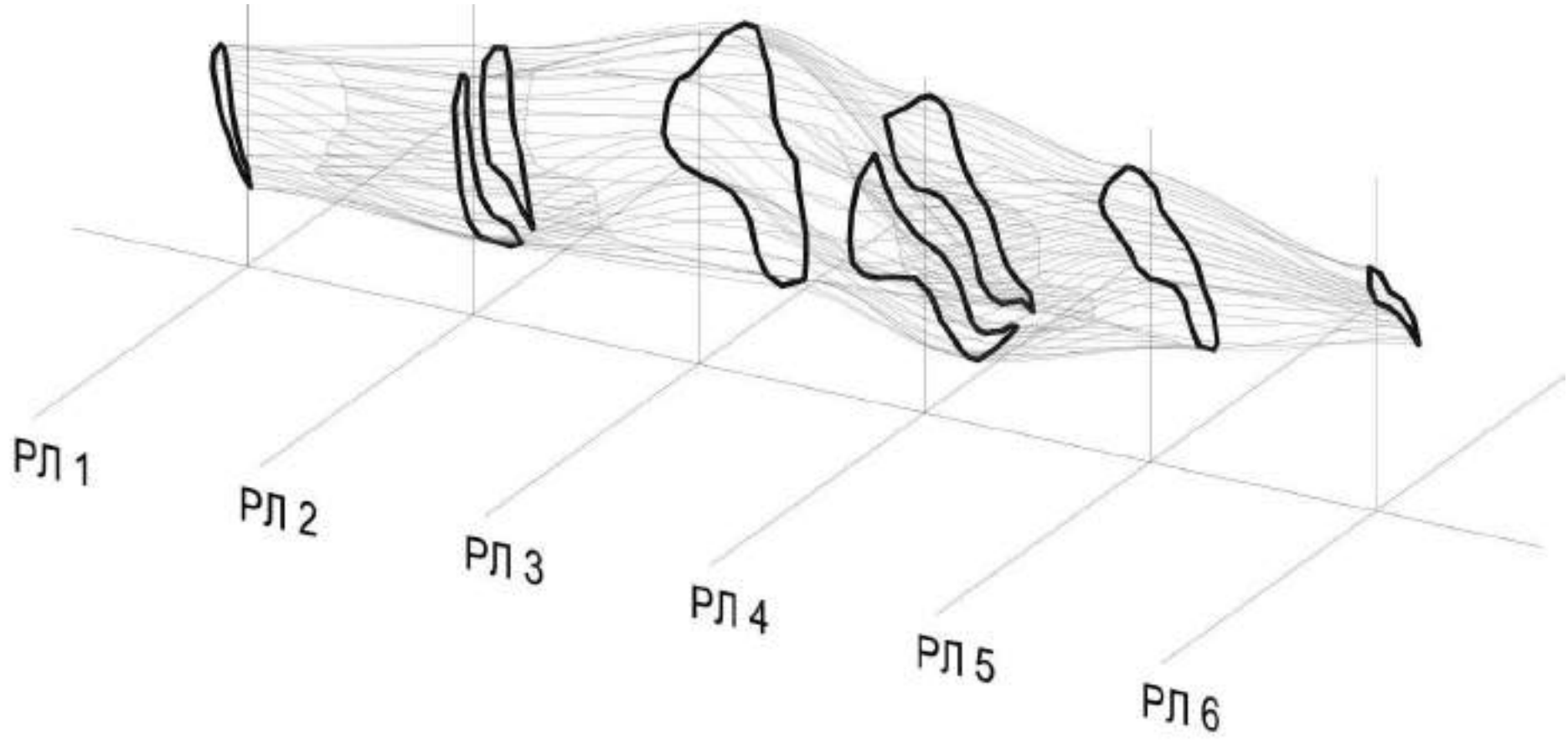


Рис.3.1. Пример изображения в файле контрольной точки-4

4. ПОЛУЧЕНИЕ ПОГОРИЗОНТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию генерации погоризонтных геологических планов по месторождению на основе его объемной модели.

Исходные данные

Файл «В№-блоки.dwg».

В AutoCAD открыть файл «**В№-блоки.dwg**», сохранить его как «**В№-геопланы.dwg**».

Каждый погоризонтный план, являющийся горизонтальным сечением модели месторождения по соответствующей высотной отметке, должен находиться в своем слое.

4.1. Объединение рудных блоков в единое рудное тело

Горизонтальные сечения создаются для месторождения в целом, поэтому рудные блоки объединяются в единое рудное тело командой ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание всех рудных блоков ЛКМ или рамкой> – <ПКМ или Enter>.

4.2. Создание слоевой структуры модели

Количество и имена слоев в файле «**В№-геопланы.dwg**» должны соответствовать эксплуатационным горизонтам.

Высота уступа при отработке 10 м. Отметка нижнего горизонта 200 м. Отметка верхнего горизонта 290 м. Условная отметка поверхности 300 м.

Слоевая структура создается командой ВМ – Формат – Слой – Создать слой или Alt+Д – <Ввод имени слоя>.

Имена слоев задаются как отметки горизонтов: 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290.

Также должны быть созданы слои «Рудное тело» и «Разведлинии» для размещения в них, соответственно, рудного тела и разведочных линий с координатной осью.

После создания слоевой структуры файла, ее рекомендуется проверить через меню «Слои» панели инструментов «Свойства».

Для визуального контроля правильного получения сечений необходимо, чтобы рассекаемый объект (SOLID-модель) и сечение имели разные цвета. Рекомендуется SOLID-модели месторождения назначить новый цвет (Фиолетовый). Для этого модель рудного тела помечается (возможна пометка рамкой), и в панели инструментов «Свойства» ей назначается новый цвет «Фиолетовый» и новый слой «Рудное тело».

Перенос разведлиний и координатной оси: открыть файл **«План разведлиний-1000.dwg»**, скопировать в буфер обмена разведлинии с их подписями и координатную ось (ВМ – Правка – Копировать). Переключиться в файл «**В№-геопланы.dwg**» (ВМ – Окно). Вставить содержимое буфера обмена в исходных координатах (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами).

Вставленные объекты помечаются ЛКМ, и в панели инструментов «Свойства» им назначается новый слой «Разведлинии».

4.3. Создание погоризонтных планов по месторождению (горизонтальных сечений модели)

Сечение по модели формируется в текущем слое, поэтому перед началом создания сечения, необходимо произвести установку текущего слоя.

Технология построения сечения рудного тела по горизонту:

а) план (сечение) на горизонте 200 м. Установка текущего слоя «200» ☺ ВМ – Формат – Слой <Указание слоя «200»> – 2 раза кликнуть по имени выбранного слоя так, чтобы возле его имени появилась зеленая галочка, подтверждающая, что выбранный слой стал текущим – ОК;

б) построение сечения по горизонту

В командной строке внизу экрана набрать команду Сечение <Выбор рассекаемых объектов, ПКМ> – < ПКМ, указание плоскости XY > – <Ввод в командной строке координаты точки на плоскости рассечения 0,0,200>.

В ряде вариантов рудное тело не пересекает горизонт +200 м, поэтому сечение может быть не получено, что не является ошибкой. В этом случае следует перейти к вышележащему горизонту.

Для построения сечений на гор.210 м – 290 м выполнить пункты а … б для каждого горизонта.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-3

Объем залежи определяется как сумма погоризонтных объемов, определяемых по формуле:

$$V = H \cdot (S_1 + S_2) / 2,$$

где V – погоризонтный объем, м^3;

S_1 и S_2 – площади рудных тел на смежных горизонтах, м^2;

H – высота уступа, м.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 4.1

Подсчет объемов залежи по площадям рудных тел
на геологических планах (метод горизонтальных сечений)

Отм. гор.	Площадь рудных тел по низу, $м^2$	Площадь рудных тел по верху, $м^2$	Высота уступа, м	Объем, $м^3$
290	7973	0	7	27906
280	16060	7973	10	120165
270	20528	16060	10	182940
260	19971	20528	10	202495
250	16880	19971	10	184255
240	13882	16880	10	153810
230	11656	13882	10	127690
220	9452	11656	10	105540
210	5168	9452	10	73100
200	0	5168	8	20672
ВСЕГО				**1198573**

Контрольная точка-5:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-геопланы.dwg» (рис.4.1)
ФАЙЛ Excel «В№-объемы.xls»
<Лист2 ОБЪЕМЫ ПО ПЛАНАМ>

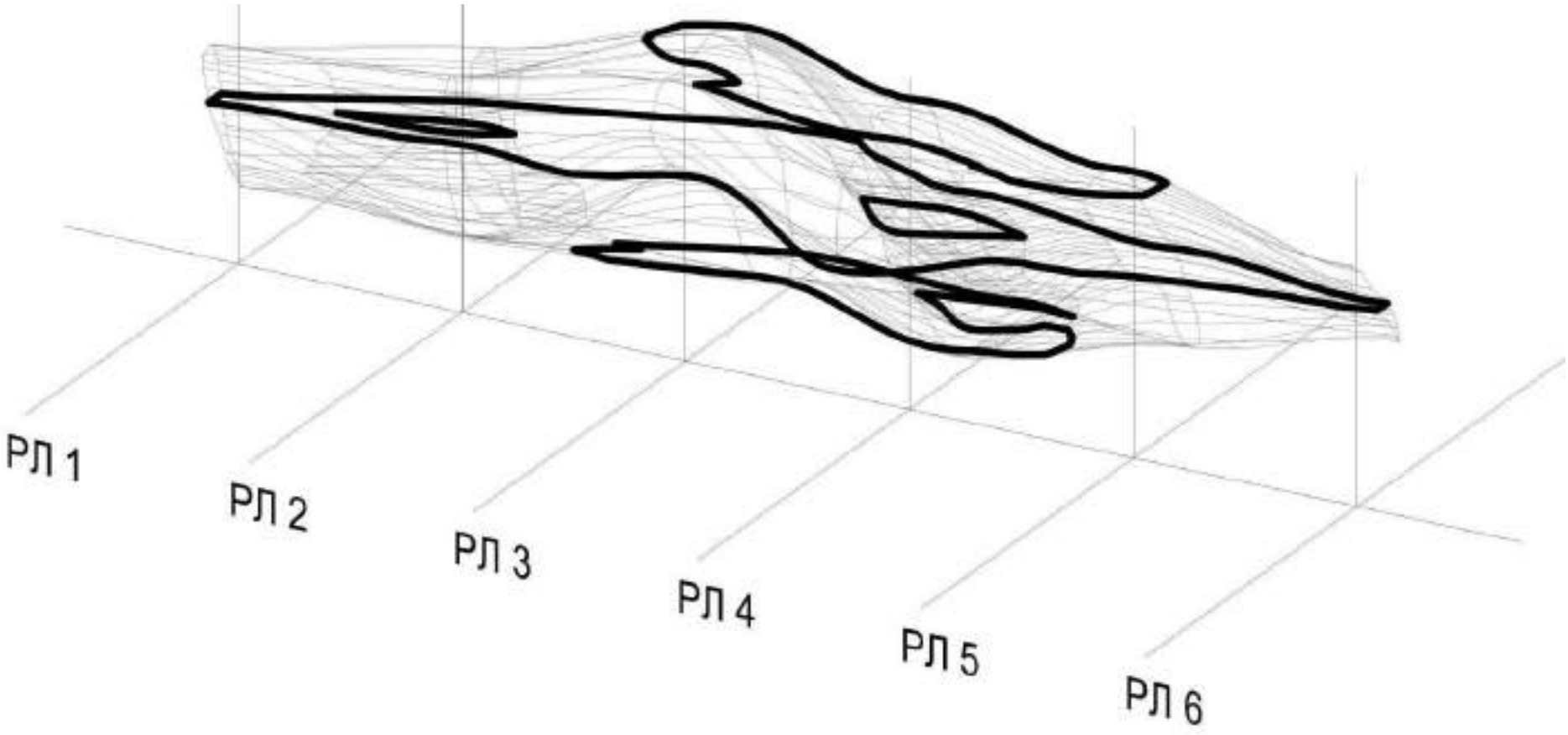


Рис.4.1. Пример изображения в файле контрольной точки-5

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРА

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного проектирования конечных контуров карьера на основе погоризонтных планов, с учетом конфигурации рудной залежи и конструкции борта карьера.

Исходные данные

Файл «В№-геопланы.dwg».

Открыть файл «**В№-геопланы.dwg**», сохранить его, как «**В№-карьер-контуры.dwg**».

Конечные контуры карьера формируются поуступно, на основе погоризонтных геологических планов с учетом конструкции погашенного борта карьера (заложение откоса уступа $Z=H_y\mathrm{ctg}(A)$ и ширина бермы очистки).

Для данной работы высота уступа H_y=10 м, заложение откоса уступа 4 м (при угле откоса уступа A=65-70^0), ширина бермы очистки 6 м.

Формирование борта идет поуступно, начиная с нижнего горизонта, путем оконтуривания рудного тела на горизонте.

Критерии оконтуривания:

- положение нижней бровки проходит по контуру рудного тела, с учетом обеспечения подъезда в торцевые части залежи;
- ширина дна карьера должна обеспечивать разворот автосамосвалов при установке под погрузку (не менее 25-30 м);
- при небольшой мощности залежи (особенно при ее выклинивании в торцевых частях) разрешается оставлять участки дна карьера шириной 15-20 м при условии движения в них самосвалов задним ходом не более 30 м.

Технология отстройки борта карьера в предельном положении:

а) все слои, кроме слоя «0», выключаются. Включается слой с нижним контуром рудного тела (слой «200») при текущем слое «0»;

б) полилинией оконтуривается висячий бок залежи (без привязки, с минимальным числом вершин, максимально приближенный к границе рудного тела) – получается контур нижней бровки по висячему боку;

в) на ширину разворотной площадки (25 м или 30 м) отстраивается подобная линия, от проведенной в пункте б), – получается контур нижней бровки по лежачему боку ☺ВМ – Редактирование – Подобие – <С клавиатуры указывается ширина смещения 25 или 30> – <Указывается исходный контур – проведенный по висячему боку> – <Указывается точка на желаемой стороне смещения>;

г) в случае выхода рудного тела за контур нижней бровки по лежачему боку, этот контур подвигается (маркерами) за контур рудного тела до полного его охвата;

д) отстраиваются полилинии в торцах залежи, все участки контуров нижней бровки «сшиваются» в единую замкнутую полилинию ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

е) от замкнутого контура нижней бровки откладывается верхняя бровка на смещение, равное заложению откоса уступа (4 м), а от нее – нижняя бровка вышележащего горизонта – на смещение, равное ширине бермы очистки (6 м);

ж) включается слой с контуром рудного тела на вышележащем горизонте и для него снова выполняются пункты г…ж. Слой с оконтуренным рудным телом можно выключить.

После выполнения цикла операций по пунктам г)…ж) для всех горизонтов – конечный контур карьера будет отстроен

Слоевая структура файла дополняется группой новых слоев для размещения в них контуров уступов. ВМ – Формат – Слой – Создать слой или Alt+Д – <Ввод имени слоя>. Имена слоев задаются как: гор 210, гор 220 … гор 290.

Занесение контуров в соответствующий слой - объекты помечаются, и в панели инструментов «Свойства» им назначается новый слой.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-4

Объем карьерного пространства определяется, как сумма погоризонтных объемов, определяемых по формуле:

$$V = H \cdot (S_1 + S_2) / 2,$$

где V – погоризонтный объем, м^3;

S_1 и S_2 – площади горизонта по нижней и верхней бровке, м^2;

H – высота уступа, м.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 5.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (без учета вскрытия)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, м^2	Площадь по верхней бровке, м^2	Высота уступа, м	Объем горной массы, м^3	Объем руды *), м^3	Объем вскрыши, м^3	Коэф-нт вскрыши, м^3/м^3
290	95463	100787	10	981250	27906	953344	34,16
280	82638	87685	10	851615	120165	731450	6,09
270	70281	75060	10	726705	182940	543765	2,97
260	58242	62773	10	605075	202495	402580	1,99
250	44738	48995	10	468665	184255	284410	1,54
240	32980	36741	10	348605	153810	194795	1,27
230	23502	26894	10	251980	127690	124290	0,97
220	14640	17305	10	159725	105540	54185	0,51
210	6844	8611	10	77275	73100	4175	0,06
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**4491567**	**1198573**	**3292994**	**2,75**

*) Данные из таблицы 4.1

Контрольная точка-6:
ФАЙЛ AutoCAD «В№-карьер-контуры.dwg» (рис.5.1)
ФАЙЛ Excel «В№-объемы.xls»
<Лист3 ОБЪЕМЫ ПО ГОРИЗОНТАМ>

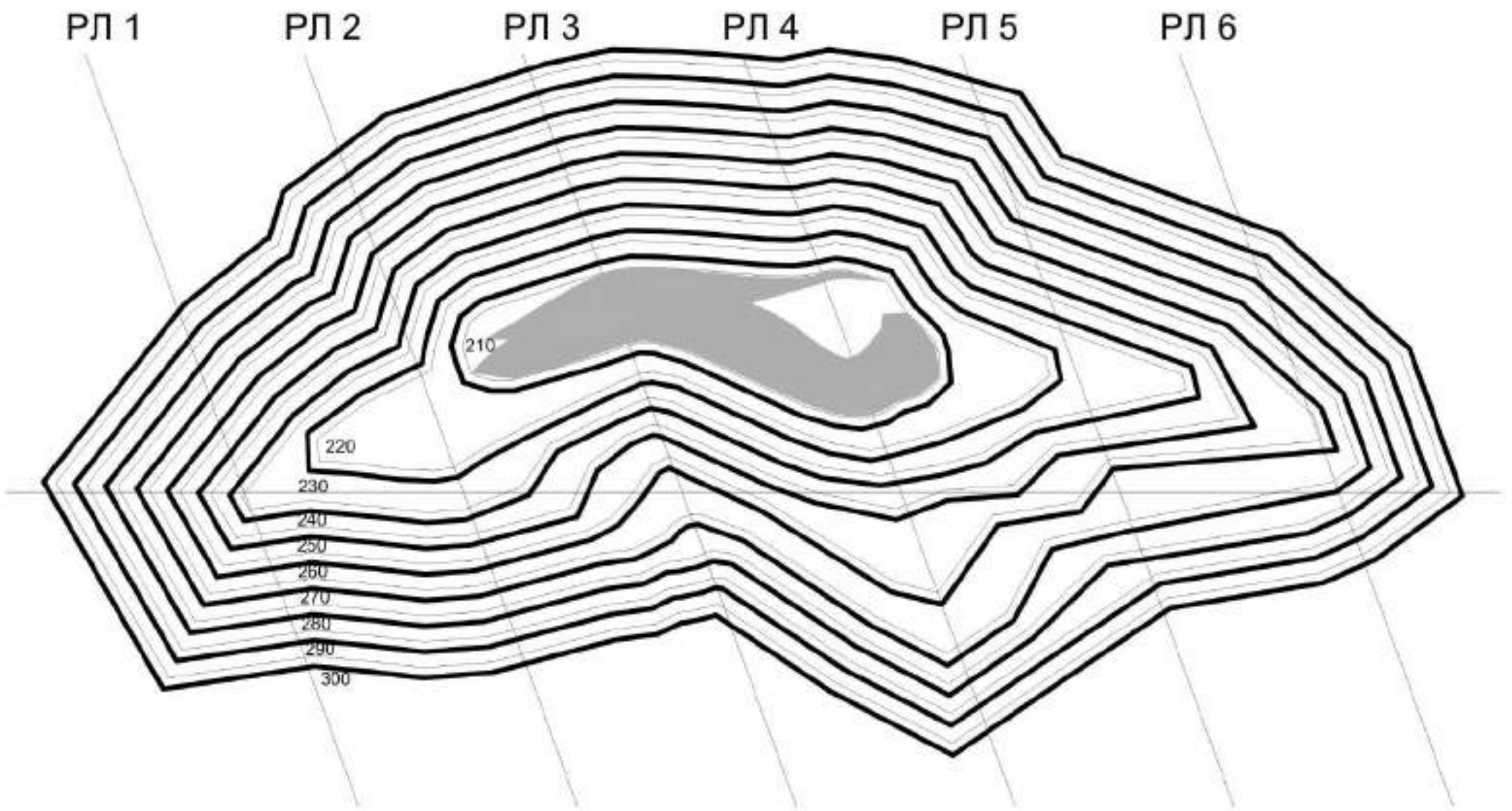


Рис.5.1. Пример изображения в файле контрольной точки-6

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСКРЫТИЯ КАРЬЕРА

Цель выполнения этапа:

Освоить технологию автоматизированного проектирования схемы вскрытия карьера и построения вскрывающих выработок на одном из нерабочих бортов.

Исходные данные:

Файл «В№-карьер-контуры.dwg».

Открыть файл «**В№-карьер-контуры.dwg**», сохранить его, как «**В№-карьер-вскрытие.dwg**».

Снова открыть файл «**В№-карьер-контуры.dwg**», таким образом, открыты 2 файла с межфайловым обменом через ВМ – Окно.

В данной работе вскрытие карьера производится на автотранспорт. Уклон съездов 0,080, ширина съездов – 12 м, длина съезда – 125 м (10/0,08), длина площадки примыкания – 20 … 25 м.

Критерии формирования трассы вскрывающих выработок:

- расположение трассы автосъездов - с использованием конструкции борта по лежачему боку залежи (разнос борта под вскрытие карьера – минимальный);

- число пунктов перемены направления движения на трассе – минимальное;

- разнос борта в торцах карьера – минимальный.

Построение автосъездов («врезка» съезда в уступ) производится последовательно, начиная с нижнего горизонта на вышележащие.

Перед началом построения схемы вскрытия карьера рекомендуется провести ее предварительную трассировку – наметить оси автосъездов (заданной длины), места разворотных площадок и площадок примыкания.

Начальная точка первого съезда на нижнем горизонте выбирается таким образом, чтобы обеспечить разворот самосвала при въезде на нижний горизонт, и чтобы съезд разместился полностью по длине борта без перемены направления.

Перед началом отстройки в файле **«В№-карьер-вскрытие.dwg»** удалить все контуры горизонтов, кроме нижней бровки нижнего горизонта («гор 210»).

Технология «врезки» съезда:

а) нижняя бровка копируется по вертикали (включен ОРТО-режим F8) на фиксированное расстояние (300 м). Команда ☺ВМ – Редактирование – Кприрование – <Указание контура ЛКМ> – <1 точка – любая, указание ЛКМ> – <Подвинуть «мышь» вверх или вниз> – <Набрать 300> – <Enter>;

б) на исходной нижней бровке, в точке начала съезда, делается разрыв контура как можно меньшей длины (☺ВМ – Редактирование – Разорвать – <Указание 1 точки разрыва> – <Указание 2 точки разрыва>);

в) от нижней бровки уступа оставляется ее часть, равная длине съезда, т. е. фактически нижняя бровка уступа трансформируется в верхнюю бровку съезда. Команда ☺ВМ – Редактирование – Увеличить – <Указать объект> –

<ПКМ, Всего> – <Ввод с клавиатуры длины съезда 125, Enter> – <Указание удаляемой части контура>. Проверка длины получившейся ломаной – Выбрать объект – ПКМ – Свойства – Длина (д.б. =125);

г) поворот получившейся ломаной (верхней бровки съезда) относительно начальной точки съезда (точки разрыва) на угол около 2^0 (направление поворота – в зависимости от выбранного направления съезда). ☺ВМ – Редактировать – Повернуть – <Выбор объекта> – <Указание центра поворота – начальная точка съезда> – <Ввод с клавиатуры угла поворота, Enter>;

д) по подобию на ширину съезда (12 м) от линии верхней бровки строится его нижняя бровка по команде ☺ВМ – Редактировать – Подобие –<С клавиатуры указывается ширина съезда 12> – <Указывается исходный контур – верхняя бровка съезда> – <Указывается точка на стороне смещения>. Контур съезда по его верхней и нижней бровке с торцов замыкается отрезками;

е) восстанавливаются участки уступа: верхней бровки над съездом и нижней бровки под съездом – по подобию на заложение откоса уступа (построение аналогично пункту «д»). Восстановленные участки доворачивается на угол около 2^0 (построение аналогично пункту «г»). Все нестыковки линий ликвидируются подвиганием маркеров узловых точек. Таким образом, на этот момент на экране должен быть отстроен съезд и его откосы;

ж) копия нижней бровки, полученная в п.«а» перемещается в исходное положение (на 300 м обратно, аналогично действиям п.«а», но с использованием команды ВМ – Редактировать – Перенести);

з) в перемещенном контуре нижней бровки делаются 2 разрыва в 10-12 м за пределами границ съезда (☺ВМ – Редактировать – Разорвать – <Указание 1 точки разрыва> – <указание 2 точки разрыва>). Часть контура нижней бровки, лежащая в пределах съезда, удаляется. Участки нижней бровки уступа и откосов съезда стыкуются подвиганием маркеров с привязкой по конечным точкам (при этом должен быть обеспечен радиус поворота автосамосвала);

и) верхняя бровка отстраивается по подобию от нижней бровки на заложение откоса уступа (аналогично пункту «е»). Нестыковки линий ликвидируются подвиганием маркеров узловых точек;

к) производится «сшивка» всех сегментов нижней и верхней бровки уступа в единый замкнутый контур. Верхняя и нижняя бровки съезда не входят в присоединяемые сегменты. Команда ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

л) по подобию на ширину бермы очистки (6 м) строится нижняя бровка вышележащего уступа;

м) из файла **«В№-карьер-контуры.dwg»** копируется в буфер обмена нижняя бровка вышележащего уступа (ВМ – Правка – Копировать) и вставляется в исходных координатах в файл **«В№-карьер-вскрытие.dwg»** (ВМ – Правка – Вставить с исходными координатами);

н) из двух полученных вариантов нижней бровки (по пунктам «л» и «м») формируется новый контур нижней бровки, проходящий по внешней границе двух вариантов бровок. Для объединения 2 контуров в один они предварительно переводятся в вид «Область» командой ВМ – Рисование – Область – <Указание обоих контуров ЛКМ> – <ПКМ>. Визуально при этом ничего не происходит. Далее 2 региона объединяются в один командой ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение – <Указание регионов ЛКМ> – <ПКМ или Enter>. Полученный объект снова переводится в режим «Полилиния», для чего разбивается на отрезки (ВМ – Редактировать – Расчленить), а затем «сшивается» в замкнутую полилинию (аналогично п.«к»);

о) отложить от середины выезда площадку 25 … 30 м (окружностью радиусом 25 … 30). Точка пересечения ее с полученной нижней бровкой будет началом нового съезда. При перемене направления движения точка начала нового съезда будет находиться по нормали от точки выезда.

Для отстройки съездов на каждом вышележащем горизонте – повторяются операции по пунктам а …о.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-4

Объем карьерного пространства с учетом вскрывающих выработок определяется аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-3». Рекомендуется использовать ту же самую электронную форму таблицы, изменив в ней только площади. Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 6.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (с учетом вскрытия)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, $м^2$	Площадь по верхней бровке, $м^2$	Высота уступа, м	Объем горной массы, $м^3$	Объем руды *), $м^3$	Объем вскрыши, $м^3$	Коэф-нт вскрыши, $м^3/м^3$
290	106941	114015	10	1104780	27906	1076874	38,59
280	91808	98695	10	952515	120165	832350	6,93
270	77192	84038	10	806150	182940	623210	3,41
260	64051	70152	10	671015	202495	468520	2,31
250	50139	56063	10	531010	184255	346755	1,88
240	37808	43069	10	404385	153810	250575	1,63
230	26831	31738	10	292845	127690	165155	1,29
220	15976	20238	10	181070	105540	75530	0,72
210	7022	10318	10	86700	73100	13600	0,19
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**5051142**	**1198573**	**3852569**	**3,21**

Контрольная точка -7

ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер-вскрытие.dwg (рис.6.1)

ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls <Лист4 ОБЪЕМЫ ПО КАРЬЕРУ>

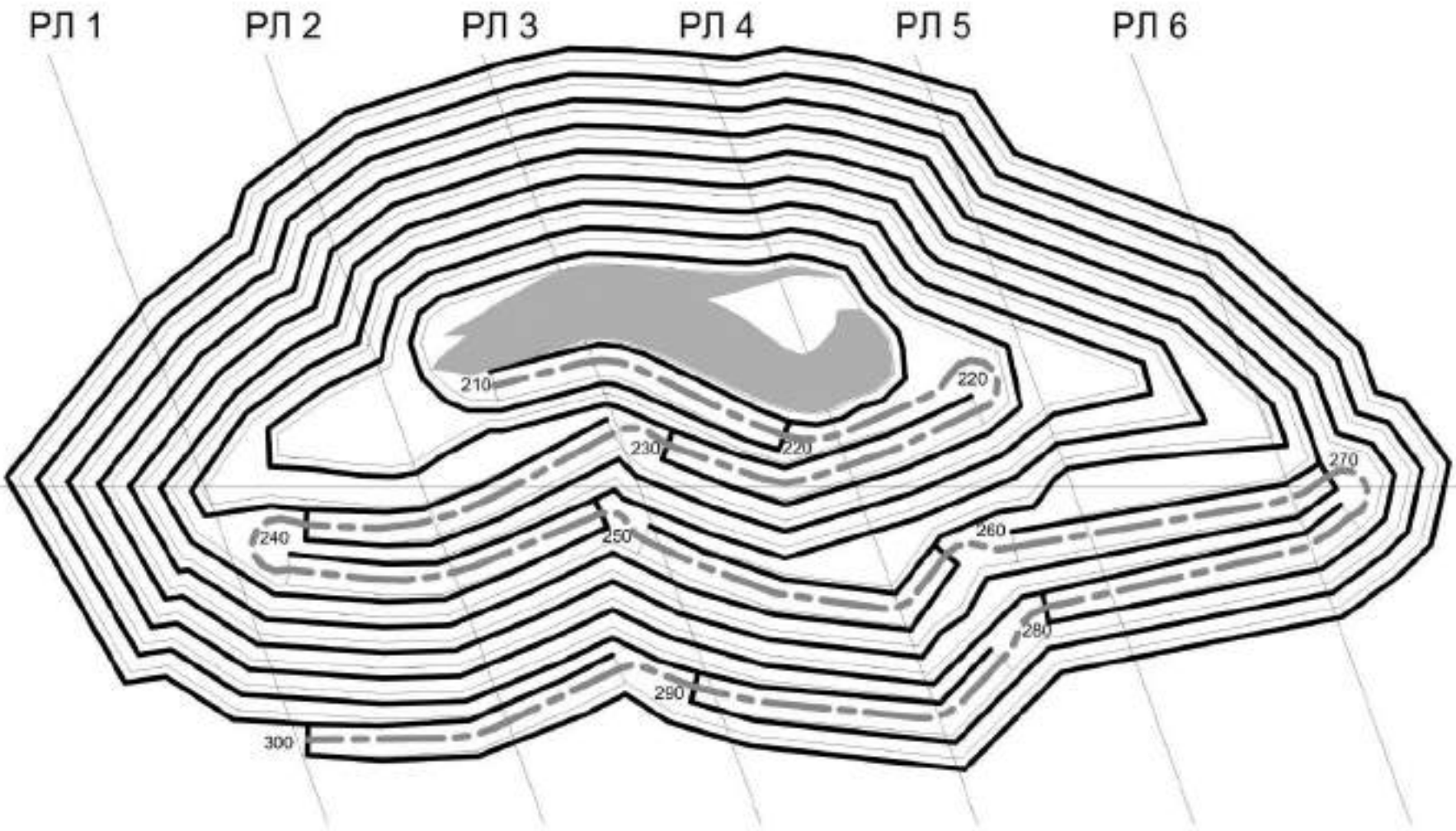


Рис.6.1. Пример изображения в файле контрольной точки-7

7. КОРРЕКТИРОВКА ГРАНИЦ КАРЬЕРА (СДВАИВАНИЕ УСТУПОВ)

Цель выполнения этапа

Освоить технологию построения нерабочего борта, содержащего сдвоенные уступы, оценить сокращение объемов вскрыши при сдваивании уступов.

Исходные данные

Файл «В№-карьер-вскрытие.dwg».

Открыть файл **«В№-карьер-вскрытие.dwg»**, сохранить его как **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»**.

Для уменьшения объемов вскрыши, уступы борта, не содержащего вскрывающие выработки, сдваиваются.

Проектирование сдваивания уступов происходит с нижнего горизонта в зоне борта с выдержанной шириной бермы очистки, путем «перетягивания» маркеров узловых точек контура каждой бровки в новое положение.

Технология построения сдвоенных уступов

На рис. 7.1 и 7.2 представлена пошаговое сдваивание уступов. Сдваивание начинается с двух нижних горизонтов карьера.

Шаг 1 и 2: Нижняя бровка горизонта, идущего следом за самым нижним горизонтом, с помощью маркеров передвигается на верхнюю бровку нижележащего горизонта.

Шаг 3: От сдвинутой нижней бровки с помощью команды «Подобие» отстраивается вспомогательная линия на расстояние равное заложению откоса уступа (4,0 м). Вспомогательный контур рекомендуется выделить цветом, отсутствующим на чертеже, так как данный контур впоследствии необходимо будет удалить.

Шаг 4: На вспомогательный контур с помощью маркеров сдвигается верхняя бровка перемещаемого горизонта. Измеряется площадь новых полученных контуров и заносится в таблицу 7.1.

Шаг 5: С помощью команды «Разорвать» (ВМ – Редактировать – Разорвать) необходимо разорвать верхнюю бровку нижнего горизонта и нижнюю бровку вышележащего горизонта в местах выклинивания уступов. Затем следует удалить две полностью совпадающие линии, расположенные в центре сдвоенного уступа.

Шаг 6: От верхней бровки, сформированной на шаге 4, отстраивается вспомогательная линия по подобию на ширину бермы механизированной очистки (6,0 м), которая совпадает с новым положением нижней бровки вышележащего уступа.

Шаг 7: На вспомогательную линию сдвигается нижняя бровка следующего уступа, планируемого к сдваиванию. По завершении шага №7, выполнять шаг 1-7 со следующими двумя уступами. Повторять выполнение шагов 1-7 до тех пор пока не будут сдвоены попарно все уступы в карьере.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-5

Объем карьерного пространства с учетом вскрывающих выработок и сдвоенных уступов на противоположном борту определяется аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-4». Рекомендуется использовать ту же самую электронную форму таблицы, изменив в ней только площади.

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 7.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера (с учетом вскрытия и сдваивания уступов)

Отм. гор.	Площадь по нижней бровке, $м^2$	Площадь по верхней бровке, $м^2$	Высота уступа, м	Объем горной массы, $м^3$	Объем руды *), $м^3$	Объем вскрыши, $м^3$	Коэф-нт вскрыши, $м^3/м^3$
290	92817	99584	10	962005	27906	934099	33,47
280	78436	85025	10	817305	120165	697140	5,80
270	68243	74875	10	715590	182940	532650	2,91
260	55658	61501	10	585795	202495	383300	1,89
250	45385	51267	10	483260	184255	299005	1,62
240	33373	38531	10	359520	153810	205710	1,34
230	25144	30021	10	275825	127690	148135	1,16
220	14451	18674	10	165625	105540	60085	0,57
210	7022	10317	10	86695	73100	13595	0,19
200	–	–	8 (н.ч.)	20672	20672	–	–
ВСЕГО				**4472292**	**1198573**	**3273719**	2,73

Контрольная точка-8:
ФАЙЛ AutCAD В№-карьер-вскрытие2.dwg (рис.7.3)
ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls
<Лист5 ОБЪЕМЫ ПО КАРЬЕРУ2>

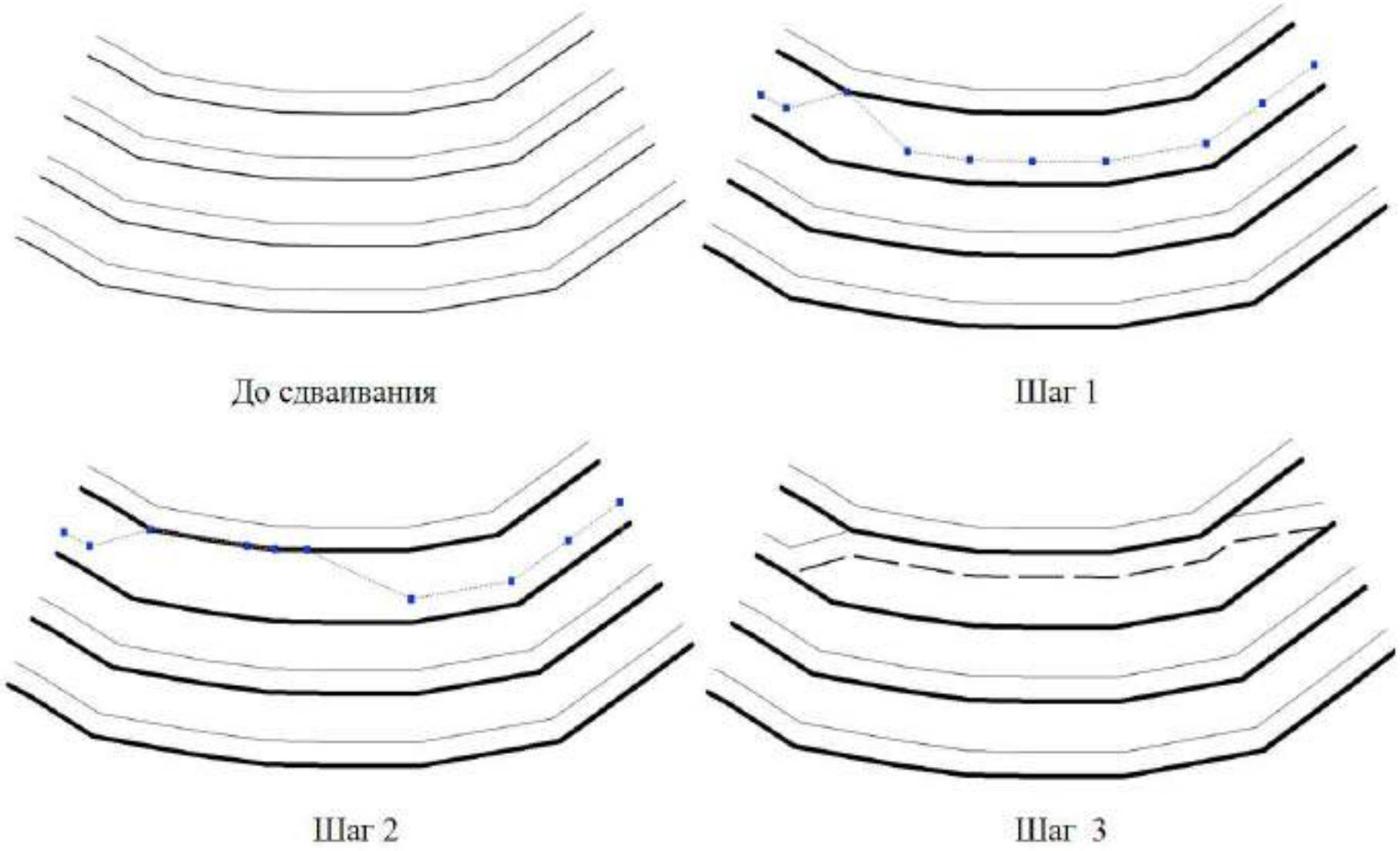


Рис.7.1. Шаги по сдваиванию уступа №1-3

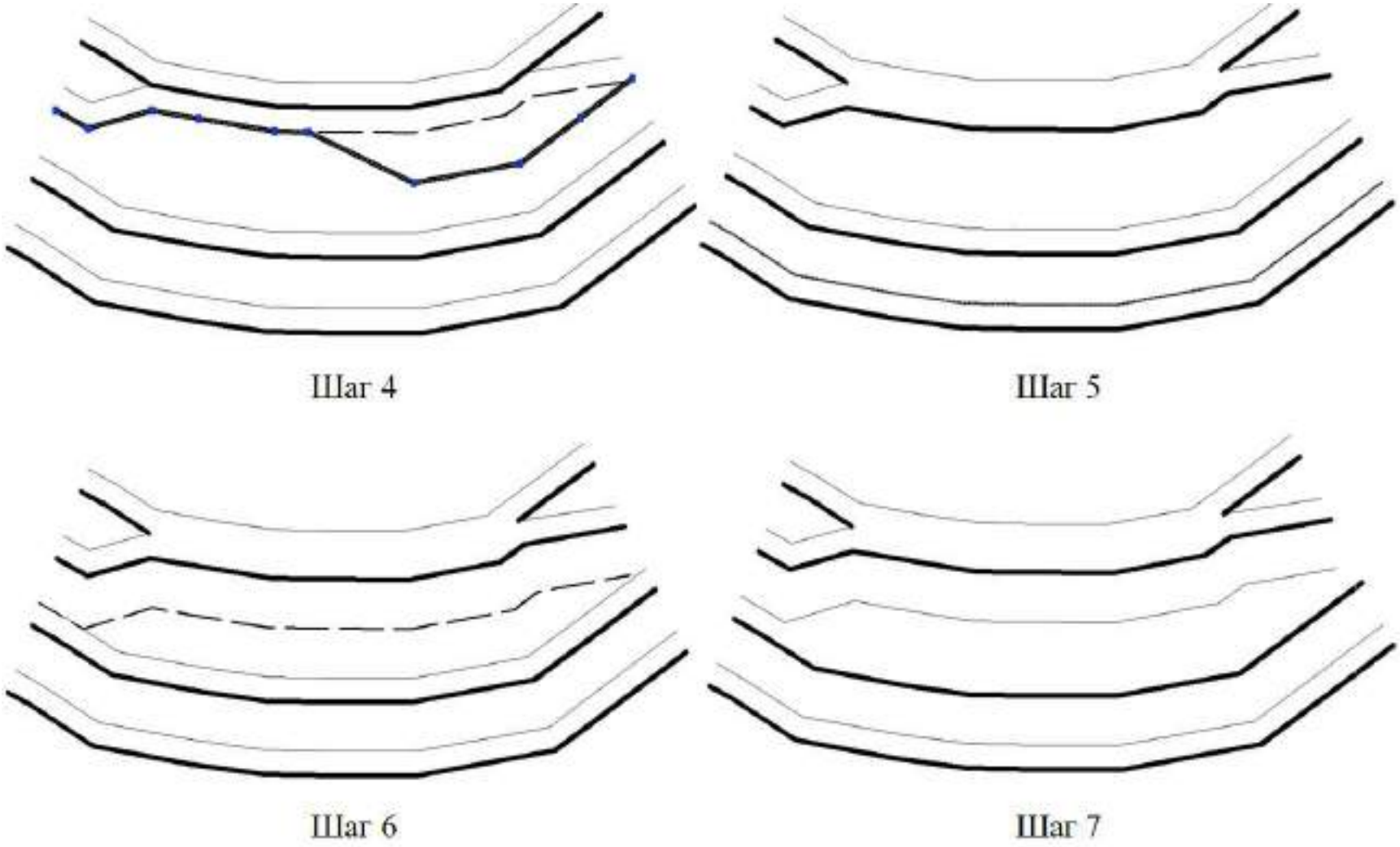


Рис.7.2. Шаги по сдваиванию уступа №4-7

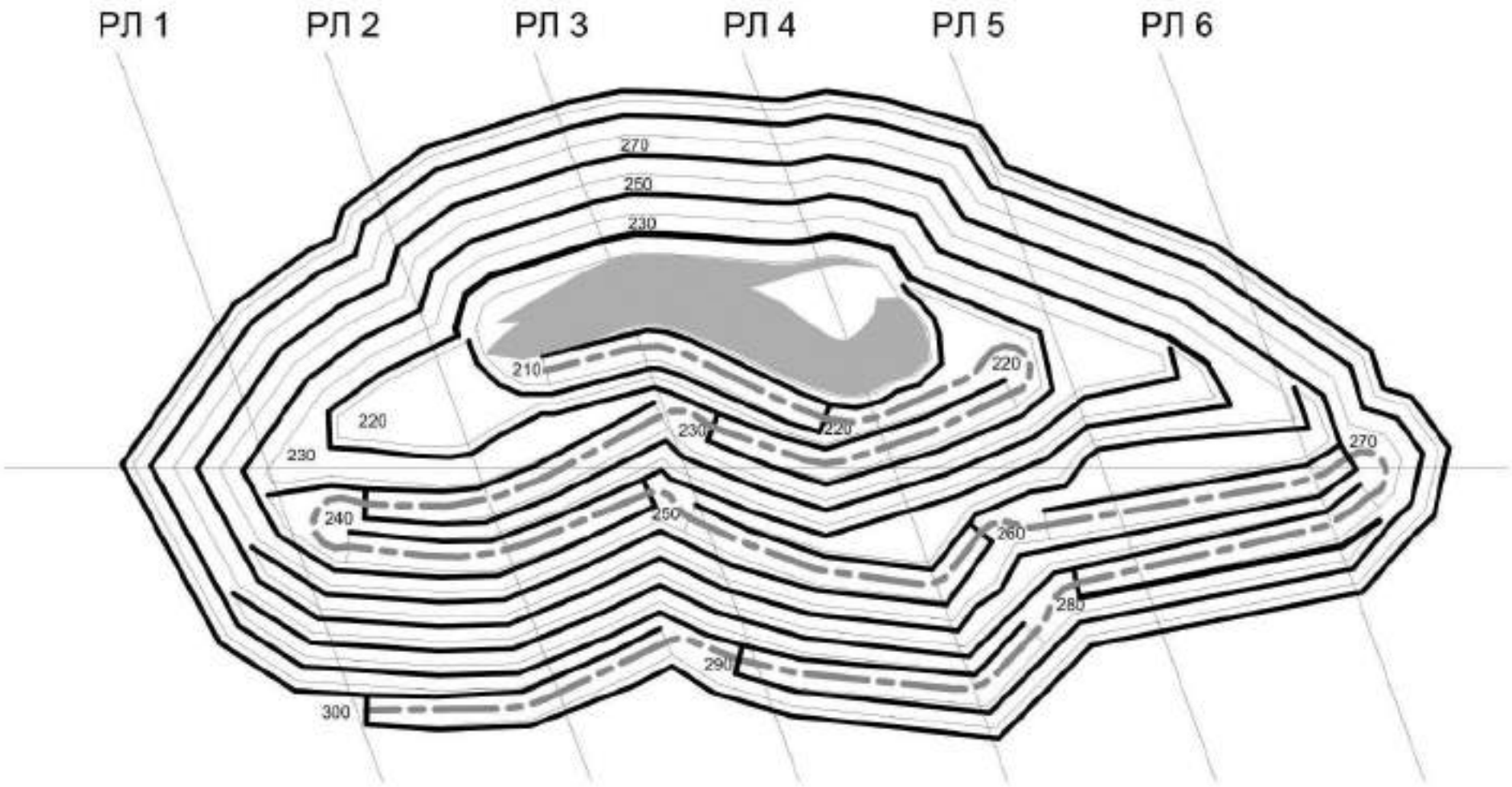


Рис.7.3. Пример изображения в файле контрольной точки-8

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРА НА МОМЕНТ ПОЛНОГО РАЗВИТИЯ РАБОТ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного проектирования рабочей зоны карьера, переход от конечного положения к положению на момент полного развития работ с выдержанной шириной рабочих площадок и обеспечением фронта ведения горных работ.

Исходные данные

Файл «В№-карьер-вскрытие2.dwg».

Открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»** и сохранить его как **«В№-карьер-развитие работ.dwg»**. Снова открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»**, таким образом, открыты 2 файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Положение горных работ на момент полного развития характеризуется:

– выходом карьера на предельные границы по поверхности (верхним уступом);

– сформированной рабочей зоной с соблюдением ширины рабочих площадок на горизонтах (ширину рабочей площадки принять 40 м);

– ширина разрезной траншеи (котлована) на нижнем горизонте должна обеспечивать разворот автосамосвалов (т. е. быть не менее 25-30 м).

На данном этапе работы необходимо:

– задавшись положением верхнего уступа (сформированного в пункте 7), отстроить рабочую зону карьера с площадками 40 м и рабочим углом откоса 80^0 (угол учитывается в заложении откоса уступа);

– определить количество рабочих уступов с соблюдением минимальной ширины траншеи (котлована) на нижнем горизонте;

– вскрывающие выработки оставить, по возможности, в стационарном состоянии, за исключением съезда на нижний горизонт (допускается временный съезд).

Технология построения положения горных работ на полное развитие:

а) переключиться в файл **«В№-карьер-развитие работ.dwg»;**

б) удаляются все уступы, кроме верхнего (гор.+290 м);

в) от верхнего уступа по подобию отстраиваются горизонты внутрь карьерного поля (на ширину рабочей площадки и на заложение откоса рабочего уступа для верхних и нижних бровок, соответственно);

г) в процессе построений визуально отслеживаются размеры выработки на нижнем горизонте, и при достижении ею ширины менее 25-30 м, построения

прекращаются. Для контроля ширины выработки можно использовать построенный круг радиусом 15 м, перемещая его по площади выработки. В результате построений определяется количество уступов, размещаемых в пределах рабочей зоны;

д) из файла **«В№-карьер-вскрытие2.dwg»** копируется в буфер обмена нижележащий горизонт со съездом (ВМ – Правка – Копировать), и вставляется в исходных координатах в файл **«В№-карьер-развитие работ.dwg»** (ВМ – Редактировать – Вставить с исходными координатами);

е) из вставленного в п. «д» горизонта оставляется только съезд с его откосами, путем разрезания контуров бровок до и после съезда (ВМ – Редактировать – Разорвать), и удаления отрезанного контура горизонта;

ж) горизонт рабочей зоны, соответствующий данному съезду, аналогично разрезается в зоне расположения съезда (с удалением части контура в районе съезда), контур горизонта маркерами подтягиваются к съезду по соответствующим точкам нижних и верхних бровок.

Для переноса оставшихся нижележащих горизонтов (кроме последнего) повторить действия по пунктам д … ж.

На нижнем горизонте в уступ «врезается» временный съезд, положение которого решается разработчиком из условия минимального расстояния транспортирования. Технология построения съезда – см. пункт 6 «Вскрытие карьера».

Контрольная точка-9:
ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер-развитие работ.dwg (рис.8.1)

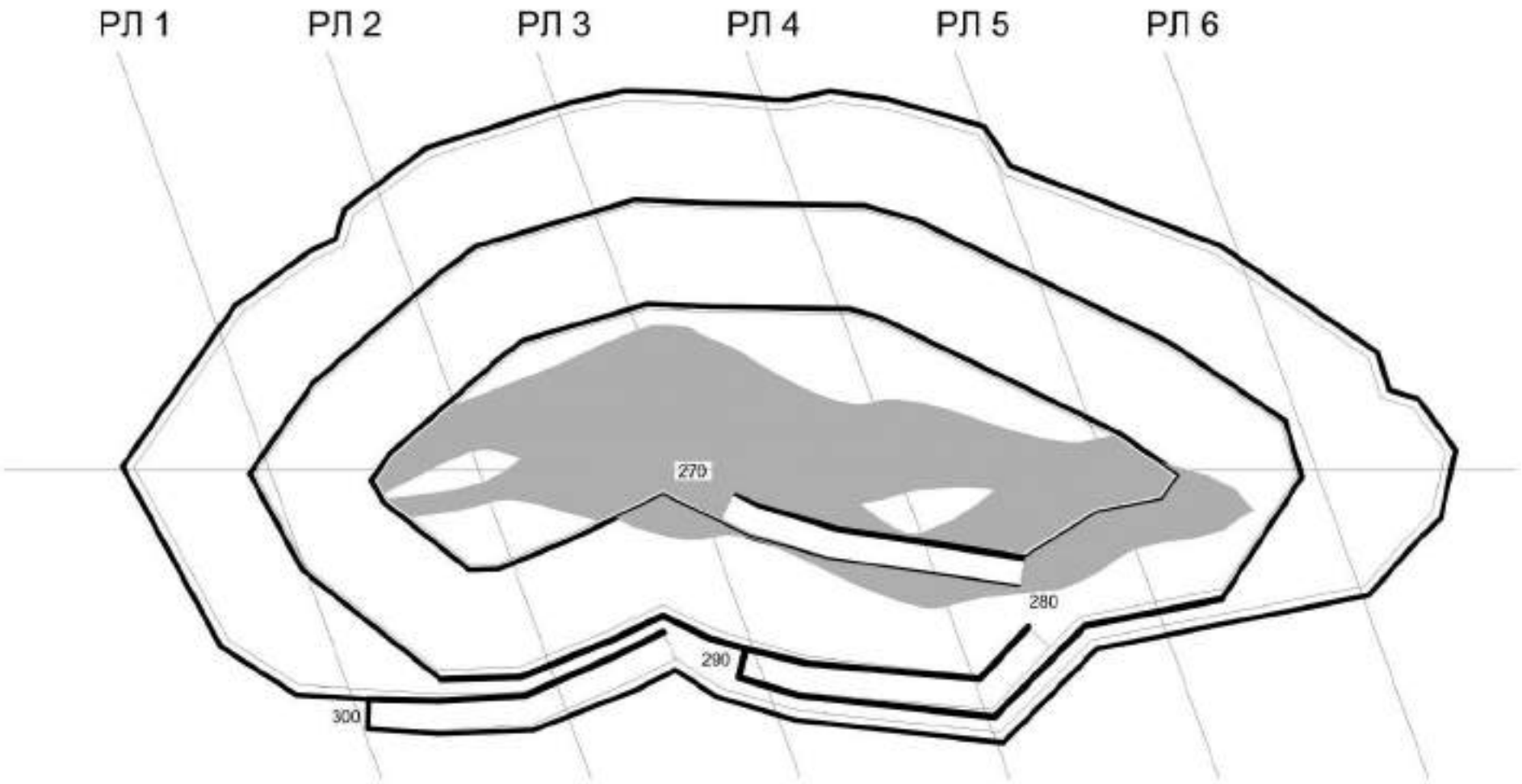


Рис.8.1. Пример изображения в файле контрольной точки-9

9. НАНЕСЕНИЕ КОНТУРОВ КАРЬЕРА НА ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию автоматизированного построения контуров карьера на поперечных геологических разрезах.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы-1000.dwg», «В№-карьер-вскрытие2.dwg», «В№-карьер-развитие работ.dwg».

Открыть файл **«В№-разрезы-1000.dwg»**, сохранить его как **«В№-разрезы с контурами.dwg»**. Дополнительно открыть файл **«В№-карьер-вскрытие2.dwg».** При нанесении контуров должны быть открыты оба файла, межфайловое переключение в ВМ – Окно.

Технология нанесения контуров карьера на геологические разрезы:

а) перейти в файл «В№-карьер-вскрытие2.dwg», установить ПСК на разведочную линию. Ось (*X*) при этом должна проходить по разведлинии или быть ей параллельна в направлении «Юго-восток – Северо-запад» (снизу вверх). Команда ВМ – Сервис – Новая ПСК – Объект – <Указание на нижнюю часть разведлинии>;

б) проведение серии вспомогательных отрезков, перпендикулярных разведлинии (для этого включение ОРТО-режима – F8), от пересечения каждой бровки каждого уступа с разведлинией. Длина отрезков должна соответствовать высотной отметке бровки минус 200 м (т. е. если проводится отрезок от бровки с отм.+280 м, то его длина = 80 ед.).

Команда для проведения отрезка заданной длины ☺ВМ – Рисование – Отрезок – <Указание точки пересечения бровки с разведлинией по привязке> – <Задание направления отрезка> – <Ввод с клавиатуры его длины, Enter>;

в) соединение концов построенных отрезков полилинией ☺ВМ – Рисование – Полилиния, вспомогательные отрезки удаляются;

г) копирование с базовой точкой в буфер обмена полученного контура карьера. Базовая точка – пересечение разведлинии с линией координатной сетки. Команда ☺ВМ – Правка – Копировать с базовой точкой – <указание базовой точки> – <выбор объекта, ПКМ>;

д) переключение в файл «В№-разрезы с контурами.dwg» ВМ-Окно;

е) вставка содержимого буфера обмена (контур карьера) на соответствующий разрез, в точку пересечения линии высотной сетки «200» с линией оси координат ☺ВМ – Правка – Вставить.

Для переноса остальных контуров карьера на соответствующие разрезы – повторить действия по пунктам а … е.

Аналогично нанести на разрезы контуры горных работ на момент полного развития.

ПОДСЧЕТ ОБЪЕМОВ-6

Объем карьера и вскрыши в карьере на конец отработки определяется по разрезам аналогично «ПОДСЧЕТУ ОБЪЕМОВ-1» как сумма объемов подсчетных блоков, заключенных между смежными разрезами. Все расчеты проводятся по формуле;

$$V = L * (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) / 3,$$

где V – объем подсчетного блока, м^3;

S_1 и S_2 – площади контуров карьера на смежных разрезах, м^2;

L – расстояние по нормали между смежными разрезами, м.

Площади и длины измеряются средствами AutoCAD

- площади: ВМ – Сервис – Сведения – Площадь – <ПКМ> – Объект;
- расстояния: ВМ – Сервис – Сведения – Расстояние (с исп. привязки по нормали).

Расчет представляется в EXCEL в табличной форме следующего вида:

Таблица 9.1

Подсчет объемов горной массы, руды и вскрыши
в конечных контурах карьера методом вертикальных сечений

Раз-рез 1	Раз-рез 2	Площадь карьера на разрезе 1, м^2	Площадь карьера на разрезе 2, м^2	Расстоя-ние между разре-зами, м	Объем горной массы, м^3	Объем руды*), м^3	Объем вскрыши, м^3	Коэфф. вскры-ши, м^3/м^3
1	2	6097	10999	80	683840	79264	604576	7,63
2	3	10999	13408	80	976280	258703	717577	2,77
3	4	13408	15078	80	1139440	384774	754666	1,96
4	5	15078	8371	80	937960	258652	679308	2,63
5	6	8371	4066	80	497480	77412	420068	5,43
ВСЕГО					**4235000**	**1058805**	**3176195**	**3,00**

*) данные табл. 1.1.

Контрольная точка-10:
ФАЙЛ AutoCAD В№-разрезы с контурами.dwg (рис. 9.1)
ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls
<Лист6 ОБЪЕМЫ КАРЬЕРА ПО РАЗРЕЗАМ>

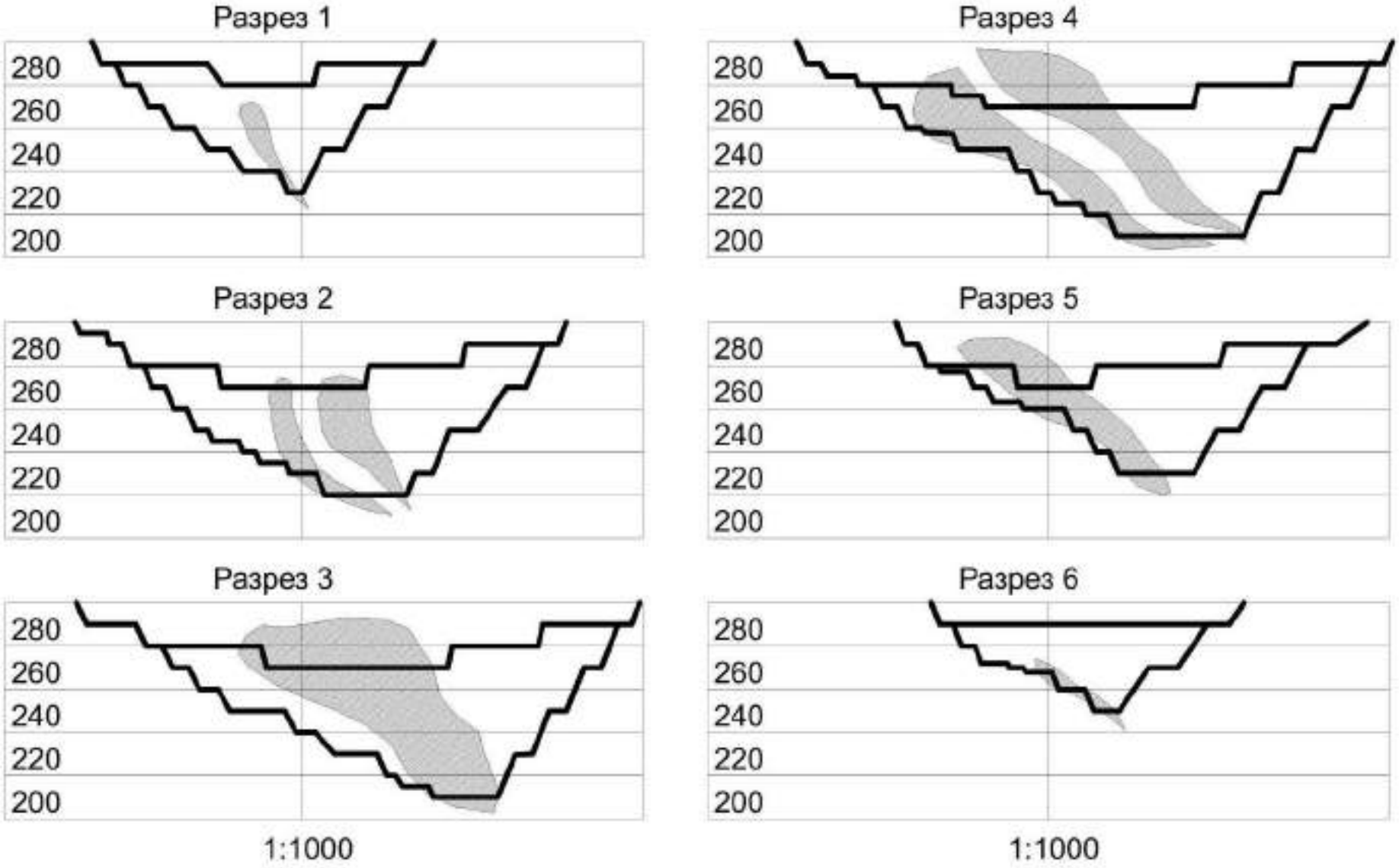


Рис. 9.1. Пример изображения в файле контрольной точки-10

10. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа

Освоить технологию формирования SOLID-модели рельефа месторождения.

Исходные данные

Файлы «В№-разрезы с контурами.dwg», «В№-каркас.dwg».

Открыть файл «В№-разрезы с контурами.dwg», сохранить его как **«В№-разрезы с рельефом.dwg»**.

Технология формирования SOLID-модели рельефа месторождения

а) в связи с тем, что контура спроектированного карьера, как правило, выходят за пределы ограничивающих разрез линий, необходимо увеличить длину разрезов на 50 мм чертежа влево и вправо от ограничивающих линий. Для этого необходимо воспользоваться командой «Подобие», выбрав расстояние смещения – 50 мм для ограничивающих разрез линий (рисунок 10.1). Удлинение всех горизонтальных линий разреза выполняется с помощью команды «Удлинить» (☺ВМ – Редактировать – Удлинить – <Выбрать вновь отстроенные линии – ПКМ – выбрать удлиняемые горизонтальные линии по одной, кликая ЛКМ поочередно по обоим концам горизонтальной линии>).

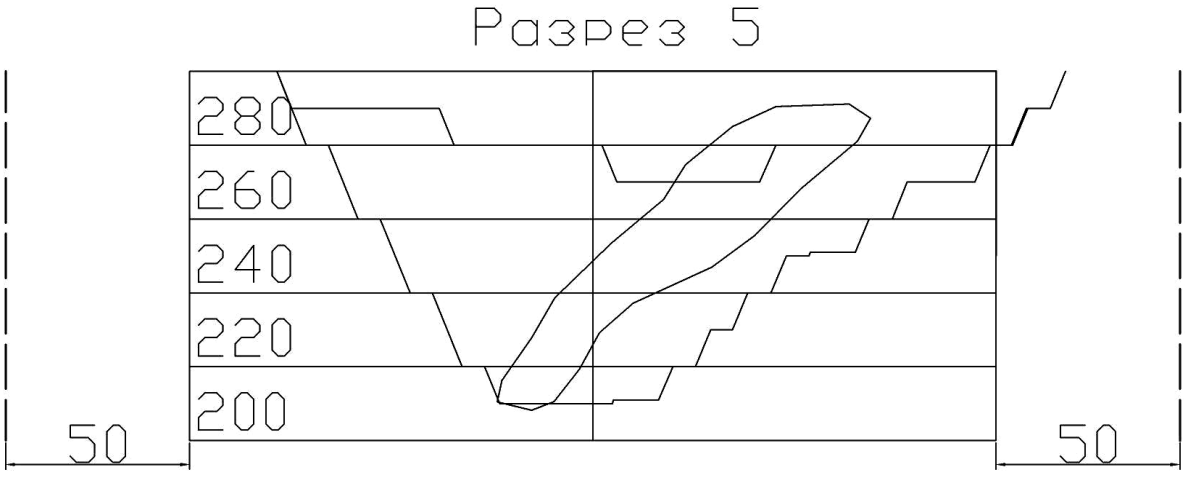


Рис. 10.1. Увеличение длины разреза

б) преподаватель наносит на все поперечные геологические разрезы контура, описывающие рельеф дневной поверхности месторождения.

в) в файле «В№-объемы.xls» <Лист6 ОБЪЕМЫ ПО РАЗРЕЗАМ> создать копию разработанной ранее таблицы (контрольная точка №10). Скорректировать объем вскрыши в контурах карьера и коэффициент вскрыши с учетом рельефа месторождения. Расчеты следует производить аналогично контрольной точке №10. Для измерения площадей необходимо создать замкнутые контура: <ВМ – Рисование – Контур – Создать – Указание линии,

описывающей рельеф месторождения и контура карьера на конец отработки (рис. 10.2) – ПКМ – Указание точек – указать точку внутри создаваемого контура – Enter>. После измерения площадей, построенные контура удалить.

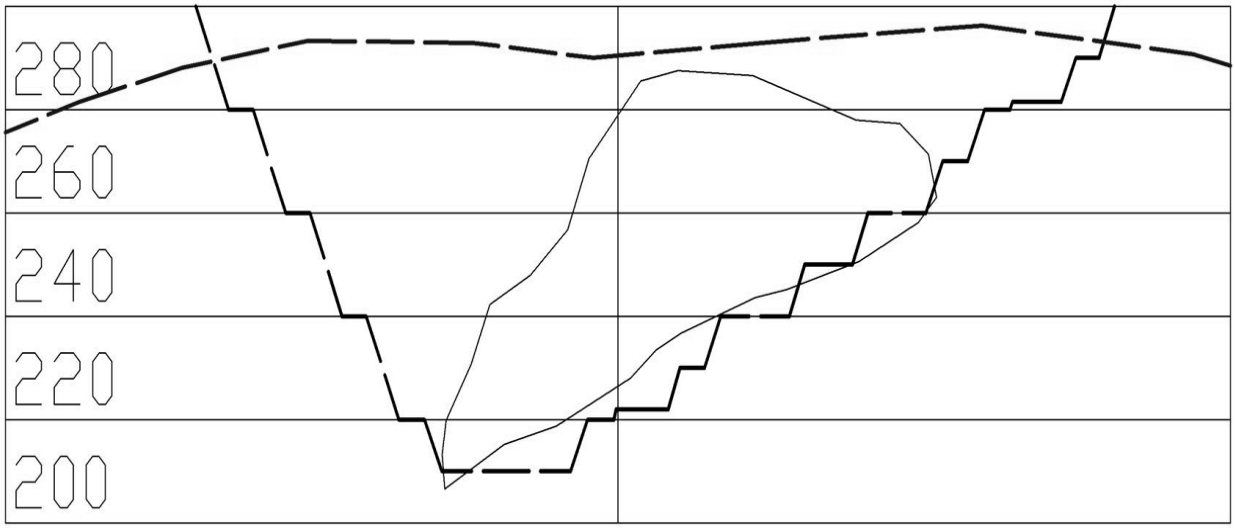


Рис. 10.2. Создание замкнутого контура для определения площади

г) объединить отстроенную линию рельефа с новыми ограничивающими линиями разреза и нижней горизонтальной линией с целью создания единого замкнутого контура. Для этого 4 выбранные линии «сшиваются» в единую замкнутую полилинию ☺ВМ – Редактировать – Объект – Полилиния – <Указывается любой сегмент в полилинии> – <В выпадающем меню указать Добавить> – <Указываются все добавляемые к выбранному сегменту объекты, ПКМ, Enter>;

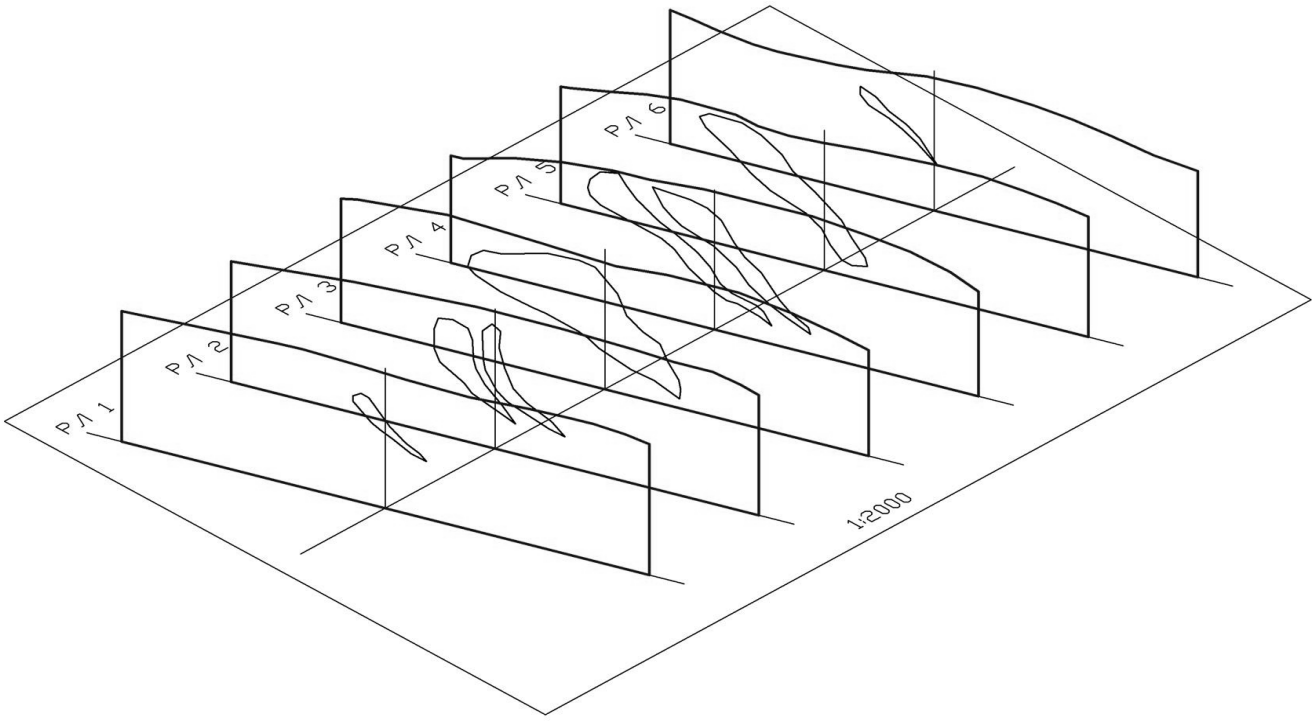


Рис. 10.3. Создание каркасной модели участка недр

д) открыть файл «В№-каркас.dwg» и переименовать в «В№-каркас с рельефом.dwg». Восстановить пользовательскую систему координат:

ПСК для разреза должна пройти через разведлинию и вертикальный отрезок от пересечения разведлинии с координатной осью.

Рекомендуется установить ПСК по трем точкам (ВМ – Сервис – Новая ПСК – 3 Точки):

1-я – на разведлинии, ниже (южнее) пересечения ее с осью координат.

2-я – на пересечении разведлинии, оси координат и вертикального отрезка.

3-я – на вертикальном отрезке выше 2-й точки.

После установки ПСК маркер системы координат переместится в новое положение.

Дополнительно к сечениям рудных тел нанести 6 контуров с рельефом аналогично п.п. 2.2.3 – 2.2.4 (рисунок 10.3).

Восстановить мировую систему координат: <ВМ – Сервис – Новая ПСК – МСК>.

е) открыть файл «В№-блоки.dwg» и переименовать в файл «В№-блоки с рельефом.dwg»;

ж) сформировать 3D-модель рельефа месторождения аналогично п.3.2, используя полученные сечения.

з) создать в файле слой «участок недр» и назначить ему синий цвет. В новый слой внести созданные блоки 3D-модели рельефа месторождения (рис. 10.4).

Контрольная точка-11:

ФАЙЛ AutoCAD В№-блоки с рельефом.dwg

ФАЙЛ Excel В№-объемы.xls

<Лист6 ОБЪЕМЫ КАРЬЕРА ПО РАЗРЕЗАМ>

(скорректированная таблица)

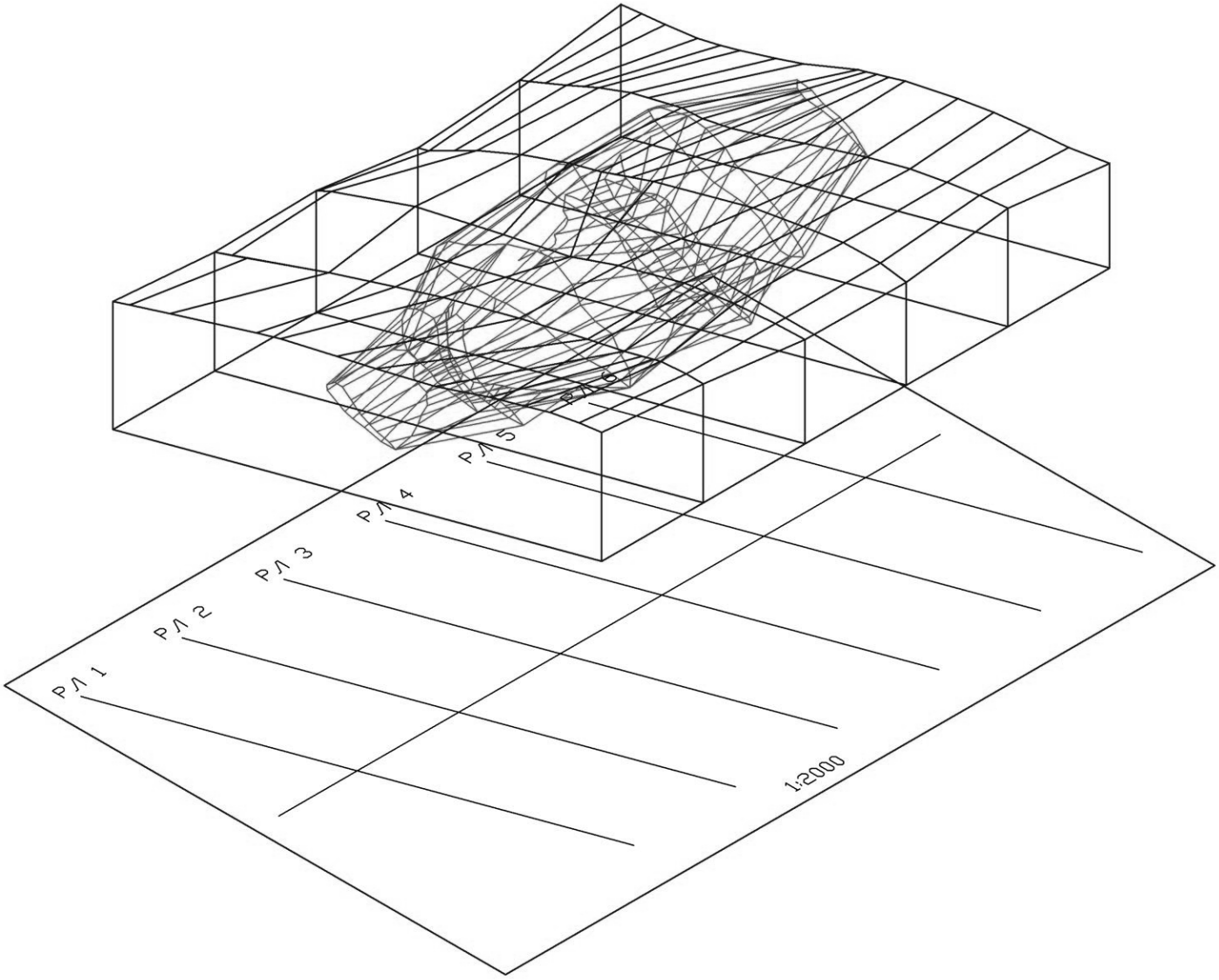


Рис. 10.4. Сформированная 3D-модель участка недр

11. СОЗДАНИЕ КАРТЫ ИЗОЛИНИЙ РЕЛЬЕФА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цель выполнения этапа

Освоить создание двумерных планов изолиний рельефа на основе твердотельной модели участка недр, вмещающих рудную залежь.

Исходные данные

Файлы «В№-блоки с рельефом.dwg».

Технология формирования карты изолиний рельефа месторождения

а) в файле «В№-блоки с рельефом.dwg» создать слой «изолинии» и назначить его текущим. Выключить все слои, кроме слоев «изолинии» и «участок недр». Слою «изолинии» назначить зеленый цвет.

б) объединить пять блоков, составляющих модель участка недр в единую модель: <ВМ – Редактировать – Редактирование тела – Объединение тела – Выбрать все пять блоков – Enter>;

в) определить минимальную отметку дневной поверхности месторождения. Для этого в файле «В№-разрезы с контурами.dwg» необходимо найти самую нижнюю точку на нарисованных преподавателем линиях, описывающих рельеф месторождения и высчитать ее высотную отметку. Полученную отметку следует округлить до целого числа в сторону увеличения.

г) установить вид на участок недр «в плане» в мировой системе координат: <ВМ – Вид – 3D-виды – Вид в плане – МСК>.

д) построить набор горизонтальных сечений участка недр, начиная с отметки, полученной в пункте в): В командной строке внизу экрана набрать команду Сечение <Выбор рассекаемых объектов, ПКМ> – < ПКМ, указание плоскости XY > – <Ввод в командной строке координаты точки на плоскости рассечения 0,0,Z (отметка из пункта в)>. Координаты Z последующих сечений отличаются друг от друга на 0,5 м. Следует отстраивать сечения до тех пор, пока внизу экрана в командной строке не появится фраза «секущая плоскость не пересекает рудное тело».

е) Отключить слой «участок недр» (рис. 11.1).

Контрольная точка-12:
ФАЙЛ AutoCAD В№-рельеф.dwg

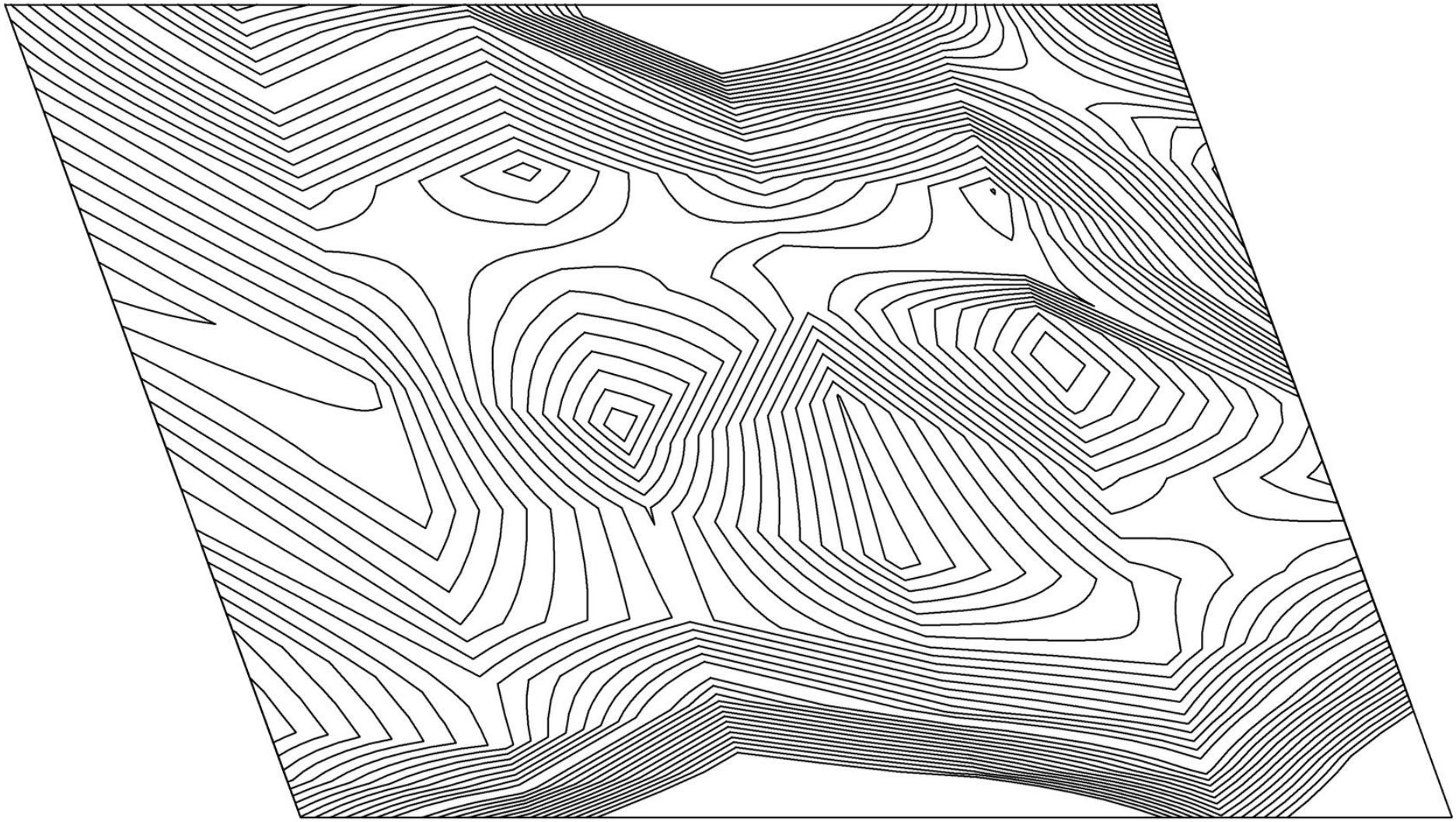


Рис. 11.1. Карта изолиний рельефа месторождения

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

12. СОВМЕЩЕНИЕ 2D–МОДЕЛИ КАРЬЕРА С ТОПООСНОВОЙ УЧАСТКА

Цель выполнения этапа

Освоить основные принципы формирования модели карьерной выемки с учетом реальной топоосновы участка месторождения.

Исходные данные

Файлы «В№-рельеф.dwg», «В№-карьер-вскрытие2.dwg».

Внимание!!!

Лабораторная работа «Совмещение 2D-модели карьера с топоосновой участка» выполняется студентами самостоятельно под руководством преподавателя.

Основная задача этапа – формирование контуров карьера с учетом реальной топоосновы участка залегания месторождения.

В результате выполнения работы должен быть получен план карьера на полную отработку с выклинивающимися верхними уступами, расположенными в нагорной части месторождения.

Контрольная точка-13:
ФАЙЛ AutoCAD В№-карьер с рельефом.dwg

13. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Отчетность по выполненной работе представляется в электронном виде и включает в себя набор файлов – чертежей AutoCAD (файлы DWG) и расчетных таблиц EXCEL (файлы XLS). Целесообразность предоставления отчетности на бумажных носителях (распечатки) определяется преподавателем. Отчетность в электронном виде предоставляется в процессе прохождения контрольных точек, которые представлены по тексту и сведены в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Этап	Контр. точка	Файлы
Практические работы		
1 – создание электронной копии исходных данных	КТ – 1	В№-разрезы-2000.dwg
2 – подготовка объемного каркаса для модели залежи	КТ – 2	В№-разрезы-1000.dwg План разведлиний-1000.dwg В№-объемы.xls (л1)
	КТ – 3	В№-каркас.dwg
	КТ – 4	В№-блоки.dwg
4 – получение погоризонтных геологических планов	КТ – 5	В№-геопланы.dwg В№-объемы.xls (л1,л2)
5 – проектирование конечных контуров карьера	КТ – 6	В№-карьер-контуры.dwg В№-объемы.xls (л3)
6 – проектирование вскрытия карьера	КТ – 7	В№-карьер-вскрытие.dwg В№-объемы.xls (л4)
7 – корректировка границ карьера (сдваивание уступов)	КТ – 8	В№-карьер-вскрытие2.dwg В№-объемы.xls (л5)
8 – проектирование карьера на момент полного развития работ	КТ – 9	В№-карьер-развитие работ.dwg
9 – нанесение контуров карьера на геологические разрезы	КТ – 10	В№-разрезы-контуры.dwg В№-объемы.xls (л6)
10 – Создание модели рельефа месторождения	КТ – 11	В№-блоки с рельефом.dwg В№-объемы.xls (л6)
11 – Создание карты изолиний рельефа месторождения	КТ – 12	В№-блоки с рельефом.dwg
Самостоятельная работа		
12 – Совмещение 2D-модели карьера с топоосновой участка	КТ – 13	В№-карьер с рельефом.dwg

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ КОМБАЙНОВ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Инновационная деятельность горных предприятий» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления 130400 – «Горное дело»

Екатеринбург

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРЕЗЕРНЫХ КОМБАЙНОВ

Введение

Практическая работа «Расчет производительности фрезерных комбайнов» выполняется студентами специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации «Открытые горные работы» (ОГР), в процессе изучения дисциплины «Инновационная деятельность горных предприятий».

Студенты должны изучить методику расчетов и исходные данные, выполнить расчеты и графические построения, произвести анализ полученных результатов и оформить отчет по работе.

Цель работы: закрепление и углубление теоретических знаний студентов, необходимых для выполнения расчета производительности фрезерных комбайнов.

Задачи работы:

- изучить алгоритм и содержание расчетов производительности фрезерных комбайнов;
- освоить методику расчетов, связанных с определением производительности фрезерных комбайнов;
- изучить влияние на производительность фрезерных комбайнов основных определяющих факторов.
-

1. Задание на выполнение практической работы

1. Ознакомиться с методикой определения производительности фрезерных комбайнов фирмы «Wirtgen» при работе по различным технологическим схемам.

2. Выполнить расчет производительности фрезерного комбайна фирмы «Wirtgen» при различных схемах его работы.

3. Исследовать зависимость производительности фрезерного комбайна от рабочей скорости его движения и глубины фрезерования.

2. Порядок выполнения практической работы

1. Ознакомиться с исходными данными, приведенными в приложении 1 (в соответствии с заданным преподавателем вариантом).

2. С использованием материалов, содержащихся в лекциях и формул, приведенных ниже, выполнить расчет производительности фрезерных комбайнов:

- при схеме с непрерывным движением по передвигающейся петле,
- при схеме с разворотом в конце рабочего хода;
- при челноковой схеме с обратным холостым ходом.

3. Исследовать зависимость производительности фрезерного комбайна заданной модели от рабочей скорости его движения и глубины фрезерования. С этой целью произвести расчет P для четырех значений $v_р$ ($v_{р1}$, $v_{р2}$, $v_{р3,}$ $v_{р4}$) при неизменном h, а затем расчет P для четырех значений h, (h_1 ,h_2, $h_{3,}$ h_4) при неизменном $v_р$.

Построить график $P = f(V_р)$ по пяти точкам (для $v_р$, $v_{р1}$– $v_{р4}$) и график $P == f(h)$ по пяти точкам (для h, h_1– h_4) .

4. Сделать вывод о степени влияния на производительность фрезерного комбайна скорости его движения при фрезеровании и глубины фрезерования для различных схем его работы.

5. Выбрать схему и режим работы комбайна (скорость движения при фрезеровании и глубину фрезерования), обеспечивающие наибольшую его производительность.

6. Начертить на листе формата А4 схему работы комбайна, при которой обеспечивается наибольшая его производительность.

3. Формулы для определения производительности фрезерных комбайнов

Производительность комбайна P (м^3/ч) при схеме с непрерывным движением по передвигающейся петле (Рис.1),определяется по формуле :

$$P = \frac{60hbl_p k_u}{t_o + \frac{l_p}{v_p} + t_{пов} + t_n}$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_р$ – длина рабочего прохода, м;

$v_р$ – скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_и$ – коэффициент использования комбайна;

$t_о$ и $t_п$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин;

$t_{пов}$ –время на поворот комбайна, мин.

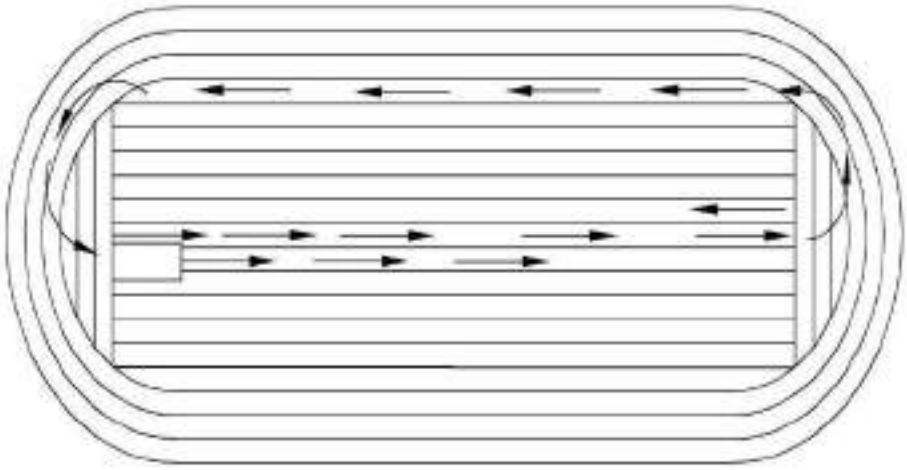


Рис. 1. Схема отработки слоя с непрерывным движением по передвигающейся петле

Производительность комбайна Р (м^3/ч) при схеме с разворотом в конце рабочего хода (Рис.2), определяется по формуле:

$$P = \frac{60hbl_{\text{р}}k_{\text{и}}}{t_{\text{о}} + \frac{l_{\text{р}}}{v_{\text{р}}} + t_{\text{разв}} + t_{\text{п}}} \quad ,$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_{\text{р}}$ – длина рабочего прохода, м;

$v_{\text{р}}$– скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования комбайна;

$t_{\text{разв}}$ – время на разворот комбайна, мин;

$t_{\text{о}}$ и $t_{\text{п}}$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин.

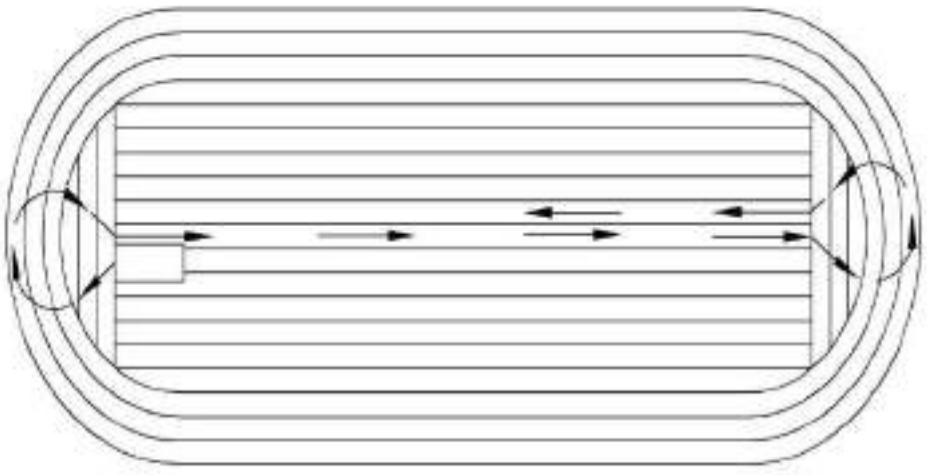


Рис. 2. Схема работы с разворотом в конце рабочего хода

Производительность комбайна P ($м^3$/ч), при челноковой схеме с обратным холостым ходом (Рис.3):

$$P = \frac{60hbl_{р}k_{и}}{t_{о} + \frac{l_{р}}{v_{р}} + t_{п} + \frac{l_{х}}{v_{х}}} \quad ,$$

где h – глубина фрезерования, м;

b – ширина полосы фрезерования, м;

$l_{р}$ – длина рабочего прохода, м;

$v_{р}$ – скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин;

$k_{и}$ – коэффициент использования комбайна;

$t_{о}$ и $t_{п}$ – время на опускание и поднятие рабочего органа до и после производства работ, мин;

$l_{х}$ – длина холостого прохода, м;

$v_{х}$ – скорость комбайна при холостом проходе, м/мин

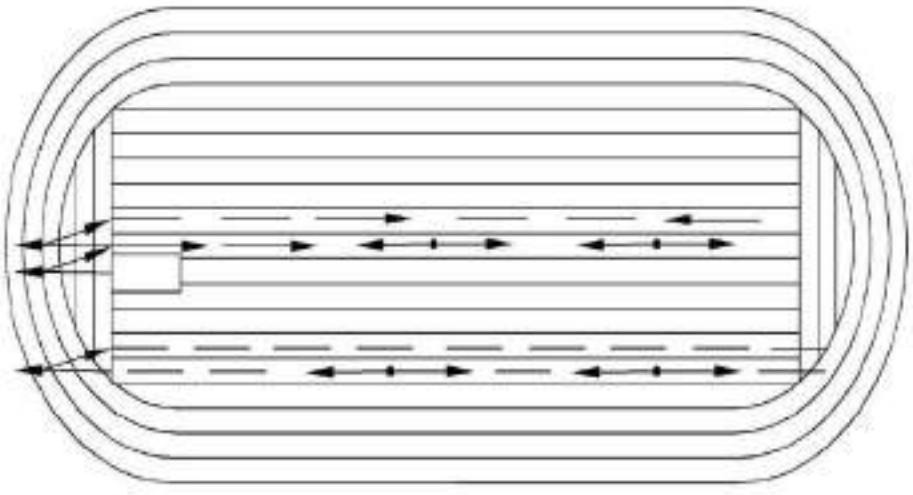


Рис. 3. Челноковая схема работы с обратным холостым ходом

Приложение 1

Исходные данные для расчетов

Показатель	Обозначение	Вариант											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Модель комбайна фирмы «Виртген»	–	2200SM						3700SM					
Глубина фрезерования, м	h	0,15	0,20	0,21	0,19	0,17	0,20	0,37	0,34	0,35	0,38	0,33	0,39
Ширина полосы фрезерования, м	b	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Длина рабочего хода комбайна при фрезеровании, м	$l_{\text{р}}$	130	300	180	250	325	140	400	350	200	400	150	330
Скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин	$v_{\text{р}}$	8	10	9	10	9	8	9	10	9	11	8	10
Коэффициент использования комбайна	$K_{\text{и}}$	0,72	0,68	0,69	0,76	0,75	0,70	0,67	0,70	0,75	0,65	0,73	0,68
Время на опускание рабочего органа, мин	t_o	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время на поднятие рабочего органа, мин	$t_{\text{п}}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время на поворот комбайна, мин	$t_{\text{пов}}$	8	8	6	7	6	8	9	8	7	8	7	8
Время на разворот комбайна, мин	$t_{\text{разв}}$	6	7	7	6	7	7	6	7	6	6	7	6
Длина холостого прохода комбайна, м	$l_{\text{х}}$	130	300	180	250	325	140	400	350	200	400	150	330
Скорость комбайна при холостом проходе, м/мин	$v_{\text{х}}$	20	25	20	20	25	25	25	20	15	25	20	15
Варианты скорости комбайна при фрезеровании, м/мин	v_1	9	7	6	7	6	7	7	8	6	9	7	8
	v_2	10	8	7	8	7	9	8	9	7	10	9	9
	v_3	11	9	8	9	8	10	10	11	8	12	10	11
	v_4	12	11	10	11	10	11	11	12	10	13	11	12
Варианты глубины фрезерования, м	h_1	0,16	0,18	0,19	0,17	0,18	0,17	0,33	0,30	0,31	0,34	0,29	0,35
	h_2	0,17	0,19	0,20	0,18	0,19	0,18	0,35	0,32	0,33	0,36	0,31	0,37
	h_3	0,18	0,21	0,22	0,20	0,20	0,19	0,39	0,36	0,37	0,40	0,35	0,41
	h_4	0,19	0,22	0,23	0,21	0,21	0,21	0,41	0,38	0,39	0,42	0,37	0,43

Окончание приложения 1

Показатель	Обозначение	Вариант											
		13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
Модель комбайна фирмы «Виртген»	–	2500SM						2200SM					
Глубина фрезерования, м	h	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,22	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15
Ширина полосы фрезерования, м	b	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Длина рабочего хода комбайна при фрезеровании, м	$l_{\text{р}}$	150	200	120	250	380	250	420	130	110	290	140	350
Скорость движения комбайна при фрезеровании, м/мин	$v_{\text{р}}$	12	11	10	9	11	12	13	12	11	12	13	10
Коэффициент использования комбайна	$K_{\text{и}}$	0,67	0,71	0,68	0,72	0,69	0,73	0,71	0,73	0,75	0,70	0,69	0,68
Время на опускание рабочего органа, мин	t_o	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время на поднятие рабочего органа, мин	$t_{\text{п}}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время на поворот комбайна, мин	$t_{\text{пов}}$	9	8	7	9	7	8	8	9	7	8	7	9
Время на разворот комбайна, мин	$t_{\text{разв}}$	7	8	7	7	6	7	6	7	7	6	6	7
Длина холостого прохода комбайна, м	$l_{\text{х}}$	150	200	120	250	380	250	420	130	110	290	140	350
Скорость комбайна при холостом проходе, м/мин	$v_{\text{х}}$	40	35	30	40	30	35	25	20	25	20	20	25
Варианты скорости комбайна при фрезеровании, м/мин	v_1	10	8	8	7	9	10	11	10	9	10	11	8
	v_2	11	9	9	8	10	11	12	11	10	11	12	9
	v_3	13	10	11	10	12	13	14	13	12	13	14	11
	v_4	14	12	12	11	13	14	15	14	13	14	15	12
Варианты глубины фрезерования, м	h_1	0,18	0,20	0,22	0,24	0,28	0,30	0,18	0,21	0,19	0,18	0,20	0,16
	h_2	0,20	0,22	0,24	0,26	0,29	0,31	0,19	0,22	0,20	0,19	0,21	0,17
	h_3	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,20	0,23	0,22	0,20	0,22	0,18
	h_4	0,26	0,28	0,30	0,32	0,32	0,34	0,21	0,24	0,23	0,21	0,23	0,19

Министерство науки и высшего образования РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО:
Методической комиссией
горнотехнологического
факультета УГГУ
«6» июня 2018 г.
Председатель комиссии
_____доц. К. В. Кокарев

Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.221
Л 43

Рецензент: *С. В. Исаков*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ.

Учебно-методические пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом «05 » июня 2018 г. (протокол № 328) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Лель Ю. И., Мартынов Н. В.

Л 43 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Н. В. Мартынов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 33 с.

В учебно-методическом пособии дается содержание курсового проекта по дисциплине, порядок решения главных его задач и необходимый для расчетов минимум справочно-информационных материалов. Приводятся примеры графической части проекта и решения отдельных задач, требования к оформлению проекта.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Процессы открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.221

© Лель Ю. И., Мартынов Н. В., 2019
© Уральский государственный горный университет, 2019

Введение

Целью курсового проектирования является закрепление и систематизация теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины «Процессы открытых горных работ», развитие навыков самостоятельного решения инженерных задач, использования технической литературы, справочных и нормативных материалов, достижений научно-технического прогресса и передового опыта.

Проект выполняется на основе раздела «Подготовка горных пород к выемке» дисциплины «Процессы открытых горных работ».

Тема курсового проекта: «Расчет параметров буровзрывных работ на карьере».

Для горнотехнических условий разработки в соответствии с заданием на проектирование решаются *следующие задачи*:

– обоснование и выбор вида бурения, модели бурового станка и диаметра долота;

– обоснование и выбор типа ВВ;

– расчет параметров буровзрывных работ: конструкции и сетки скважин, количества взрывных скважин в ряду и количества рядов на заданном блоке, ширины развала, выхода взорванной горной массы с 1 п. м скважины;

– обоснование схемы коммутации взрывной сети на блоке в соответствии с заданными средствами инициирования;

– расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ;

– расчет потребности во взрывчатых материалах;

– расчет производительности бурового станка и потребного количества смен на обуривание блока.

Основанием для выполнения проекта является задание на проектирование, выдаваемое руководителем индивидуально каждому студенту (прил. 1).

Проект состоит из расчетно-пояснительной и графической частей и оформляется строго по действующим ГОСТам.

Текстовая часть проекта оформляется в виде брошюрованной записки. Записка должна иметь следующее:

1. Оформленный по правилам титульный лист, выполняемый в туши или на принтере. Образец оформления титула дан в прил. 2.
2. Оригинал задания на проектирование (прилагается к записке между титульным и первым листом).
3. Оглавление с перечислением всех разделов записки и их постраничного размещения. Размещается после задания на проектирование.
4. Текст с расчетами, обоснованием, схемами.
5. Список использованной литературы.

Текст пишется на одной или двух сторонах листа нелинованной белой бумаги стандартных размеров (формат 297 × 210 мм) чернилами одного цвета

(кроме красного) или печатается на принтере. На листе оставляются поля: слева 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм и снизу – 25 мм.

Страницы нумеруются, номера ставятся внизу, по центру страницы.

Первым является лист с оглавлением.

Текст пишется аккуратно, без помарок и зачеркиваний. Изложение текста должно быть литературным, сжатым, грамотным. Не допускаются сокращения слов, за исключением общепринятых обозначений. Предложения строятся в безлично-именной форме.

Таблицы, рисунки и схемы, помещенные в записку, нумеруются и им даются наименования по содержанию. В тексте на них даются ссылки. Нумерацию имеют все формулы, разделы нумеруются и имеют те же заголовки, что и в приведенном далее тексте. Рисунки, таблицы, формулы нумеруются последовательно по разделам. Например, первый рисунок в разделе 1 имеет нумерацию 1.1, второй – 1.2 и т. д. Первая таблица раздела 2 имеет номер 2.1, вторая – 2.2 и т. д. Аналогично нумеруются формулы.

При аналитических расчетах сначала записывается формула с буквенными обозначениями параметров, ставится знак равенства, подставляются значения параметров и пишется результат вычислений. Ниже формулы дается расшифровка параметров и обоснование их значений (примеры смотри далее в тексте руководства).

Графическая часть представляется чертежами, выполненными на листах формата А4 (прил. 4, рис. П. 4.1, П. 4.2), в стандартном масштабе. Размеры на чертежах наносятся с точностью, принятой для измерения данного параметра.

1. Выбор вида бурения и диаметра долота

1. Для заданных горнотехнических условий выбирается диаметр скважины, как один из основополагающих параметров, определяющих эффективность и качество буровзрывных работ.

Поскольку четко выраженной зависимости для определения требуемого диаметра скважин от горнотехнических условий не существует, выбор диаметра осуществляется на основе технико-экономических расчетов вариантов. В данной работе не рассматриваются экономические, а только технические и технологические аспекты буровзрывных работ.

1.1. На первом этапе выбирается вид бурения: шнековый ($П_б \leq 8$), шарошечный ($16 \geq П_б \geq 8$), пневмоударный ($П_б \geq 16$) в зависимости от относительного показателя трудности бурения ($П_б$), который определяется по эмпирическому выражению

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\gamma. \qquad (1.1)$$

где $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{сд}$ – пределы прочности породы при одноосном сжатии и сдвиге, МПа; γ – плотность породы, т/м^3.

Для более полного учета других факторов, влияющих (помимо $П_б$) на выбор способа бурения, следует ознакомиться с источниками [1, с. 74-103] и [4, с. 23-59].

1.2. После выбора способа бурения принимается для дальнейших расчетов диаметр долота (скважины) исходя из технологических параметров станков вращательного (прил. 3, табл. П. 3.1), шарошечного (прил. 3, табл. П. 3.2) или пневмоударного (прил. 3, табл. П. 3.3, П. 3.4) бурения. Выбор диаметра скважины – многоплановая технико-экономическая задача. Наибольшее влияние на выбор диаметра оказывает трещиноватость и крепость взрываемого массива. Современный опыт буровзрывных работ на карьерах показывает, что:

а) в крепких породах I–II категорий трещиноватости стремятся применить возможно больший диаметр скважины 250–350 мм;

б) в слабых и ниже средней крепости породах, не требующих большого удельного расхода ВВ, той же I–II категорий трещиноватости применение скважин 300 мм и более оказывается неэффективным;

в) типичным для пород II и III категорий трещиноватости являются диаметры скважин 200–250 мм;

г) в крупноблочных породах IV и V категорий с точки зрения качества дробления эффективны диаметры скважин 120–170 мм. Однако их применение ограничивается, как правило, малой и средней производительностью карьера по горной массе (низкий выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины).

1.3. Для предварительного выбора диаметра долота при шарошечном бурении можно использовать данные о соотношении оптимального усилия подачи, диаметра долота и показателя трудности бурения (прил. 3, табл. П. 3.5).

1.4. При выборе диаметра и марки шарошечного долота необходимо учитывать следующее. В зависимости от типа буримых пород наружные рабочие поверхности шарошек (вооружение) имеют зубья различной формы и размеров. Это отражается в обозначении долота следующими буквами:

М – для мягких пород;

МС – мягких пород с пропластками пород средней твердости;

МЗ – мягких абразивных пород;

МЗС – мягких абразивных пород с пропластками средней твердости;

С – пород средней твердости;

СТ – пород средней твердости с пропластками твердых;

СЗ – абразивных пород средней твердости;

Т – твердых пород;

ТЗ – твердых абразивных пород;

ТК – твердых пород с пропластками крепких;

К – крепких пород;

ОК – очень крепких пород.

Шарошки долот Т, СТ, МС и М имеют фрезерованные зубья, наплавленные твердым сплавом, и отличаются друг от друга количеством и размерами зубьев. Зубья шарошек МЗ, СЗ, ТКЗ, К и ОК выполнены в виде запрессованных в тело шарошек твердосплавных штырей с клиновидной (МЗ, СЗ и ТЗ – угол клина 90°) или сферической (К, ОК) рабочей поверхностью. Шарошки долот МЗС и ТК имеют чередующиеся фрезерованные и вставные зубья.

В зависимости от расположения и конструкции продувочных каналов шарошечные долота бывают с центральной (П) и боковой (ПГ) продувкой, а опоры шарошек могут быть с телом качения (В), на двух и более подшипниках скольжения (С) или содержать упорный подшипник скольжения (УПС).

В настоящее время большинство долот диаметром 200 мм и выше выполнено на опорах, имеющих следующую схему: роликовый подшипник – шариковый (замковый) подшипник – роликовый подшипник (Р–Ш–Р).

Марка долота 228 МЗ-ПГВ обозначает долото диаметром 228 мм с вооружением МЗ, с боковой продувкой опор (ПГ).

У долот с центральной продувкой подвод воздуха к забою осуществляется через центральное отверстие. Кроме того, в лапах и их цапфах выполняются специальные каналы, по которым до 20-25 % общего расхода воздуха поступает в опоры шарошек. Это способствует их охлаждению и предотвращает попадание в них частиц выбуренной породы.

2. Выбор типа взрывчатых веществ (ВВ)

Характеристики основных типов ВВ для открытых горных работ приведены в прил. 3, табл. П. 3.6. Тип ВВ выбирается с учетом обводненности и горнотехнических свойств массива, а также диаметра скважин. При малых диаметрах скважин и большой крепости пород целесообразно принимать ВВ с большими мощностными характеристиками. Также следует учитывать величину кислородного баланса.

Более полное представление о свойствах ВВ и области их применения можно получить по данным литературных источников [3, с. 228-250], [4, с. 83-121] и [11, с. 22-26].

3. Расчет параметров взрывных работ на блоке

Общие требования к проектированию взрывных работ изложены в прил. 5.

Для выбранного диаметра долота, типа ВВ и заданных горнотехнических условий проводятся проектные расчеты в следующей последовательности.

3.1. Определяют параметры скважины:

а) диаметр скважины ($d_с$, мм)

$$d_с = d_д\, k_{разб}, \qquad (3.1)$$

где $d_д$ – диаметр долота, мм; $k_{разб}$ – коэффициент разбуривания принимается в зависимости от крепости пород (f):

f	4	6	8-10	12-14	16
$k_{разб}$	1,05	1,04	1,037-1,031	1,030-1,021	1,02

б) длина перебура ($l_{пер}$, м)

$$l_{пер} = d_с\, k_{пер}, \qquad (3.2)$$

где $k_{пер}$ – коэффициент перебура принимается в зависимости от взрываемости пород (прил. 3, табл. П. 3.7).

в) длина скважин при вертикальном бурении ($l_с$, м)

$$l_с = h_{у} + l_{пер}, \qquad (3.3)$$

где $h_у$ – высота уступа, м.

Примечание. В случае принятия после дальнейших расчетов наклонного бурения

$$l_с = \frac{h_{у} + l_{пер}}{\sin\alpha}, \qquad (3.4)$$

где α – принятый угол наклона скважин к вертикали (обычно равен углу откоса рабочего уступа $\alpha_р$).

3.2. Определяется длина скважинного заряда ($l_{зар}$, м)

$$l_{зар} = l_с - l_{заб}, \qquad (3.5)$$

где $l_{заб}$ – длина забойки (м); принимается в зависимости от класса пород по взрываемости (прил. 3, табл. П. 3.8).

3.3. Определяется расчетный (проектный) расход принятого ВВ ($q_п$, кг/м^3)

$$q_п = q_э k_{ВВ} k_д k_\alpha \cdot \frac{\gamma}{2,6}, \qquad (3.6)$$

где $q_э$ – удельный расход эталонного ВВ (граммонит 79/21). Принимается в зависимости от трещиноватости, взрываемости, крепости и плотности пород по данным прил. 3, табл. П. 3.9; $k_{ВВ}$ – коэффициент работоспособности принятого ВВ (прил. 3, табл. П. 3.10); $k_д$ – коэффициент, учитывающий принятый диаметр скважин по сравнению с эталонным (прил. 3, табл. П. 3.11); k_α – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины: при вертикальном бурении $k_\alpha = 1$, при наклонном – $k_\alpha = 0{,}93\ldots0{,}95$; γ – плотность породы, т/м^3.

3.4. Определяется величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве уступа (W, м)

$$W = 0{,}9\sqrt{\frac{P}{q_п}}, \qquad (3.7)$$

где P – удельная вместимость скважины, кг/м;

$$P = 7{,}85 d_с^2 \Delta, \qquad (3.8)$$

где Δ – плотность заряда в скважине, кг/дм^3 (прил. 3, табл. П. 3.6); $d_с$ – диаметр скважины, дм.

3.5. Проверяется выполнение условия

$$W \geq W_{min}, \tag{3.9}$$

где W_{min} – минимально необходимая величина линии сопротивления по подошве, определяемая из условия расположения бурового станка на безопасном расстоянии от верхней бровки уступа, м;

$$W_{min} = h_{б}\text{ctg}\alpha_{р} + C, \tag{3.10}$$

где $\alpha_р$ – рабочий угол откоса уступа, град.; C – безопасное расстояние скважины от верхней бровки уступа, м;

$$C = h_{б}\left(\text{ctg}\alpha_{б} - \text{ctg}\alpha_{р}\right) \geq 3 \text{ м}; \tag{3.11}$$

где $\alpha_у$ – устойчивый угол откоса уступа, град.

В случае, если $W < W_{min}$, изменяются принятые ранее параметры: а) увеличивается диаметр скважины и, следовательно, ее удельная вместимость (P); б) выбирается более мощное ВВ с высокой плотностью заряжания; в) применяется наклонное бурение либо спаренные по первому ряду скважины.

После выполнения условия $W \geq W_{min}$ значения W, P и $q_п$ принимаются в качестве проектных.

3.6. Определяются параметры сетки скважин.

3.6.1. Расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = \frac{Q_з}{q_п h_у W}, \tag{3.12}$$

где $Q_з$ – масса заряда в скважине, кг;

$$Q_з = P l_{зар}. \tag{3.13}$$

Полученное значение a проверяется по допустимому коэффициенту сближения скважин m

$$m = a/W. \tag{3.14}$$

В легковзрываемых породах m = 1,1…1,2; в средневзрываемых – m = = 1,0…1,1; в трудновзрываемых – m = 0,85…1,00.

3.6.2. Расстояние между рядами скважин (b, м)

$$b = \frac{Q_з}{q_п h_у a k_з}, \tag{3.15}$$

где $k_з$ – коэффициент увеличения удельного расхода ВВ во втором и последующих рядах скважин.

При наклонном бурении $k_з$ = 1,0; при вертикальном бурении в породах I-III категорий трещиноватости $k_з$ = 1,05…1,10; в породах IV-V категорий трещиноватости $k_з$ = 1,12…1,15.

3.7. По заданным размерам взрывного блока определяется необходимое количество скважин в ряду ($n_с$, шт.), количество рядов скважин ($n_р$, шт.) и в масштабе вычерчивается расположение взрывных скважин на уступе в плане и разрезе (прил. 4, рис. П. 4.3).

$$n_{\text{с}} = \frac{L_{\text{б}}}{a} + 1, \tag{3.16}$$

где $L_{\text{б}}$ – длина взрывного блока, м; a – расстояние между скважинами в ряду, м.

Количество рядов при заданной ширине взрывного блока (B, м)

$$n_{\text{р}} = \frac{B - W}{b} + 1, \tag{3.17}$$

где W – величина преодолеваемой линии сопротивления по подошве уступа, м; b – расстояние между рядами скважин, м.

3.7.1. Полученное число рядов скважин округляется до ближайшего большего целого и рассчитывается фактическая ширина взрывного блока ($B_{\text{ф}}$, м)

$$\hat{A}_{\text{б}} = W + \left(n_{\text{р}} - 1\right)\, b. \tag{3.18}$$

3.8. В соответствии с заданием конструируется и вычерчивается схема соединения зарядов при короткозамедленном взрывании (КЗВ). В качестве средств инициирования используется детонирующий шнуром или неэлектрические системы инициирования (НСИ) типа «Нонель», СИНВ и Эдилин. Особенности применения различных средств инициирования и различных схем соединения зарядов изложены в источнике [4, с. 240-257]. Характеристика промежуточных детонаторов (прессованных шашек) для взрывания детонирующим шнуром приведена в прил. 3, табл. П. 3.12. Примеры схемы коммутации и оформления чертежей приведены в прил. 4, рис. П. 4 4.

Интервал замедления (τ) определяется в зависимости от величины линии сопротивления по подошве (W, м) и взрываемости пород по соотношениям:

– для легковзрываемых пород $\tau = (5\ldots6)W$, мс;

– средневзрываемых пород $\tau = (3\ldots4)W$, мс;

– трудновзрываемых пород $\tau = (2{,}0\ldots2{,}5)W$, мс;

– весьма и исключительно трудновзрываемых пород $\tau = (1{,}5\ldots2{,}0)W$, мс.

Расчетное значение τ следует округлять до ближайшего из стандартных замедлений [1, с. 122-124].

Стандартное время замедления РП-8: 10, 20, 35, 50, 75, 100, 125 мс.

Стандартное время замедления РП-Н: 20, 35, 50 мс.

Стандартное время замедления РП-Д: 20, 30, 45, 60, 80, 100 мс.

Время замедления в системе «Нонель»: 0, 17, 25, 42, 67, 109, 176 мс.

Время замедления внутрискважинных замедлителей системы «Нонель» от 75 до 500 с интервалом через 25 мс.

3.9. Определяются следующие показатели взрывных работ:

3.9.1. Ширина развала от первого ряда скважин ($B'_{\text{р}}$, м)

$$B'_{\text{р}} = k_{\text{з}} k_{\text{в}} h_y \sqrt{q_{\text{п}}}\,, \tag{3.19}$$

где $k_{\text{З}}$ – коэффициент дальности отброса породы, зависящий от принятого интервала замедления (τ, мс) между скважинами в ряду:

Интервал замедления τ, мс	0	10	25	50	≥ 75
$k_з$	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80

$k_в$ – коэффициент, зависящий от взрываемости породы. Для легковзрываемых пород $k_в$ = 3,0…3,5; для средневзрываемых – $k_в$ = 2,5…3,0; для трудновзрываемых – $k_в$ = 2,0…2,5; $q_п$ – расчетный (проектный) расход ВВ, кг/м^3; h – высота уступа, м.

3.9.2. Фактическая ширина развала

$$B_р = B'_р + (n_р - 1)b. \qquad (3.20)$$

Примечание. В практической деятельности величину ширины развала планируют с целью согласования различных задач: улучшения качества дробления (за счет создания «подпорной стенки»); погрузки развала за определенное количество проходов экскаватора при рациональной ширине заходки; обеспечения требуемой (особенно в стесненных условиях) ширины рабочей площадки и т. п.

3.9.3. Высота развала ($h_р$, м) при многорядном взрывании на свободный откос и соблюдении фактических и расчетных параметров W и $q_п$ согласно [1, с. 101-102] составляет: при $n_р$ = 2÷3 $h_р$ = (0,6÷1,0)$h_у$, при увеличении числа рядов скважин более трёх $h_р$ = (1,05÷1,30)$h_у$, при завышенном фактическом значении W, а также при взрывании на «подпорную стенку» высота развала может достигать $h_р$ = (1,15÷1,40)$h_у$.

При графическом изображении развала взорванной горной массы (прил. 4, рис. П. 4.5) следует соблюдать соотношение

$$\frac{S_ð}{S_á} = \frac{S_ð}{B_ô h_у} \approx k_р, \qquad (3.21)$$

где $S_р$ – площадь поперечного сечения развала взорванной горной массы, м^2; $S_б$ – площадь поперечного сечения взрывного блока, м^2; $B_ф$ – фактическая ширина взрывного блока, м; $h_у$ – высота уступа, м; $k_р$ – средний по блоку коэффициент разрыхления взорванной горной массы: $k_р$ = 1,10÷1,20 для легковзрываемых пород; $k_р$ = 1,25÷1,45 – для средне- и трудновзрываемых пород; $k_р$ = 1,45÷1,60 – для весьма и исключительно трудновзрываемых пород.

3.9.4. Объем взрываемого блока ($V_б$, м^3)

$$V_б = L_б B_ф h_у, \qquad (3.22)$$

где $L_б$ – длина взрывного блока, м; $B_ф$ – фактическая ширина взрывного блока, м.

3.9.5. Выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины ($q_{г.м}$, м^3/м)

$$q_{ã.ì} = \frac{V_á}{\sum_1^n l_с}, \qquad (3.23)$$

где $l_с$ – длина скважины, м; n – количество скважин на блоке.

$$n = n_р n_с, \qquad (3.24)$$

где $n_р$ – количество рядов скважин; $n_с$ – количество скважин в ряду.

4. Расчет потребности во взрывчатых материалах

4.1. Необходимое количество ВВ в расчете на взрывной блок ($Q_б$, кг)

$$Q_б = \sum_1^n Pl_{зар} = q_п V_б, \qquad (4.1)$$

где P – удельная вместимость скважины, кг/м; $l_{зар}$ – длина заряда, м; n – количество взрывных скважин на блоке; $q_п$ – расчетный (проектный) расход ВВ, кг/м^3; $V_б$ – объем взрывного блока, м^3.

4.2. Потребность в средствах инициирования рассчитывается в зависимости от применяемых средств и схемы инициирования.

4.2.1. Инициирование детонирующим шнуром (ДШ).

Общее количество ДШ ($L_{дш}$, м) на взрывной блок

$$L_{дш} = k_{зап}(L_м + L_{сек} + L_{скв}), \qquad (4.2)$$

где $L_м$, $L_{сек}$, $L_{скв}$ – суммарные длины, соответственно, магистрального, секционного и скважинного шнуров, м; $k_{зап}$ = 1,1÷1,2 – коэффициент запаса.

При определении длины ДШ необходимо учитывать следующее:

а) при взрывании скважин глубиной более 15 м нитка ДШ дублируется (в соответствии с ЕПБ);

б) при заряжании ДШ должен выходить из скважины на длину 1,0÷1,5 м для соединения с секционным или магистральным ДШ;

в) длины $L_{сек}$ и $L_м$ рассчитываются по принятой схеме коммутации, которая вычерчивается в масштабе полностью либо фрагментарно;

г) в соответствии с принятой схемой коммутации зарядов определяется необходимое количество пиротехнических реле времени.

4.2.2. При инициировании с помощью ударно-волновой трубки (УВТ) необходимо учитывать следующее:

а) общая длина УВТ определяется в соответствии с принятой схемой коммутации сети с учетом требований к ДШ;

б) количество детонаторов и разъединителей на поверхности сети, а также внутрискважинных (донных) детонаторов определяется в зависимости от схемы взрывания.

5. Расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ

5.1. Расстояние, опасное для людей по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов ($R_р$, м), определяется по формуле

$$R_б = 1250\ \eta_{çàð}\sqrt{\frac{fd_ñ}{(1+\eta_{çàá})à}}, \qquad (5.1)$$

где $\eta_{çàð} = \dfrac{l_{çàð}}{l_{çàá}}$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом; f – коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова; $d_с$ – диаметр скважины, м; $\eta_{заб}$ – коэффициент заполнения скважины забойкой;

при полной (проектной) забойке $\eta_{заб} = 1$, при взрывании без забойки – $\eta_{заб} = 0$; a – расстояние между скважинами в ряду, м.

Примечание. Для шпуровых и скважинных зарядов согласно ЕПБ $R_р \geq 300$ м.

5.2. Сейсмически безопасное расстояние ($R_с$, м)

$$R_с = k_г k_с \alpha \sqrt[3]{Q}, \quad (5.2)$$

где $k_г$ – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения); $k_с$ – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки; α – коэффициент, зависящий от условий взрывания; Q – общая масса одновременно взрываемых зарядов, кг.

Значения коэффициента $k_г$

Скальные породы плотные, ненарушенные ……	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании……	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м…	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод …….	15
Водонасыщенные грунты ……..	20

Примечание. В тех случаях, когда характеристика грунта не в полной мере соответствует приведенной выше или известна ориентировочно, следует для расчета принимать ближайшее большее значение коэффициента $k_г$.

Значения коэффициента $k_с$

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом……..…….	1,0
Одиночные здания высотой не более 2-3-х этажей с кирпичными и подобными стенами ……	1,5
Небольшие жилые поселки ……..	2,0

Значения коэффициента α

Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление…….	1,0
Взрыв на выброс ……..	0,8
Взрыв полууглубленного заряда …….....	2,0

Примечание. При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значение коэффициента α следует увеличить в 1,5–2,0 раза.

5.3. Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны (УВВ).

5.3.1. Для людей (R_{min}, м)

$$R_{min} = 15\sqrt[3]{Q}, \quad (5.3)$$

где Q – общая масса одновременно взрываемых зарядов, кг.

5.3.2. Для зданий и сооружений ($R_в$, м)

$$R_в = k_{заб} k_м d_с \sqrt[3]{n}, \quad (5.4)$$

где $k_{заб}$ – коэффициент забойки. Принимается в зависимости относительной длины забойки:

Относительная длина забойки (в диаметрах заряда)……	0	5	10	15
$k_{заб}$ ……	3000	2000	600	400

$k_м$ – коэффициент метеоусловий: для зимы – $k_м = 3$, для остальных сезонов – $k_м = 2$; $d_с$ – диаметр скважины, м; n – число одновременно взрываемых скважин.

6. Расчет производительности и парка буровых станков

Расчет производительности буровых станков осуществляется в следующей последовательности.

6.1. Станки шнекового (вращательного) бурения.

6.1.1. Определяется теоретическая (механическая) скорость бурения ($v_м$, м/ч)

$$v_м = \frac{7{,}5 P_р n_в}{100 П_б^2 d_д^2}, \quad (6.1)$$

где $P_р$ – расчетное осевое усилие подачи, кН; $n_в$ – расчетная частота вращения бурового става, $с^{-1}$; $d_д$ – диаметр долота, м; $П_б$ – относительный показатель трудности бурения пород.

Расчетное усилие подачи должно находится в пределах

$$P_{min} \le P_р \le P_{max}, \quad (6.2)$$

где P_{min} – минимально необходимое усилие подачи для бурения заданных пород, кН; P_{max} – максимально возможное усилие подачи по техническим характеристикам выбранного типа станка, кН (прил. 3, табл. П. 3.1).

Минимально необходимое осевое усилие (P_{min}, кН) определяется по формуле В. В. Ржевского

$$P_{min} = 5 П_б F_з, \quad (6.3)$$

где $F_з$ – площадь затупления резцов, $см^2$; $F_з$ принимается в зависимости от буримости пород в следующих пределах: при $П_б = 1 \div 2$ $F_з = 0{,}5 \div 1{,}0$ $см^2$; при $П_б = 3 \div 4$ $F_з = 1{,}5 \div 2{,}0$ $см^2$; при $П_б = 5 \div 7$ $F_з = 2{,}5 \div 3{,}0$ $см^2$.

Расчетное осевое усилие ($P_р$, кН) принимается равным или близким оптимальному $P_о$

$$P_р \approx P_о = p_{уд} d_д, \quad (6.4)$$

где $p_{уд}$ – удельное в расчете на 1 см диаметра резца оптимальное осевое усилие для пород различной крепости по шкале М. М. Протодьяконова, кН/см (табл. 6.1); $d_д$ – диаметр долота, см.

Расчетная частота вращения бурового става ($n_в$, $с^{-1}$) принимается близкой или равной оптимальной при заданной крепости пород и согласуется с возможностями станка (прил. 3, табл. П. 3.1).

Таблица 6.1

Область оптимальных значений $p_{уд}$ и $n_в$ для станков СБР

Крепость пород f	Удельное оптимальное усилие подачи $p_{уд}$, кН/см	Оптимальная скорость вращения долота $n_в$, $с^{-1}$
1	0,5	4,5
2	1,7	3,4
3	2,6	2,5
4	3,7	1,9
5	4,8	1,4
6	5,8	1,0
7	6,7	0,7

Примечание. Например, при крепости пород f = 3, диаметре долота 160 мм, показателе по буримости $П_б$ = 4 минимально необходимое усилие составит P_{min} = 5·4·2= 40 кН, расчетное $P_р$ = 2,6·1,6 = 41,6 кН, максимально возможное для станка СБР-160А-24-65 кН. Принятый станок обеспечивает необходимые параметры бурения

6.1.2. Техническая в заданных условиях скорость бурения ($v_т$, м/ч) определяется с учетом понижающих коэффициентов

$$v_т = v_м k_о k_н k_т, \quad (6.5)$$

где $k_о$ = 0,95÷0,98 – коэффициент, учитывающий обводненность массива; $k_н$ – коэффициент, учитывающий наклон скважин: при вертикальном бурении $k_н$ = 1,0; при наклонном – $k_н$ = 0,90÷0,92; $k_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость пород: для I категории по трещиноватости $k_т$ = 0,90÷0,92; для II категории – $k_т$ = 0,92÷0,94; для III категории – $k_т$ = 0,95÷0,97; для IV категории $k_т$ = 0,98; для V категории $k_т$ = 1,0.

Примечание. В случае, если выбранный тип станка не обеспечивает требуемые параметры бурения, необходимо переходить на станки шарошечного бурения.

6.2. Станки шарошечного бурения.

6.2.1. Механическая скорость бурения ($v_м$, м/ч)

$$v_м = \frac{P_р n_в^{0,8}}{П_б^{1,6} d_д}, \quad (6.6)$$

где $P_р$ – расчетное осевое усилие, кН; $n_в$ – расчетное (оптимальное) значение частоты вращения бурового става, $мин^{-1}$. Оптимальное значение $n_в$ определяется по графику (прил. 3, рис. П. 3.1) в зависимости от $П_б$ и $d_д$ и принимается в расчетах не выше технических возможностей бурового станка (прил. 3, табл. П. 3.2).

Расчетное (оптимальное) значение осевого усилия ($P_р$, кН) определяется по формуле

$$P_р = k П_б d_д, \quad (6.7)$$

где k – коэффициент, учитывающий буримость пород и соответствующий следующим значениям:

$П_б$	8	10	12	14	16	18
k	0,700	0,725	0,750	0,775	0,800	0,825

Проверяется условие

$$P_{\min} \le P_{\text{р}} \le P_{\max}, \tag{6.8}$$

где $P_{\min}$ – минимальное осевое усилие, кН. Определяется из условия

$$P_{\min} = (0{,}6 \div 0{,}7) f d_{\text{д}}, \tag{6.9}$$

где f – крепость пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова; $d_{\text{д}}$ – диаметр долота, см; $P_{\max}$ – максимальное осевое усилие, кН. Соответствие $P_{\text{р}}$ и $P_{\max}$ проверяется по двум факторам: а) по техническим возможностям станка (прил. 3, табл. П. 3.2); б) по прочности шарошек, исходя из условия

$$P_{\max} = 0{,}55 d_{\text{д}}^2. \tag{6.10}$$

6.2.2. Техническая скорость бурения рассчитывается с учетом понижающих коэффициентов, аналогично шнековому бурению и проверяется по расходу воздуха на продувку скважины (производительности компрессора).

В зависимости от производительности компрессора скорость бурения определяется из выражения

$$v_{\text{á}} = \frac{4{,}62 Q_{\text{ê}} \gamma_{\text{â}} \mu}{d_{\text{ñ}}^2 \gamma}, \tag{6.11}$$

где $Q_{\text{к}}$ – производительность компрессора, м^3/с (прил. 3, табл. П. 3.2); $\gamma_{\text{в}}$ – плотность воздушной или воздушно-водяной смеси исходящего из скважины потока, кг/м^3. При воздушной продувке $\gamma_{\text{в}} \approx 1{,}3$ кг/м^3; при воздушно-водяной (при среднем расходе поды 0,05–0,08 л/с) $\gamma_{\text{в}} \approx 1{,}4 \div 1{,}5$ кг/м^3; μ – массовая доля частиц породы в потоке смеси ($\mu = 0{,}4 \div 0{,}6$); $d_{\text{с}}$ – диаметр скважины, м; γ – плотность буримых пород, т/м^3.

Если окажется, что расчетная техническая скорость бурения ($v_{\text{т}}$) выше, нежели допустимая по производительности компрессора ($v_{\text{б}}$), то скорость бурения пересчитывается за счет изменения режимов бурения: уменьшения осевого усилия (целесообразно в легко- и среднебуримых породах) либо снижения скорости бурения (в крепких породах). Окончательно принимается техническая скорость ($v_{\text{т}}$) и режимы бурения ($P_{\text{р}}$ и $n_{\text{в}}$).

Пример. Станком СБШ-250МНА-32 бурятся вертикальные скважины глубиной 18 м, диаметр долота 244,5 мм, плотность пород 2,5 т/м^3, крепость $f = 12$, показатель буримости $П_б = 14$. Массив сухой, IV категории трещиноватости.

Максимальное осевое усилие согласно технической характеристике станка $P_{\max}$ = = 300 кН, по прочности шарошек $P_{\max} = 0{,}55 \cdot 24{,}45 = 330$ кН. Расчетное (оптимальное) осевое усилие $P_{\text{р}} = 0{,}75 \cdot 14 \cdot 24{,}45 = 257$ кН.

Оптимальная частота вращения долота по графику (прил. 3, рис. П. 3.1) $n_{\text{в}} = 140$ мин$^{-1}$ соответствует техническим возможностям станка.

Механическая скорость бурения

$$v_{\text{м}} = \frac{257 \cdot 140^{0,8}}{12^{1,6} \cdot 24,4} = 13,8 \text{ м/ч}.$$

Техническая скорость бурения

$$v_{\text{т}} = 13,8 \cdot 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 13,1 \text{ м/ч}.$$

Предельно возможная скорость бурения по производительности компрессора ($Q_{\text{к}}$ = = 0,53 м^3/с)

$$v_{\text{б}} = \frac{4,62 \cdot 0,53 \cdot 1,5 \cdot 0,6}{0,244^2 \cdot 2,5} = 14,9 \text{ м/ч}.$$

Окончательно принимаем к расчету скорость бурения $v_{\text{т}}$ = 13,1 м/ч, а рациональные параметры режима бурения: $P_{\text{р}}$ = 257 кН, $n_{\text{в}}$ = 140 мин$^{-1}$.

6.3. Станки ударно-вращательного бурения.

6.3.1. Механическая скорость бурения ($v_{\text{м}}$, м/ч)

$$v_{\text{ì}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \omega n_{\text{ó}}}{k_1 \text{Ï}\ _{\text{á}} d_{\hat{\text{e}}}^2 k_{\hat{\text{o}}}}, \qquad (6.12)$$

где ω – работа единичного удара, Дж; $n_{\text{у}}$ – число ударов коронки в секунду, с$^{-1}$; $d_{\text{к}}$ – диаметр коронки, м; k_1 – коэффициент, учитывающий величину $\text{П}_{\text{б}}$ (при $\text{П}_{\text{б}}$ = 10÷14 k_1 = 1; при $\text{П}_{\text{б}}$ = 15÷17 k_1 = 1,05; при $\text{П}_{\text{б}}$ = 18÷25 k_1 = 1,1); $k_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий форму буровой коронки (при трехперых коронках, рекомендуемых для малотрещиноватых пород, $k_{\text{ф}}$ = 1,0; при крестовых, рекомендуемых для трещиноватых пород, $k_{\text{ф}}$ = 1,1).

6.3.2. Техническая скорость бурения с учетом понижающих коэффициентов ($v_{\text{т}}$, м/ч)

$$v_{\text{т}} = v_{\text{м}} k_{\text{о}} k_{\text{н}} k_{\text{т}}. \qquad (6.13)$$

Значения коэффициентов те же, что и в формуле (6.5).

Пример расчета. Породы обводненные, IV категории трещиноватости, показатель по буримости $\text{П}_{\text{б}}$ = 20, скважины вертикальные глубиной 15 м. Станок СБУ-125-24, пневмоударник П-125К (прил. 3, табл. П. 3.3, П. 3.4).

Энергия единичного удара 140 Дж, частота удара 21 с$^{-1}$. Коэффициент, учитывающий величину $\text{П}_{\text{б}}$, k_1 = 1,1; коэффициент, учитывающий форму буровой коронки (крестовую), $k_{\text{ф}}$ = 1,1.

Механическая скорость бурения

$$v_{\text{м}} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 140 \cdot 21}{1,1 \cdot 20 \cdot 0,125^2 \cdot 1,1} = 4,7 \text{ м/ч}.$$

Техническая скорость бурения

$$v_{\text{т}} = 4,7 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \cdot 0,98 = 4,5 \text{ м/ч}.$$

6.4. Сменная производительность станка ($A_{\text{см}}^{\text{б}}$, м/смену) определяется по формуле

$$A_{\text{см}}^{\text{б}} = \left[T_{\text{см}} - \left(T_{\text{пз}} + T_{\text{рег}}\right)\right] v_{\text{т}}, \qquad (6.14)$$

где $T_{\text{см}}$ – длительность смены, ч (принимается самостоятельно); $T_{\text{пз}}$ – время подготовительно-заключительных операций, ч. $T_{\text{пз}}$ = 0,5 ч; $T_{\text{рег}}$ – время регламентированных перерывов, ч. $T_{\text{рег}}$ = 0,3÷0,6 ч; $v_{\text{т}}$ – техническая скорость бурения, м/ч.

6.5. Годовая производительность станка ($A_г^б$, м/год)

$$A_г^б = A_{см}^б N_{см} N_{сут}, \quad (6.15)$$

где $N_{см}$, $N_{сут}$ – количество рабочих смен в сутки и количество рабочих дней в году, соответственно.

Примечание. Режим работы устанавливается самостоятельно и корректируется при необходимости.

6.6. Потребный парк буровых станков ($N_б$, шт.)

$$N_{á} = \frac{Q_{ã.\,ì}}{À_ã^á q_{ã.\,ì}}, \quad (6.16)$$

где $Q_{г.\,м}$ – годовая производительность по горной массе, м^3/год; $q_{г.\,м}$ – выход горной массы с 1 п. м скважины, м^3/м.

6.7. Необходимое количество рабочих смен на обуривание заданного блока ($N_{см}^б$)

$$N_{ñì}^á = \frac{v_á}{À_{ñì}^á q_{ã.\,ì}}, \quad (6.17)$$

где $V_б$ – объем взрывного блока, м^3.

7. Технологические показатели проекта

Исходные данные для проектирования и расчетные показатели буровзрывных работ в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Технологические показатели проекта

Показатели	Значения
Исходные условия	
Высота уступа $h_у$, м	
Угол откоса уступа, град:	
рабочий $\alpha_р$	
устойчивый $\alpha_у$	
Характеристика пород:	
сопротивление на сжатие $\sigma_{сж}$, Мпа	
сопротивление на сдвиг $\sigma_{сд}$, Мпа	
плотность γ, т/м^3	
класс взрываемости	
Характеристика массива:	
категория трещиноватости	
обводненность	
Размеры взрывного блока, м:	
длина $L_б$	
ширина B	
Схема короткозамедленного взрывания	
Схема инициирования	
Производительность карьера по горной массе $Q_{г.\,м}$, млн м^3/год	

Окончание таблицы 7.1

Показатели	Значения
Расчетные показатели взрывных работ	
Относительный показатель трудности бурения $П_б$	
Модель бурового станка	
Диаметр скважины $d_с$, мм	
Длина, м:	
скважины $l_с$	
перебура $l_{пер}$	
забойки $l_{заб}$	
скважинного заряда $l_{зар}$	
Принятое ВВ	
Проектный расход принятого ВВ $q_п$, кг/м^3	
Удельная вместимость скважины P, кг/м	
Величина линии сопротивления по подошве W, м	
Масса заряда в скважине $Q_з$, кг	
Расстояние между скважинами в ряду a, м	
Расстояние между рядами скважин b, м	
Количество рядов скважин $n_р$	
Количество скважин в ряду $n_с$	
Фактическая ширина взрывного блока $B_ф$, м	
Ширина развала от первого ряда скважин $B'_р$, м	
Фактическая ширина развала $B_р$, м	
Средний по блоку коэффициент рыхления взорванной горной массы $k_р$, м	
Объем взрывного блока $V_б$, м^3	
Выход взорванной горной массы с 1 п. м скважины $q_{г.м}$, м^3/м	
Необходимое количество ВВ в расчете на взрывной блок $Q_б$, кг	
Общая длина ДШ (УВТ) на взрывной блок $L_{дш}$ ($L_{увт}$), м	
Необходимое количество пиротехнических реле времени $N_{рел}$, шт.	
Количество детонаторов и разъединителей на поверхности сети $N_д$, $N_{раз}$, шт.	
Количество внутрискважинных (донных) детонаторов $N_{дв}$, шт.	
Общая масса одновременно взрываемых зарядов Q, кг	
Безопасное расстояние для людей по разлету кусков породы $R_р$, м	
Сейсмически безопасное расстояние $R_с$, м	
Безопасное расстояние по действию ударной воздушной волны R_{min}, м	
Безопасное расстояние для зданий и сооружений $R_с$, м	
Расчетные показатели буровых работ	
Теоретическая (механическая) скорость бурения $v_м$, м/ч	
Техническая скорость бурения $v_т$, м/ч	
Сменная производительность бурового станка $A^б_{см}$, м/смену	
Годовая производительность бурового станка $A^б_г$, м/год	
Потребный парк буровых станков $N_б$, шт.	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Репин Н. Я.* Подготовка горных пород к выемке. Ч. 1: учебное пособие. – М.: Изд-во «Мир горной книги», 2009. – 188 с.; 2009. – 188 с.
2. *Корнилков М. В.* Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 202 с.
3. *Кутузов Б. Н.* Методы ведения взрывных работ. Ч. 1. Разрушение горных пород взрывом: учебник для вузов. – М.: Изд-во «Горная книга», 2007. – 471 с.
4. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах: учебник для техникумов. – М.: Недра, 1990. – 367 с.
5. *Технология и безопасность взрывных работ* / «Развитие ресурсосберегающих технологий во взрывном деле»: Мат-лы науч.-техн. конф. IV Уральского горнопромышленного форума, 12-14 сентября 2011 г., г. Екатеринбург. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 305 с.
6. *Егупов А. А.* Использование энергии взрыва при разработке многолетнемерзлых россыпей. – М.: Недра, 1991. – 224 с.
7. *Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И.* Справочник по открытым горным работам. – М.: НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с.
8. *Нормативный справочник по буровзрывным работам* / Ф. А. Авдеев, В. Л. Барон, Н. В. Гуров, В. Х, Кантор. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. – 511 с.
9. *ГОСТ 55736-2013.* Оборудование горно-шахтное. Станки для бурения взрывных скважин на открытых горных работах.
10. *Стенин Ю. В., Панфилов Д. С.* Расчеты параметров процесса буровзрывной подготовки горных пород к выемке. Часть 1. Расчет параметров буровых работ: руководство по выполнению лабораторных работ. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 45 с.
11. *Стенин Ю. В., Панфилов Д. С.* Расчеты параметров процесса буровзрывной подготовки горных пород к выемке. Часть 2. Расчет параметров взрывных работ при транспортной системе разработки: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. – 45 с.

Приложение 1

Бланк задания на выполнение курсового проекта

Уральский государственный горный университет

Кафедра РМОС

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование

Группа _____ Номер задания _____

Тема проекта*: Расчет параметров буровзрывных работ на карьере*

Исходные условия:

Уступ: высота уступа $h_у$ = м;
угол откоса уступа: рабочий $\alpha_р$ = град;
устойчивый $\alpha_у$ = град.

Характеристика пород:
сопротивление пород на сжатие $\sigma_{сж}$ = МПа;
сопротивление пород на сдвиг $\sigma_{сд}$ = МПа;
плотность $\gamma_п$ = т/м^3
класс взрываемости[1] – ;
категория трещиноватости[2] – ;
обводненность[3] – .
Размеры взрывного блока: длина $L_б$ = м;
ширина B = м.
Схема короткозамедленного взрывания[4] –
Схема инициирования[5] –
Производительность карьера по горной массе $Q_{г.м}$ = млн т/год.

Примечания: [1] Класс взрываемости: I – легковзрываемые; II – средневзрываемые; III – трудновзрываемые; IV – весьма трудновзрываемые; V – исключительно трудновзрываемые.
[2] Категория трещиноватости: I – чрезвычайно трещиноватые; II – сильнотрещиноватые; III – среднетрещиноватые; IV – малотрещиноватые; V – практически монолитные.
[3] Обводненность: С – сухие скважины; О – обводненные скважины.
[4] Схема КЗВ: П – порядная; Д – диагональная.
[5] Схема инициирования: ДШ – детонирующий шнур; УВТ – ударно-волновая трубка.

Руководитель проекта _____ _____
(Ф. И. О.) (подпись)

Дата выдачи задания «____» _____20____ г.

Приложение 2

Образец оформления титульного листа пояснительной записки

15 мм

Минобрнауки РФ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

Кафедра РМОС

25 мм

15 мм

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ

Курсовой проект
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»

Пояснительная записка

РУКОВОДИТЕЛЬ

доц., канд. техн. наук — Н. В. МАРТЫНОВ
(должность, ученая степень)

Студент — П. И. Иванов

Группа: — ОГР-15

15 мм

Приложение 3

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица П. 3.1

Основные технологические параметры станков вращательного (шнекового) бурения

Параметры	Модель бурового станка			
	режущего типа		комбинированные	
	СБР-160А-24	СБР-160Б-32	2СБР-125-30	СБШК-200
Условный диаметр скважины, мм	160	160	115, 125	190, 215
Глубина бурения, м	24	32	30	50
Направление бурения скважины к вертикали, град.	0, 15, 30	0, 15, 30	0, 15, 30	0, 15, 30
Усилие подачи, кН	65	80	До 40	До 196
Частота вращения бурового става, $с^{-1}$	1,7; 2,3; 3,3	1,7; 2,3; 3,3	0–4,2	0,05–3,0
Длина штанги, мм	8390	8390	4200	12000
Масса станка, т	25	32	12	48,2

Таблица П. 3. 2

Основные технологические характеристики станков шарошечного бурения

Параметры	Модель бурового станка					
	3СБШ-200-60	4СБШ-200-40; 5СБШ-200-40	СБШ-250МНА-32 (СБШ-250МН)	СБШ-250-55	СБШ-320-36	СБШ-160-48
Диаметр скважины, мм	215; 244,5	215; 244,5	244,5; 269,9	244,5; 269,9	320	161
Глубина бурения, м	60	40	32	55	36	48
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30
Усилие подачи, кН, не более	300	300	300	350	600	167
Частота вращения долота, $с^{-1}$	0–160	0–150	0–150	0–150	0–120	0–160
Подача компрессора, $м^3/с$	0,417	0,417	0,417	0,417	0,834	0,417
Масса станка, т	62	59	71,5	85	110	40

Таблица П. 3. 3

Основные технологические характеристики станков пневмоударного бурения

Параметры	Модель бурового станка				
	2СБУ-100-32 (СБУ-100Н-35)	3СБУ-100-32	СБУ-100-35; СБУ-100ГА-50	СБУ-125-24; СБУ-125А-32	СБУ-125У-52
Диаметр скважины, мм	100(125)	85, 100, 125	100, 125	125	125–160
Глубина бурения по вертикали, м	32 (35)	32	35,50	24,32	52
Угол наклона скважины, град.	0; 15; 30	Манипулятор	0; 15; 30	0; 15; 30	0–30
Штанга, мм:					
длина	950	950	950	2930	4250
диаметр	83	83	83	89	108
Частота вращения бурового става, $с^{-1}$	0,77	0,65–1,33	0,77	0,37; 0,75	0,41–1,5
Усилие подачи, кН, не более	1,0–6,0	До 25	1,0–6,0	4,5–20	До 50
Тип пневмоударника	П-105К; П-125К	П-105К	П-125К	П-125К	П-125К

Таблица П. 3. 4

Техническая характеристика пневмоударников бесклапанного типа

Параметры	Пневмоударник		
	П-105К	П-125К	П-160А
Номинальный диаметр бурения, мм	105	125	165
Номинальное давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Работа единичного удара, Дж	96	140	280
Частота ударов, $с^{-1}$	27	21	21
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	5.5	7,5	12
Ударная мощность, кВт	2,5	2,8	7,9
Наружный диаметр пневмоударника, мм	92	112	142
Масса без долота, кг	20	31	56

Таблица П. 3.5

Соотношение оптимального усилия подачи, диаметра долота и показателя трудности бурения ($П_б$) для отечественных шарошечных станков (по Н. Я. Репину [1])

$П_б$	Диаметр долота, мм	Оптимальное усилие подачи, кН/см
8	215,0	9
10	244,5	11
12	244,5 – 269,9	13
14	269,9	18
16 и выше	320	22

Таблица П. 3.6

Технические характеристики ВВ для открытых горных работ

Наименование ВВ	Кислородный баланс, %	Теплота взрыва, кДж/кг	Объем газов взрыва, л/кг	Плотность, кг/дм^3	Скорость детонации, км/с	Условия применения
Граммонит 79/21	+0,02	4285	895	0,85	3,2-4,0	Сухие скважины
Гранулит АС-4	+0,41	4522	907	0,85-0,90	2,6-3,5	То же
Гранулит АС-8	+034	5191	847	0,87-0,95	3,0-3,6	–″–
Гранулит С-6М	-1,3	3852	980	1,0-1,05	2,5-3,0	–″–
Гранулит АС-4В	+0,35	4622	907	0,80-0,85	3,0-3,5	Непроточная вода до 4 ч
Гранулит АС-8В	-3,3	5233	850	0,80-0,85	2,5-3,6	То же
Гранулотол	-74,0	3642	1045	0,90	4,0-4,6	Заполненные водой скважины
Алюмотол	-76,2	5266	815	0,95	4,0-4,2	То же
Гранитол-1	-43,6	3770	820	0,90-0,95	–	В воде до 6 суток
Гранитол-7А	-52,0	4598	800	0,90-0,95		То же
Горячельющиеся ВВ						
ГЛТ-20	-3,8	3678	905	1,45-1,50	4,9-5,0	Для сухих и обводненных скважин
Карбатол Т-15	-9,6	3427	946	1,4-1,6	4,5-4,8	То же
Карбатол ГЛ-10В	21,4	5684	844	1,55-1,60	4,5-5,0	–″–
Акватол Т-20	-4,6	3176	937	1,25-1,34	4,0-4,5	–″–
Акватол Т-60	-0,4	3782	920	1,40-1,45	5,0-5,5	–″–
Акватол Т-80	0	3941	913	1,45-1,50	5,2-5,5	–″–
Эмульсионные ВВ (порэмиты)	-3,5			1,20-1,35	4,9-5,1	–″–

Таблица П. 3.7

Рекомендуемая длина перебура скважин в зависимости от категории породы по взрываемости (в диаметрах скважин)

Класс пород по взрываемости	Характеристика пород	Категория пород по взрываемости (по В. В. Ржевскому)	Длина перебура (в диаметрах скважин)
I	Легковзрываемые	1,0-5,0	6-8
II	Средневзрываемые	5,1-10,0	8-10
III	Трудновзрываемые	10,1-15,0	10-12
IV	Весьма трудновзрываемые	15,1-20,0	12-14
V	Исключительно трудно-взрываемые	20,1-25,0	14-16

Таблица П. 3.8

Рекомендуемая длина забойки
(по отношению к длине скважины)

Класс пород по взрываемости	Характеристика пород	Относительная длина забойки $l_{заб} / l_c$
I	Легковзрываемые	0,10-0,20
II	Средневзрываемые	0,18-0,25
III	Трудновзрываемые	0,23-0,30
IV	Весьма трудновзрываемые	0,25-0,35
V	Исключительно трудно-взрываемые	0,30-0,40

Таблица П. 3.9

Эталонный удельный расход ВВ ($q_э$)

Категория трещиноватости пород	Взрываемость пород	Плотность, т/м^3	Удельный расход ВВ при крепости пород f, кг/м^3			Средний размер куска (ожидаемый), см
			2-5	6-10	11-20	
I	Легковзрываемые	2,4-2,7	0,30	0,35	0,45	10-15
II	Средневзрываемые	2,5-2,7	0,40	0,50	0,60	16-20
III	Трудновзрываемые	2,6-2,8	0,65	0,75	0,90	21-25
IV	Весьма трудновзры-ваемые	2,6-2,9	0,85	1,00	1,20	26 30
V	Исключительно труд-новзрываемые	2,7-3,0	1,00	1,20	1,40	31-35

Таблица П. 3.10

Значение $k_{ВВ}$ для основных типов ВВ

Тип ВВ	$k_{ВВ}$	Тип ВВ	$k_{ВВ}$
Граммонит 79/21	1,00	Акватол Т-20	1,20
Граммонит 30/70	1,26	Акватол Т-60	1,13
Гранулит АС-4	0,98	Карбатол Т-15	1,42
Гранулит АС-8	0,89	Акватол Т-80	1,08
Гранулит С-6М	1,13	Порэмит	1,20
Гранулотол	1,20	Сибирит	1,20
Алюмотол	0,83	Игданит	1,13

Таблица П. 3.11

Коэффициент влияния диаметра скважин на величину удельного расхода ВВ ($k_д$) (по данным института «Гипроруда»)

Категория пород по трещиноватости	Значения $k_д$ при диаметре скважин, мм						
	125	160	200	243	320	350	400
I	0,93	0,95	0,98	1,00	1,05	1,07	1,10
II	1,03	1,05	1,07	1,13	1,15	1,17	1,20
III	1,08	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,25
IV	1,13	1,15	1,17	1,20	1,25	1,27	1,30
V	1,18	1,20	1,23	1,26	1,30	1,32	1,36

Таблица П. 3.12

Характеристика прессованных шашек для инициирования гранулированных и водосодержащих ВВ на открытых горных работах

Условное обозначение шашек	Взрывчатое вещество	Масса, г	Плотность, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр отверстия ДШ, мм	Число нитей ДШ для инициирования
ТП-200	Тротил	200	1,50-1,55	6,5-6,8	Параллелепипед с гнездом под КД или ЗД	7,5-8,2	2
ТП-400	То же	400	1,50-1,55	6,5-6,8	То же	7,5-8,2	2
ПТ-400Г	–″–	400	1,52-1,59	6,8-7,0	Цилиндр с осевым каналом	14,5	4
ТГ-500	Тротил/ гексоген	500	1,58-1,64	7,2-7,8	То же	14,5	4
ТГФ-850Э	То же	850	1,60	7,7-7,8	Литой цилиндр с осевым каналом и гнездом	14,5	4
ТС-500Л	Тротил	525	1,53	6,85	То же	14,5	4
ТС-1000Л	ТЭН	1000	1,53	6,85	–″–	14,5	4

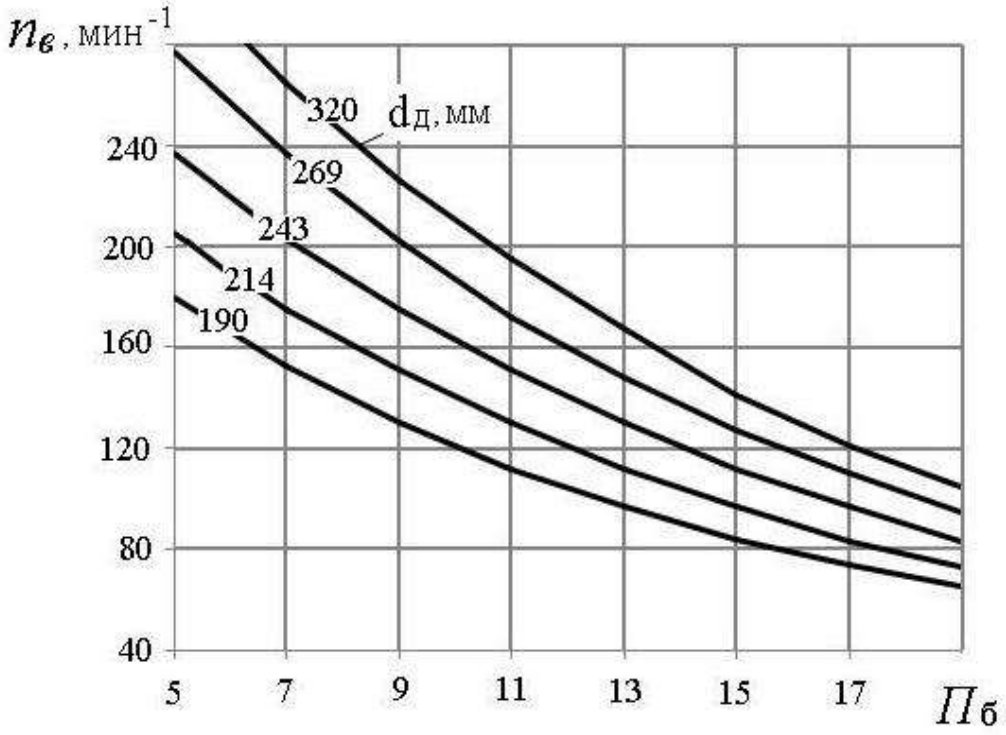


Рис. П. 3.1. Зависимость оптимальной скорости вращения $n_в$ бурового става станков СБШ от $П_б$ и $d_д$

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ
ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТА

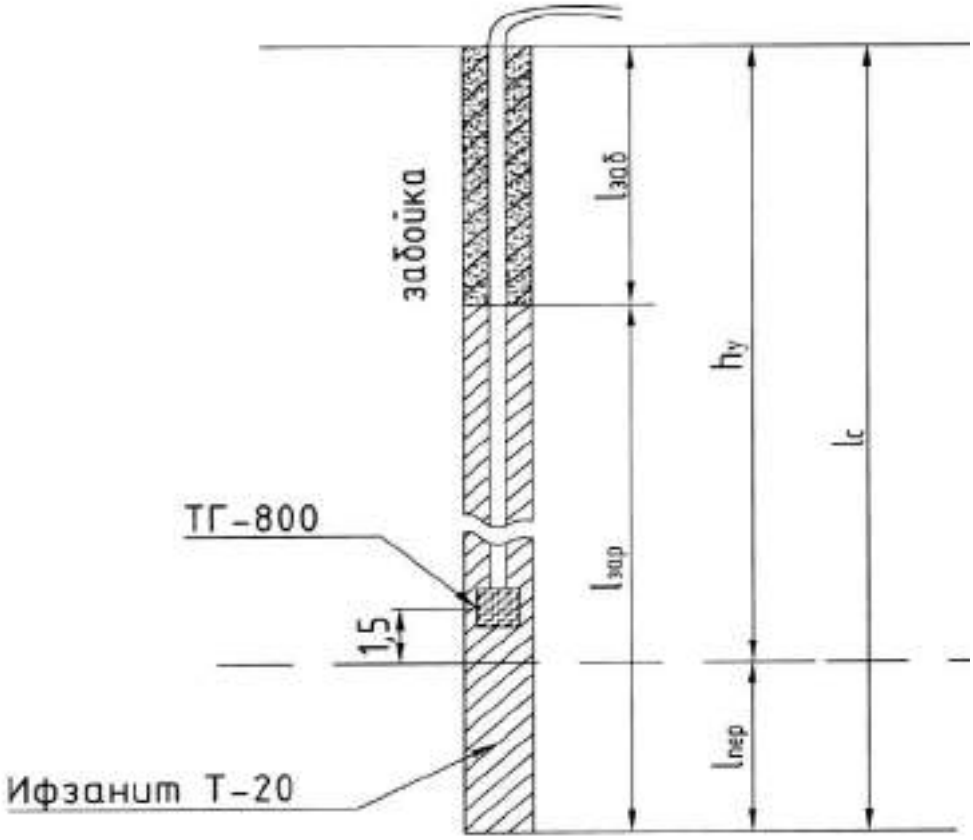


Рис. П. 4.1. Конструкция скважинного заряда

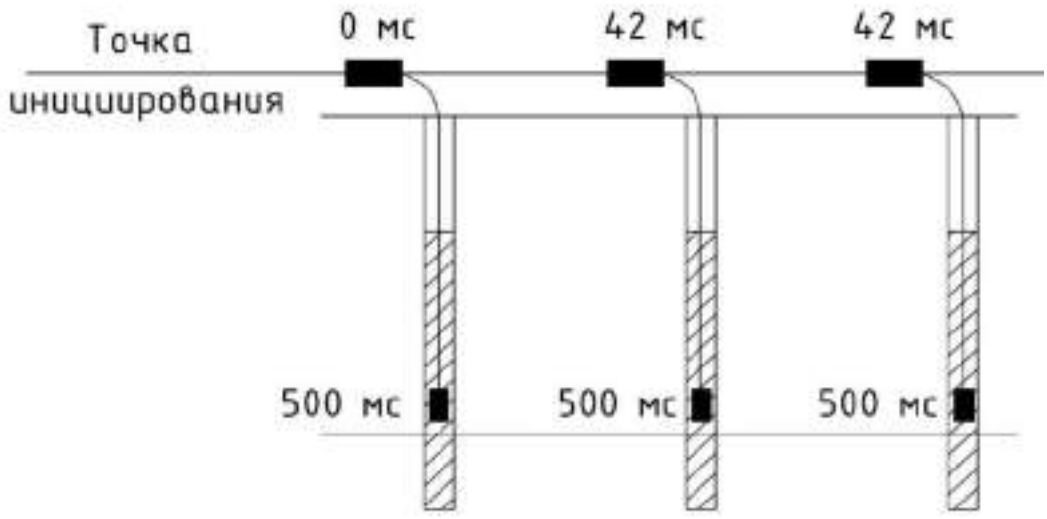


Рис. П. 4.2. Схема инициирования НСИ с внутрискважинным замедлением

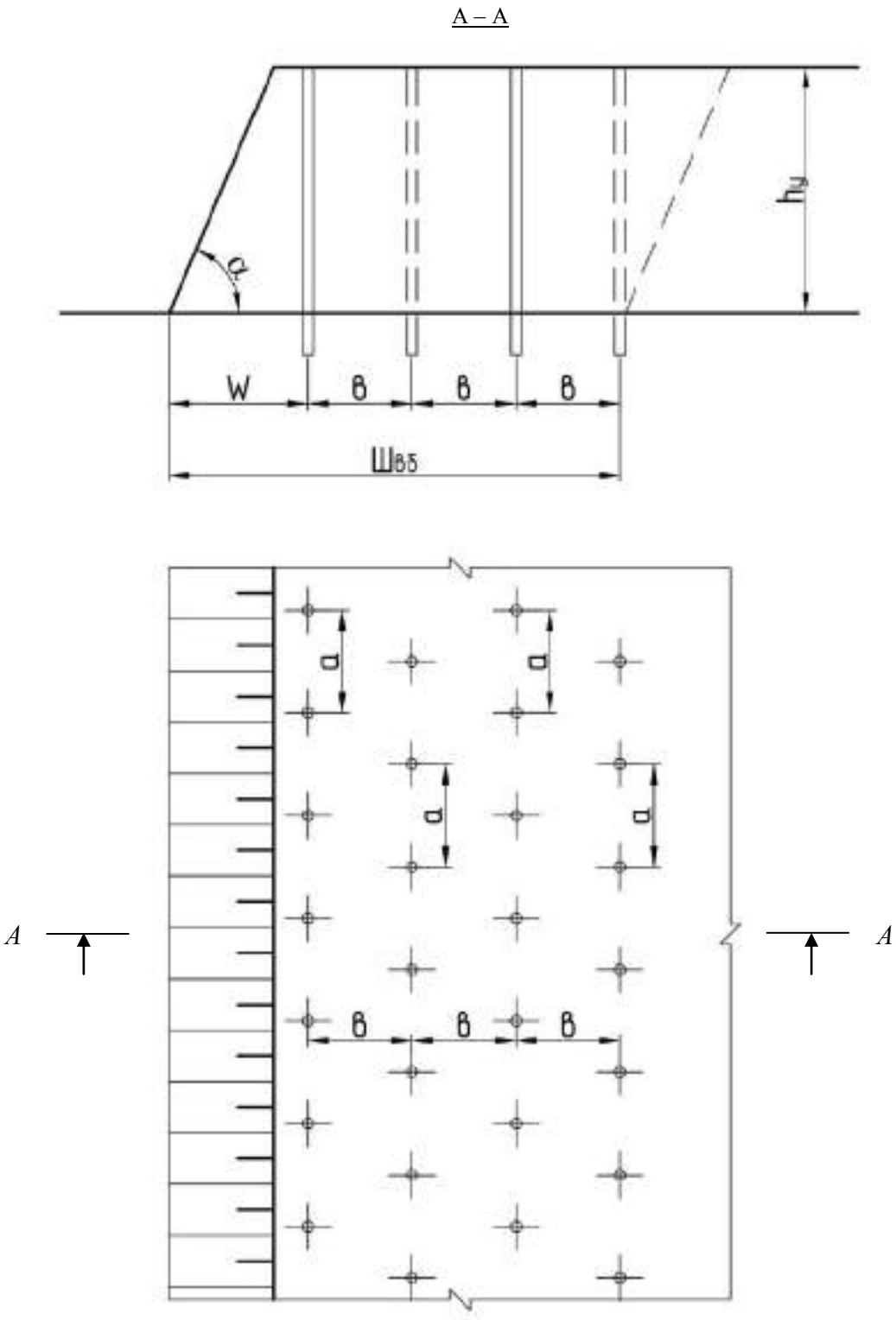
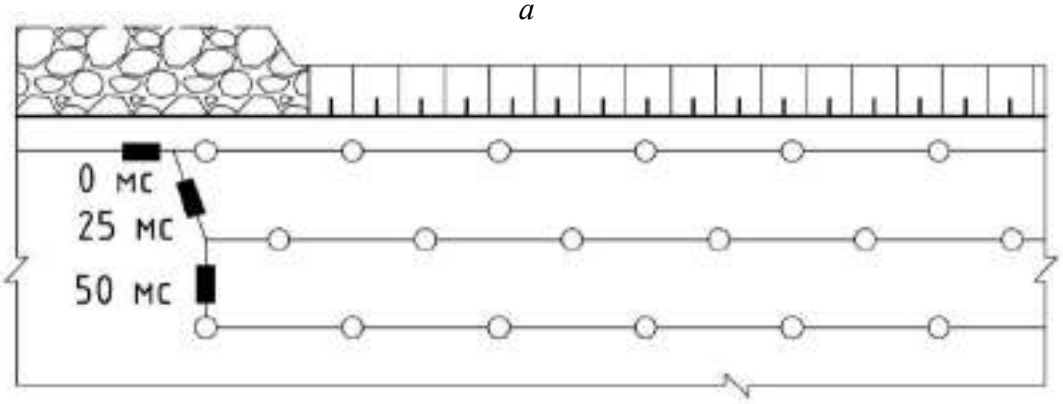


Рис. П. 4.3. Расположение взрывных скважин на блоке

а



б

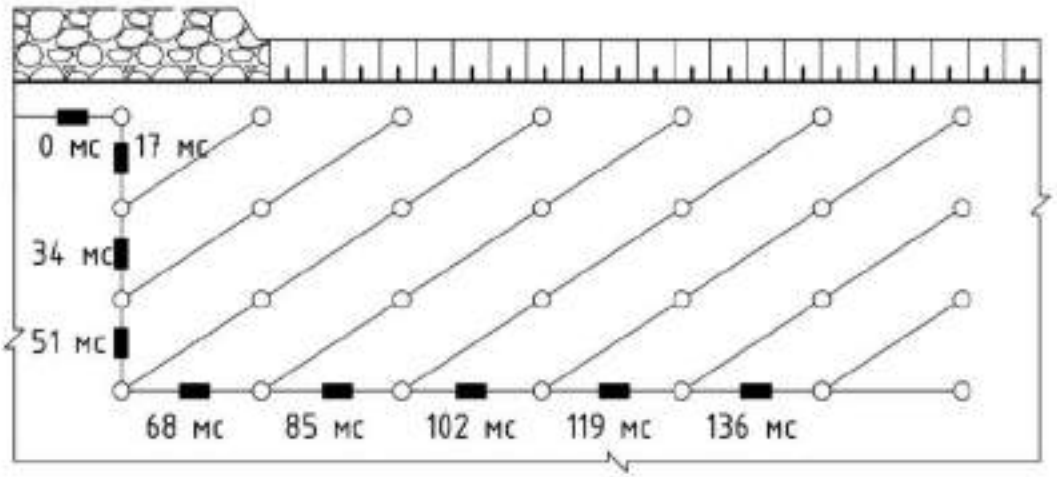


Рис. П. 4.4. Схема коммутации зарядов:
а – порядная схема взрывания; *б* – диагональная схема взрывания

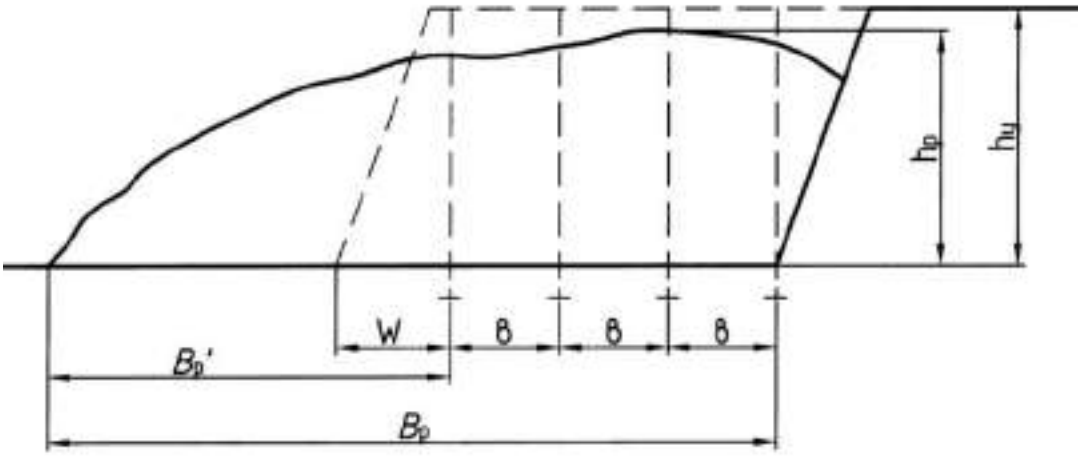


Рис. П. 4.5. Параметры развала взорванной горной массы

Приложение 5

Требования к проектированию взрывных работ

Проект взрывных работ в карьере для рыхления пород должен содержать технический расчет и схему расположения взрывных скважин, включающий:

- геологию и гидрогеологию блока;
- план взрываемого блока;
- поперечные профили через заряды;
- сведения о диаметре взрывных скважин, величине перебура, угле наклона скважины, объеме буровых работ, выходе взорванной горной массы с 1 п. м скважин, удельном расходе ВВ, сетке расположения скважин;
- конструкцию скважинных зарядов с указанием типа ВВ, промежуточных детонаторов, типа забойки и их расположение по длине скважины;
- схему монтажа взрывной сети с указанием величин интервалов замедления, количество ступеней замедления, типов, СИ, способа инициирования зарядов;
- расчет потребного количества ВМ;
- расчет безопасных расстояний.

К взрывным работам на карьерах предъявляются следующие требования:

- обеспечение требуемого качества рыхления, т. е. равномерности дробления, минимального выхода негабаритных кусков (не входящих в ковш экскаватора, транспортные сосуды, дробилку), допустимого размера среднего диаметра кусков;
- обеспечение заданной высоты и ширины развала;
- обеспечение минимального радиуса:
  - разлета кусков;
  - сейсмического воздействия;
  - воздействия ударно-воздушной волны;
- обеспечение минимального перемешивания полезного ископаемого и вскрышной породы;
- обеспечение проектных отметок уступов;
- обеспечение минимального заколообразования вглубь борта и уступов;
- обеспечение достаточного объема взорванных пород для бесперебойной и высокопроизводительной выемки и погрузки; высокой безопасности и экономичности и производительности горных работ.

Содержание

Введение …… 3

1. Выбор вида бурения и диаметра долота ……. 4

2. Выбор типа взрывчатых веществ (ВВ)…… 6

3. Расчет параметров взрывных работ на блоке……. 6

4. Расчет потребности во взрывчатых материалах …… 11

5. Расчет безопасных расстояний при ведении взрывных работ …….. 11

6. Расчет производительности и парка буровых станков …….. 13

7. Технологические показатели проекта …… 17

Список использованной литературы……..… 19

Приложение 1. Бланк задания на выполнение курсового проекта… …….. 20

Приложение 2. Образец оформления титульного листа пояснительной записки ……. 21

Приложение 3. Справочные материалы …… 22

Приложение 4. Примеры оформления графической части проекта…… 28

Приложение 5. Требования к проектированию взрывных работ ……... 31

Учебное издание

Юрий Иванович ЛЕЛЬ
Николай Васильевич МАРТЫНОВ

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор изд-ва *Н. Л. Сайгина*
Компьютерная верстка *Г. И. Егоренковой*, *Н. Л. Сайгиной*

Подписано в печать 18.03.2019 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60 × 84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 2,06. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 60 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горнотехнологического факультета
«15» мая 2018 г.
Председатель комиссии
_____доцент Кокарев К. В.

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.221
П84

Р е ц е н з е н т: *Н. В. Мартынов*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ.

Учебно-методические пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом « 18 » сентября 2018 г. (протокол № 332) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета.

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ.

П84 Выемочно-погрузочные работы: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, Д. А. Шлохин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 53 с.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Процессы открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

УДК 622.221

© Уральский государственный
горный университет, 2019
© Лель Ю. И., Стенин Ю. В.,
Шлохин Д. А., Глебов И. А., 2019

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Выемочно-погрузочные работы» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии выемочно-погрузочных работ в карьерах, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров и выбору выемочно-погрузочного оборудования карьеров;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональных параметров выемочно-погрузочного оборудования в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ЦИКЛА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПАРКА БУЛЬДОЗЕРОВ

Цель работы: освоить методику расчета продолжительности рабочего цикла, производительности и парка бульдозеров при выемке и перемещении горных пород на карьерах.

Задачи работы:

1. Обоснование типа и параметров выемочной стружки, способа набора грунта бульдозером.
2. Расчет объема формируемой перед отвалом призмы волочения.
3. Расчет продолжительности элементов рабочего цикла бульдозера.
4. Расчет производительности и парка бульдозеров при выемке и перемещении горных пород.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 137-144; 2, с. 239-244] изучить основные технологические параметры бульдозеров, схемы выемки пород и методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- продолжительность рабочей смены бульдозера $T_{см} = 8$ ч;
- коэффициент использования сменного времени бульдозера $k_и = 0{,}75$.

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- модель бульдозера;
- тип разрабатываемого грунта;
- длина транспортирования $L_{тр}$, м;
- уклон пути транспортирования i, %;
- сменный объем работ $V_{см}$, м^3;
- схема транспортирования грунта.

Основные параметры бульдозера, определяющие размеры выемочной стружки и объем призмы волочения (табл. 1.2):

- мощность двигателя $N_{дв}$, кВт;
- ширина отвала $l_о$, мм;
- высота отвала $h_о$, мм;
- максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм;
- объем грунта в призме волочения V_{max}, м^3.

Порядок выполнения работы

1. В зависимости от характеристики разрабатываемого грунта в соответствии с табл. 1.3 обосновывается тип выемочной стружки, показатель заглубления отвала $k_{загл}$ и показатель m, характеризующий отношение ширины стружки к ширине отвала.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

Номер задания	Модель бульдозера	Тип грунта*	Длина транспорти-рования $L_{тр}$, м	Уклон, %	Сменный объем работ $V_{см}$, м^3	Схема транспортирования
1	Б10 М.0000	Р	60	0	500	В нулевых отметках
2	Б-12ЕР	П	40	–5	600	По выемке
3	ДЭТ-250	С	50	–10	700	С отсыпкой валов
4	ДЭТ-320	Г	70	–15	900	Двумя бульдозерами
5	Т-800	РП	40	–20	900	Поэтапная
6	Б10 М.0000	РП	60	+10	450	– // –
7	Б-12ЕР	Г	70	0	550	Двумя бульдозерами
8	ДЭТ-250	С	80	–5	650	В нулевых отметках
9	ДЭТ-320	П	80	–10	700	По выемке
10	Т-800	Р	75	–15	750	Поэтапная
11	Б10 М.0000	П	60	0	800	По выемке
12	Б-12ЕР	Г	65	–20	850	– // –
13	ДЭТ-250	С	45	+5	900	С отсыпкой валов
14	ДЭТ-320	РП	50	+10	950	Поэтапная
15	Т-800	Р	90	0	950	В нулевых отметках
16	Б10 М.0000	Г	85	–5	560	По выемке
17	Б-12ЕР	С	65	–10	590	С отсыпкой валов
18	ДЭТ-250	П	45	–15	600	Двумя бульдозерами
19	ДЭТ-320	П	50	–20	670	Поэтапная
20	Т-800	РП	55	0	780	– // –
21	Б10 М.0000	РП	60	0	820	В нулевых отметках
22	Б-12ЕР	Г	65	+5	430	То же
23	ДЭТ-250	Р	70	+10	620	По выемке
24	ДЭТ-320	Р	75	+10	670	– // –
25	Т-800	П	80	0	730	С отсыпкой валов
26	Б10 М.0000	С	55	0	475	То же
27	Б-12ЕР	Г	40	–5	620	Двумя бульдозерами
28	ДЭТ-250	Р	45	–10	760	По выемке
29	ДЭТ-320	Р	50	–15	860	В нулевых отметках
30	Т-800	Г	55	0	920	То же

* Р – растительный; П – песок; С – супесь; Г – глина; РП – разрыхленный полускальный.

Таблица 1.2

Техническая характеристика бульдозеров ООО «ЧТЗ – Уралтрак»

Параметры	Модель бульдозера				
	Б10 М.0000	Б-12ЕР	ДЭТ-250	ДЭТ-320	Т-800
Тяговый класс, кН	100	150	250	250	750
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	132	158	237	258	611
Тип трансмиссии	ГМТ	ЭМТ	ЭМТ	ЭМТ	ЭМТ
Ширина отвала $l_о$, мм	3420	3700	4250	4250	6000
Высота отвала $h_о$, мм	1310	1345	1850	1850	2000
Максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм	480	520	370	500	800

Объем грунта в призме волочения V_{max}, м^3	4,30	4,75	10,5	10,5	16,2

Таблица 1.3

Параметры стружки и призмы волочения при разработке различных пород бульдозерами

Характеристика грунта	Параметры стружки			Параметры призмы волочения	
	тип	$k_{загл}$	m	$k_р$	β, град.
Растительный	Ленточная	1,00	1,00	1,00–1,10	30–35
Песок	Ленточная	1,00	1,00	1,00–1,10	30–35
Суглинок, супесь	Клиновидная	0,70–0,85	0,70–0,80	1,20	35–37
Глина	Гребенчатая	0,70–0,75	0,50–0,60	1,30	37–40
Разрыхленные скальные или полускальные породы	Гребенчатая	0,60–0,65	0,20–0,40	1,35–1,40	42–45

2. Рассчитывается максимальная толщина стружки $\delta_с$, м:

$$\delta_с = h_{загл}\, k_{загл}, \tag{1.1}$$

где $h_{загл}$ – максимальное заглубление отвала, м (см. табл. 1.2);

$k_{загл}$ – коэффициент заглубления, зависящий от характеристик грунта и типа стружки (см. табл. 1.3).

3. Рассчитывается ширины стружки $b_с$, м:

$$b_с = m\, l_о\,, \tag{1.2}$$

где $l_о$ – ширина отвала бульдозера, м (см. табл. 1.2);

m – эмпирический коэффициент, зависящий от характеристик разрабатываемого грунта (см. табл. 1.3).

4. Рассчитывается объем призмы волочения $V_{п.в}$, м^3:

$$V_{п.в} = 0{,}5 h_о^2 l_о \operatorname{ctg}\beta, \tag{1.3}$$

где $h_о$ – высота отвала бульдозера, м;

β – угол развала породы в призме волочения, град. (см. табл. 1.3).

5. Производится проверка. Расчетный объем породы в призме волочения должен удовлетворять условию

$$V_{п.в} \le V_{max}, \tag{1.4}$$

где V_{max} – максимальный (паспортный) объем грунта в призме волочения, м^3 (см. табл. 1.2).

Если условие не выполняется, то принимается

$$V_{п.в} = V_{max}. \tag{1.5}$$

6. Определяются составляющие рабочего пути бульдозера.

6.1. Расстояние набора породы $L_н$, м.

6.1.1. При ленточной стружке (рис. 1.1)

$$L_н \approx \frac{V_{п.в}}{k_р m l_о \delta_с} - \delta_с, \tag{1.6}$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления породы в призме волочения (см. табл. 1.3).

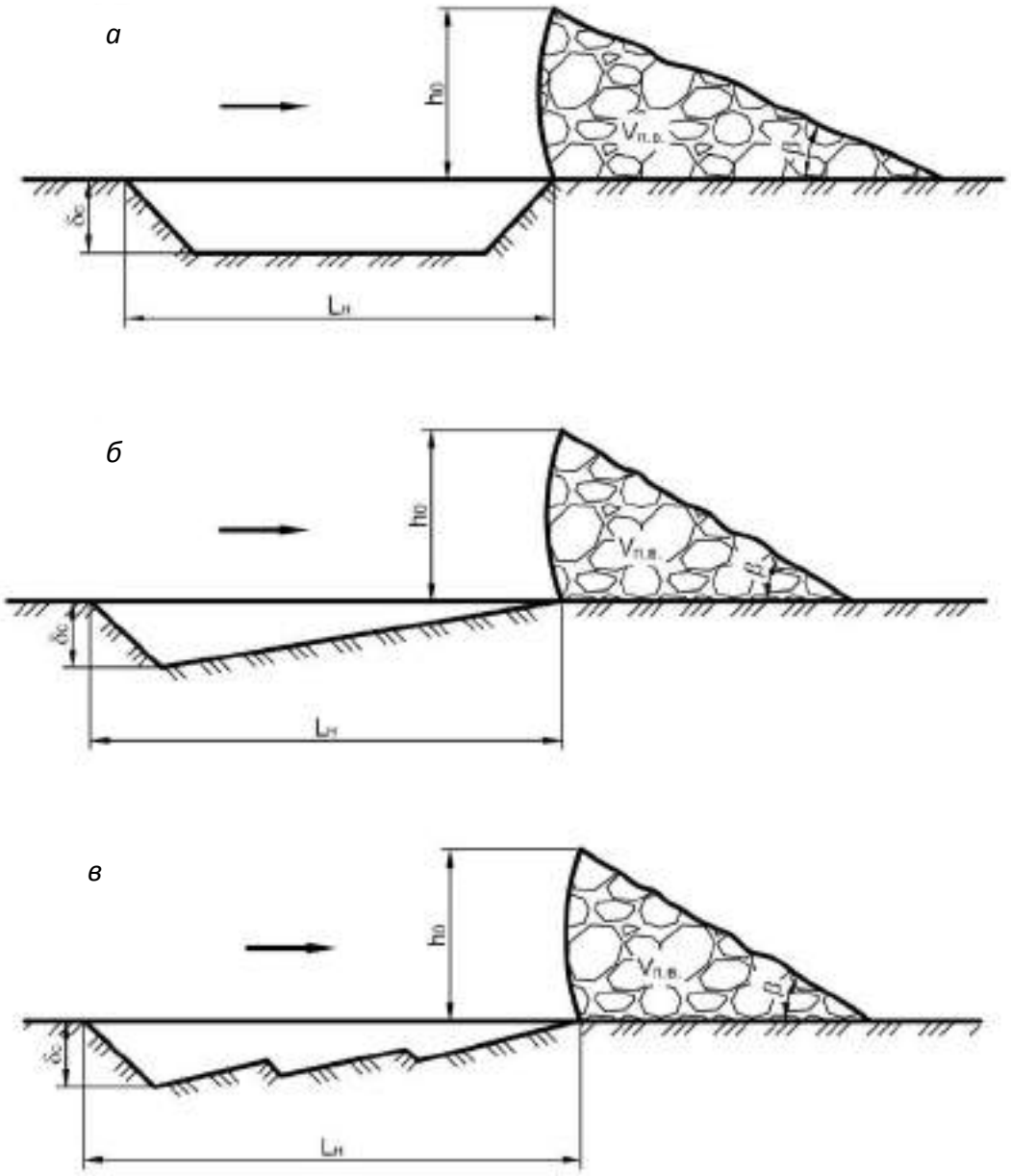


Рис. 1.1. Схема к расчету расстояния набора грунта бульдозером:
а – ленточная стружка; *б* – клиновидная стружка; *в* – гребенчатая стружка

6.1.2. При клиновидной стружке

$$L_{\text{н}} \approx \frac{2V_{\text{п.в}}}{k_{\text{р}} m l_{\text{о}} \delta_{\text{с}}}. \qquad (1.7)$$

6.1.3. При гребенчатой стружке

$$L_{\text{н}} \approx \frac{(2{,}3...2{,}4)V_{\text{п.в}}}{k_{\text{р}} m l_{\text{о}} \delta_{\text{с}}}. \qquad (1.8)$$

6.2. Расстояние транспортирования породы $L_{\text{тр}}$, м (см. табл. 1.1).

6.3. Расстояние сброса грунта $L_{\text{о}}$, м:

$$L_{\text{о}} \approx (0{,}5 \ldots 0{,}8)\, L_{\text{н}}. \qquad (1.9)$$

6.4. Расстояние холостого хода бульдозера $L_х$, м:

$$L_х = L_н + L_{тр} + L_о \ . \qquad (1.10)$$

7. Определяются скорости движения бульдозера по элементам цикла. Скорости (м/мин) принимаются по табл. 1.4 в зависимости от типа разрабатываемых пород и мощности двигателя бульдозера.

Таблица 1.4

Средние скорости движения бульдозеров

Разрабатываемые породы	Мощность бульдозера $N_{дв}$, кВт	Скорость движения бульдозера, м/мин		
		набор породы $v_н$	перемещение породы $v_{тр}$	холостой ход $v_х$
Растительный грунт, песок	130–220	30–33	42–54	66–75
	> 220	36	60	90
Суглинок, супесь, глина	130–220	21–24	30–36	54–60
	> 220	30	48	69
Разрыхленные скальные или полускальные породы	130–220	15–18	24–36	45–54
	> 220	24	42	66

8. Рассчитывается длительность операций рабочего цикла бульдозера.

8.1. Длительность набора (резания) грунта $t_н$, мин:

$$t_н = \frac{L_н}{v_н}. \qquad (1.11)$$

8.2. Длительность перемещения грунта $t_п$, мин:

$$t_п = \frac{L_{тр} + L_о}{v_{тр}}. \qquad (1.12)$$

8.3. Длительность холостого хода бульдозера $t_х$, мин:

$$t_х = \frac{L_х}{v_х}, \qquad (1.13)$$

где $v_н$, $v_{тр}$, $v_х$ – скорости соответственно при наборе, перемещении породы и холостом ходе бульдозера, м/мин.

9. Рассчитывается длительность рабочего цикла бульдозера $T_ц$, мин:

$$T_ц = t_н + t_п + t_х + t_в \ , \qquad (1.14)$$

где $t_в$ – время на переключение передач и развороты бульдозера, мин.

$t_в \approx$ (0,5 … 0,7 мин.).

10. Рассчитывается сменная производительность бульдозера в плотном теле $П_б$, м^3/смену:

$$П_б = \frac{60 T_{см} V_{пв}}{T_ц k_р} k_п k_i k_и, \qquad (1.15)$$

где T – продолжительность рабочей смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч);

$T_ц$ – длительность рабочего цикла бульдозера, мин.;

$k_п$ – поправочный коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании бульдозером:

$$k_п = k_{тр}(1 – 0{,}005L_{тр}); \quad (1.16)$$

$L_{тр}$ – расстояние транспортирования, м;

$k_{тр}$ – коэффициент, учитывающий влияние технологической схемы транспортирования на потери грунта. Значения коэффициента $k_{тр}$ приведены в табл. 1.5;

k_i – коэффициент, учитывающий влияние уклона трассы транспортирования на производительность бульдозера. Значения коэффициента k_i приведены в табл. 1.6;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени бульдозера ($k_и = 0{,}7…0{,}8$).

11. Рассчитывается рабочий парк бульдозеров $N_р$, шт:

$$N_р = \frac{V_{см}}{П_б}, \quad (1.17)$$

где $V_{см}$ – сменный объем бульдозерных работ, м^3 (см. табл. 1.1).

Таблица 1.5

Значения коэффициента $k_{тр}$

Схема транспортирования грунта	$k_{тр}$
В нулевых отметках	1,00
По выемке (траншее)	1,10–1,20
С отсыпкой валов	1,10–1,15
Двумя бульдозерами	1,30–1,40
Поэтапная	1,40–1,50

Таблица 1.6

Значения коэффициента k_i

Уклон участка транспортирования i, %	k_i
0	1,0
–5	1,4
–10	1,8
–15	2,2
–20	2,5
+5	0,8
+10	0,6

12. Рассчитывается списочный парк бульдозеров $N_с$, шт:

$$N_с = \frac{N_р}{k_{т.г}}, \quad (1.18)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности бульдозерного парка ($k_{т.г} = 0{,}72…0{,}75$).

13. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой для расчета расстояния набора грунта (см. рисунок). Технологические параметры выемки горных пород бульдозерами сводятся в таблицу (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Технологические параметры выемки горных пород бульдозерами

Показатели	Значения
Исходные условия	
Тип разрабатываемого грунта	
Длина транспортирования $L_{тр}$, м	
Уклон пути транспортирования i, %	
Сменный объем работ $V_{см}$, м^3	
Схема транспортирования грунта	
Модель бульдозера	
Мощность двигателя бульдозера $N_{дв}$, кВт	
Ширина отвала $l_о$, мм	
Высота отвала $h_о$, мм	
Максимальное заглубление отвала $h_{загл}$, мм	
Объем грунта в призме волочения V_{max} , м^3	
Расчетные показатели	
Тип выемочной стружки	
Максимальная толщина стружки $\delta_с$, м	
Ширина стружки $b_с$, м	
Объем призмы волочения $V_{пв}$, м^3	
Расстояние набора породы $L_н$, м	
Расстояние сброса грунта $L_о$, м	
Расстояние холостого хода $L_х$, м	
Длительность рабочего цикла бульдозера $T_ц$, мин.	
Сменная производительность бульдозера $П_б$, м^3/смены	
Рабочий парк бульдозеров $N_р$, шт.	
Списочный парк бульдозеров $N_с$, шт.	

Контрольные вопросы

1. Назовите основные технологические параметры бульдозеров, применяемых на открытых горных работах.
2. Охарактеризуйте области применения бульдозеров на карьерах в качестве основного выемочно-транспортного и вспомогательного оборудования.
3. Какие сопротивления испытывает бульдозер в процессе работы? Каковы требования к тяговому усилию?
4. Какие типы стружек применяются при работе бульдозера в зависимости от характеристик разрабатываемого грунта?
5. Как рассчитывается максимальная толщина стружки, ширина стружки и объем призмы волочения?
6. Как рассчитывается продолжительность элементов рабочего цикла бульдозера?
7. Какие способы уменьшения потерь породы применяются при её перемещении бульдозерами?

8. Как определяется сменная производительность бульдозера? От каких факторов она зависит?

Практическая работа № 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЕВ МЕХАНИЧЕСКИХ ЛОПАТ В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторных забоев, производительности и парка экскаваторов.

Задачи работы:

1. Обоснование типа и параметров экскаваторного забоя.
2. Обоснование параметров установки экскаватора в забое.
3. Расчет производительности и парка экскаваторов.
4. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 151-179; 2, с. 85-137; 3, с. 221-232] изучить основные технологические параметры карьерных механических лопат, технологию выемки и погрузки взорванных скальных и полускальных пород мехлопатами, методику расчета производительности мехлопат.

Исходные условия

Общие условия:

- погрузка пород в автотранспорт;
- взрывание многорядное на свободный откос;
- длина взрывного блока $L_{бл}$ = 200 м;
- работа карьера 6 дней в неделю, 3 смены по 8 ч;
- выемка пород: нечетные задания – валовая, четные – селективная;
- выход негабарита: нечетные задания $\gamma_{нг}$ = 5 %, четные – $\gamma_{нг}$ = 2 %.

В соответствии с вариантом (табл. 2.1) задаются:

- высота рабочего уступа $H_у$;
- ширина буровой заходки $B_з$;
- ширина развала пород $B_р$;
- максимальная высота развала $h_р^{max}$;
- средний размер куска в развале $d_{ср}$;
- коэффициент разрыхления пород в развале $k_р$;
- категория трещиноватости массива;
- сменный объем работ $V_{см}$;
- годовой объем работ $V_г$.

Основные рабочие параметры экскаватора, определяющие размеры экскаваторных забоев, приведены в табл. 2.2.

Основные параметры карьерных автосамосвалов приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.1

Исходные данные к практической работе № 2

Номер задания	Оборудование: экскаватор ЭКГ-	Оборудование: автосамосвалы БелАЗ-	Высота уступа $H_у$, м	Ширина буровой заходки $B_з$, м	Показатели развала пород: $B_р$, м	Показатели развала пород: $h_р^{max}$, м	Показатели развала пород: $d_{ср}$, м	Показатели развала пород: $k_р$	Категория трещиноватости массива	Объем работ сменный, годовой тыс. м^3
1	5А	7540	10	20	42	10	0,50	1,25	II	6,0 / 4200
2						12				
3			12	24	50	12	0,45		III	
4						13				
5			15	30	56	14	0,35	1,30	IV	
6						16				
7			15	20	40	15	0,40		II	
8						16,5				
9	10	7548	12	18	32	11	0,60	1,30	IV	10,0 / 8700
10						12,2				
11			15	24	45	16,5	0,40	1,20	II	
12						18				
13			20	36	60	22	0,30	1,40	V	
14						18				
15	12	7555	15	32	52	13	0,70	1,30	III	20,0 / 17000
16						15,5				
17						17				
18			20	30	60	19	0,65	1,25	IV	
19						21,5				
20						22				
21	15	7549	15	32	48	13,5	0,20	1,30	V	30,0 / 22000
22						15				
23						16				
24			20	40	60	19	0,30	1,40	II	
25						22				
26						23				
27			25	36	55	22	0,50	1,35	I	
28						24				
29						25				
30						27				

Порядок выполнения работы

1. Обосновываются тип и параметры экскаваторного забоя.

1.1. Прогнозируется вид обрушения пород при копании в забое в зависимости от коэффициента разрыхления $k_р$ и среднего размера куска в развале $d_{ср}$ (табл. 2.4).

1.2. Обосновывается максимальная высота забоя ($h_з^{max}$) и способ выемки развала по высоте. Согласно «Правилам безопасности при проведении горных

работ…» [4] при разработке пород с применением буровзрывных работ максимальная высота забоя $h_з^{max} \le 1{,}5H_{ч.max}$ при условии разделения развала по высоте на подуступы или разработке специальных мероприятий по безопасному обрушению козырьков и нависей.

Таблица 2.2

Параметры карьерных экскаваторов

Параметр	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-10	ЭКГ-12	ЭКГ-15
Вместимость ковша E, м^3 ….....	5,2	10	12	15
Радиусы черпания, м:				
на уровне стояния $R_{ч.у}$ …….	9,0	12,6	14,3	15,6
максимальный $R_{ч.max}$ ……..	14,5	18,4	21,0	22,6
Радиусы разгрузки, м:				
максимальный $R_{р.max}$ ……..	12,3	16,3	18,5	20,0
минимальный $R_{р.min}$ …….	7,3	9,8	11,5	12,0
Максимальная высота, м:				
черпания $H_{ч.max}$ …….	10,3	13,5	15,0	16,4
разгрузки $H_{р.max}$ ……	6,7	8,6	10,0	10,0
Высота напорного вала $h_{н.в}$, м…	6,5	8,5	9,4	10,3
Ширина хода $B_х$, м……..	5,2	7,0	8,3	9,5
Длина хода $L_х$, м…….....	6,1	8,2	11,5	13,1

Таблица 2.3

Параметры карьерных автосамосвалов

Параметр	Модель автосамосвала			
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7555	БелАЗ-7549
Грузоподъемность $G_а$, т……	30	42	55	80
Наименьший радиус поворота R_{min}, м	8,7	10,2	9,0	11,0
Габариты (длина × ширина), м……..	7,1×4,36	8,1×4,40	8,9×5,2	10,3×5,4

Таблица 2.4

Типичные виды обрушения пород и параметры забоев

Взорванная горная масса	Состояние развала		Угол откоса забоя $\alpha_т$, град.	Характеристика вида обрушения	Отношение $m = h_з^{max}/H_{ч.max}$ при $d_{ср}$, см		
	$k_р$	$d_{ср}$, см			10-20	20-35	35-50
Сыпучая ……	1,35–1,50	< 30	40–55	Течение	2,50	2,10	1,50
Связно-сыпучая……..	1,15–1,35	20–40 и более	55–70	Несколькими волнами, течением	1,4–1,7	1,3–1,5	1,15–1,3
Связная ……	1,02–1,15	Любой	70–90	Одной волной	1,15	1,10	1,05

При выполнении практической работы максимальную высоту забоя рекомендуется принимать исходя из соотношения

$$h_з^{max} \le m\, H_{ч.max}, \qquad (2.1)$$

где m – соотношение между максимальной высотой черпания экскаватора, зависящее от характеристик взорванной горной массы, вида обрушения пород в забое и среднего размера куска в развале (см. табл. 2.4 [5]).

Во всех случаях при $h_{з}^{max} > 1{,}5H_{ч.max}$ необходимо специальное разрешение органов Ростехнадзора. Если $h_{р}^{max} > h_{з}^{max}$, то возможны следующие варианты отработки развала (рис. 2.1):

– при незначительном превышении $(h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) \le 2...3$ м делают искусственное понижение развала (забоя) бульдозером;

– при 3 м $< (h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) \le 2/3\, h_{н.в}$ высота забоя понижается экскаватором, сбрасывающим породу вниз;

– при $(h_{р}^{max} - h_{з}^{max}) > 2/3\, h_{н.в}$ развал убирается послойно. При этом высота каждого слоя $h_{з} \le H_{ч.max}$ ($h_{н.в}$ – высота напорного вала экскаватора).

1.3.Принимаются углы откосов развала (рис. 2.1).

Угол откоса в торце забоя ($\alpha_{т}$) принимается в зависимости от вида обрушения пород (см. табл. 2.4).

Угол откоса во внешней части развала ($\alpha_{в.н}$) рекомендуется принимать в пределах 40–45°.

Угол откоса во внутренней части забоя $\alpha_{з}$

$$\alpha_{з} \approx (0{,}80 \div 0{,}85)\alpha_{т}. \qquad (2.2)$$

Угол откоса забоя в массиве в зависимости от физико-механических свойств пород $\alpha = 65…80°$.

Должно соблюдаться условие

$$\alpha > \alpha_{т} > \alpha_{з} > \alpha_{в.н}. \qquad (2.3)$$

1.4. В зависимости от ширины развала принимается тип экскаваторной заходки (табл. 2.5, рис. 2.2).

Таблица 2.5

Типы экскаваторных заходок

Тип заходки	Ширина развала $B_{р}$, м
Продольные ……..	До 20÷25
Поперечные …….	Более 30÷40

1.5. Определяется оптимальная и принятая ширина экскаваторной заходки.

Оптимальная ширина заходки при автотранспорте $A_{з.о}$, м:

$$A_{з.о} \approx (0{,}8 \div 1{,}2)R_{ч.у}. \qquad (2.4)$$

Принятая ширина заходки:

– при отработке развала продольными заходками

$$A_{з} = B_{р}/n_{з}\,, \qquad (2.5)$$

где $n_{з}$ – число проходов экскаватора по развалу (целое число);

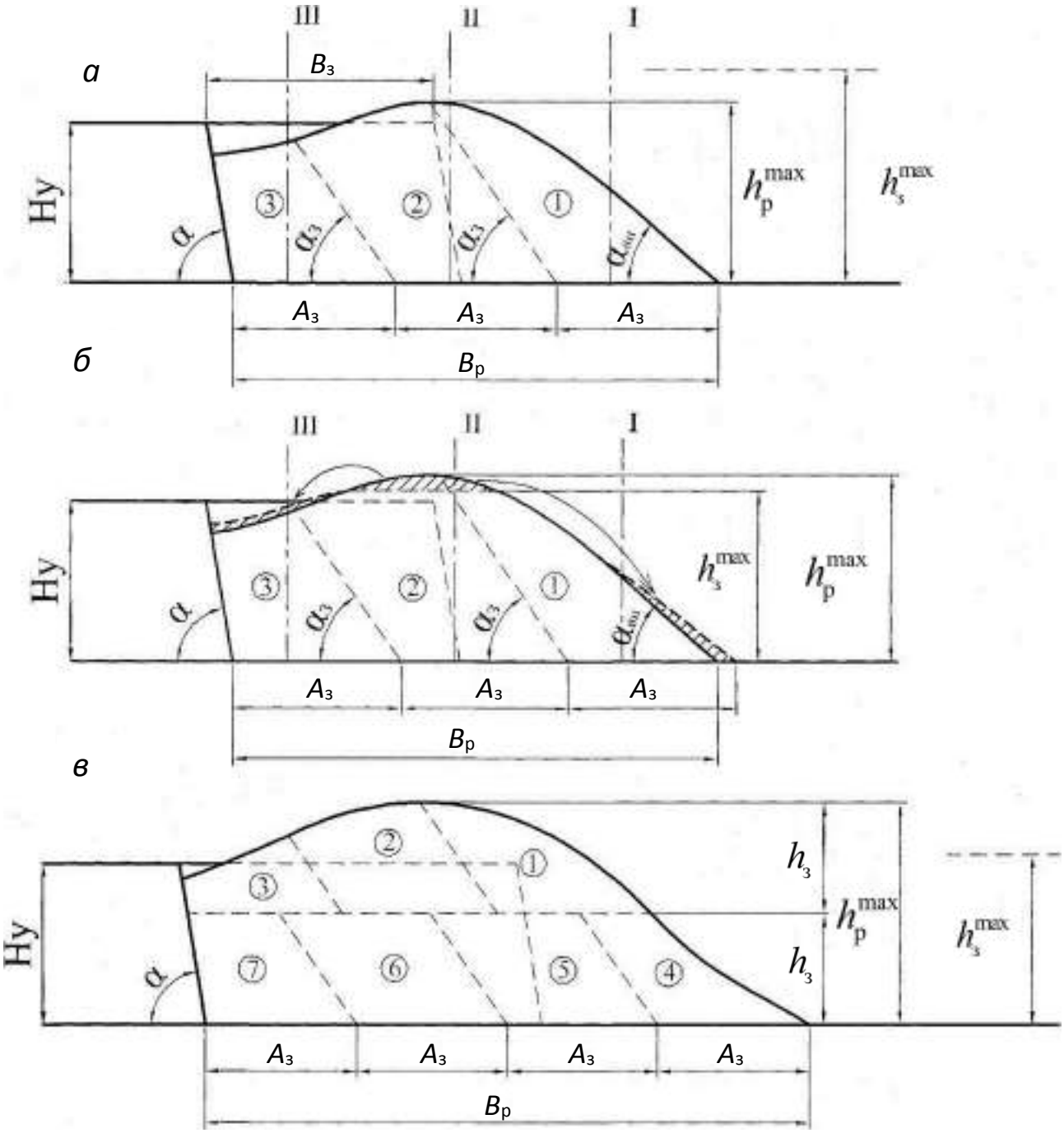


Рис. 2.1. Поперечный разрез развала горной массы:
а – разборка развала продольными заходками на полную высоту;
б – разборка развала продольными заходками с понижением высоты бульдозером (экскаватором);
в – послойная разборка развала продольными заходками

– при отработке развала поперечными заходками

$$A_з = L_{бл}/n_з \ . \qquad (2.6)$$

1.6.Определяются параметры копания.

1.6.1. Габаритный кусок $a_г$, м:

$$a_г \le 0{,}75\sqrt[3]{E} \ , \qquad (2.7)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

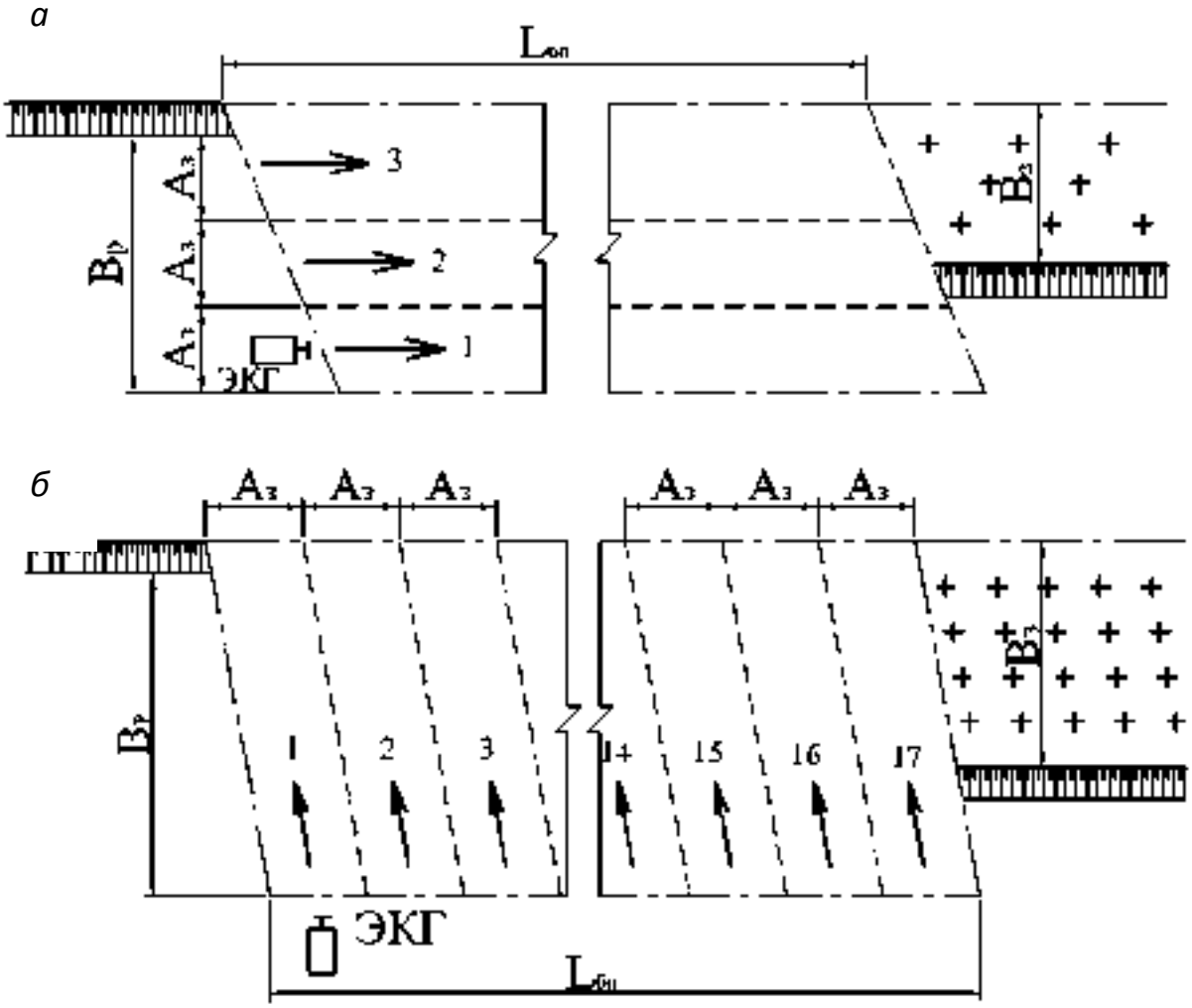


Рис. 2.2. Порядок разработки развала продольными (*а*)
и поперечными (*б*) заходками

1.6.2. Диаметр среднего экскавируемого куска ($d^{э}_{ср}$, м) принимается по табл. 2.6 в зависимости от E и $d_{ср}$.

Таблица 2.6

Значения диаметра среднего экскавируемого куска горной массы $d^{э}_{ср}$, м

E, м^3	Значение $d^{э}_{ср}$ при $d_{ср}$, м				
	< 0,2	≤ 0,35	≤ 0,5	≤ 0,65	≤ 0,8
5	$d^{э}_{ср} = d_{ср}$	0,29	0,3	0,25	0,15
10		0,345	0,37	0,37	0,32
15		0,35	0,42	0,42	0,40

1.6.3. Толщина стружки (глубина копания) рассчитывается по формуле Ю. И. Белякова [5]

$$\delta_с \approx 2,6k_р^2 - 4,26k_р + 1,8, \qquad (2.8)$$

где $\delta_с$ – толщина стружки, м; $k_р$ – коэффициент разрыхления пород в развале.

1.6.4. Высота копания (высота стружки копания)

$$h_к \approx 13k_р^2 - 37{,}3k_р + 30{,}5, \quad (2.9)$$

где $h_к$ – высота копания, м.

2. Обосновываются параметры установки экскаватора в забое.

2.1. Определяется место установки экскаватора со стороны забоя (рис. 2.3).

Расстояние от центра вращения экскаватора до нижней бровки развала (L, м) можно рассчитать по формуле

$$L = L_о + R_{ч.\,min}, \quad (2.10)$$

где $L_о$ – максимальная ширина развала пород при обрушении забоя, м;

$R_{ч\,min}$ – минимальный радиус черпания, м.

$L_о$ определяется из следующих выражений:

при $k_р > 1{,}40$ $L_о \approx 0{,}2h_з + 0{,}6;$ (2.11)

при $k_р = 1{,}30 \div 1{,}40$ $L_о \approx 0{,}3h_з;$ (2.12)

при $k_р = 1{,}15 \div 1{,}30$ $L_о \approx 0{,}5h_з - 0{,}8,$ (2.13)

где $h_з$ – высота забоя, м.

Минимальный радиус черпания $R_{ч.\,min}$, м:

$$R_{ч.min} = 0{,}5L_х + 1{,}5h_{ковш} + 0{,}6, \quad (2.14)$$

где $L_х$ – длина хода экскаватора, м;

$h_{ковш}$ – высота ковша экскаватора, м:

$$h_{ковш} \approx (1{,}25 \div 1{,}30)\sqrt[3]{E}, \quad (2.15)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3.

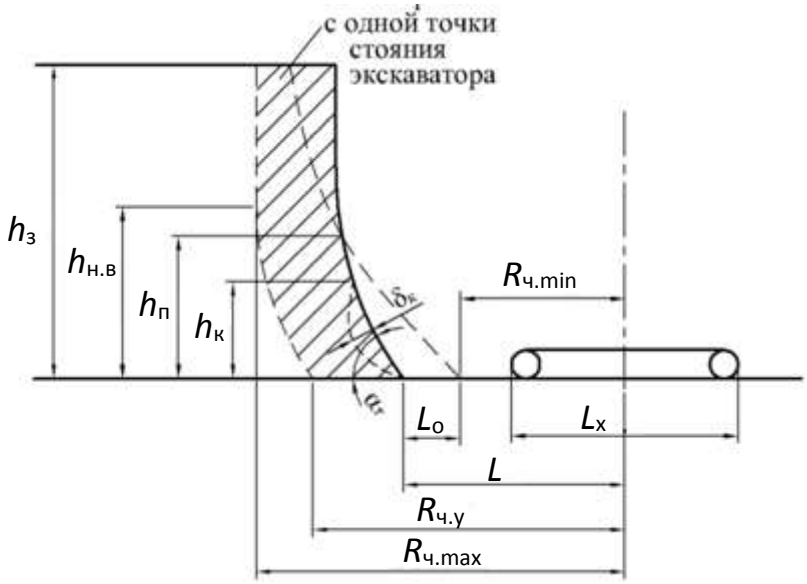


Рис. 2.3. Схема установки экскаватора со стороны забоя

Здесь $h_п$ – высота подработки забоя, м:

$$h_п \approx (0{,}2 \div 0{,}5)\ \ h_з\ . \quad (2.16)$$

Должно соблюдаться условие:

$$\begin{cases} h_{\text{п}} \geq h_{\text{к}} \\ L < R_{\text{ч.у}} \end{cases}, \tag{2.17}$$

где $h_{\text{к}}$ – высота копания, м;

$R_{\text{ч. у}}$ – радиус черпания на уровне стояния, м.

При $L \geq R_{\text{ч. у}}$ необходимо выбрать экскаватор с бóльшими рабочими параметрами.

2.2.Определяется ширина внутренней и внешней частей заходки:

$$A_{\text{з}} = A_{\text{з}}^{\text{в}} + A_{\text{з}}^{\text{вн}}, \tag{2.18}$$

где $A_{\text{з}}^{\text{в}}$ – ширина внутренней части заходки, м;

$$A_{\text{з}}^{\text{в}} \approx 2/3 A_{\text{з}}; \tag{2.19}$$

$A_{\text{з}}^{\text{вн}}$ – ширина внешней части заходки, м;

$$A_{\text{з}}^{\text{вн}} \approx 1/3 A_{\text{з}}. \tag{2.20}$$

Осуществляется проверка ширины внутренней части заходки. Она должна удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{cases} A_{\text{з}}^{\text{в}} \geq 0{,}5 B_{\text{х}} + 1{,}5 h_{\text{ковш}} + 0{,}6; \\ A_{\text{з}}^{\text{в}} \leq R_{\text{ч. у}}, \end{cases} \tag{2.21}$$

где $B_{\text{х}}$ – ширина хода экскаватора, м;

$R_{\text{ч. у}}$ – радиус черпания на уровне стояния, м.

Если $A_{\text{з}}^{\text{в}}$ не удовлетворяет условию (2.21), то производится ее корректировка и пересчитывается $A_{\text{з}}^{\text{вн}}$.

2.3.Определяется место установки автосамосвала в забое.

Ширина зоны установки автосамосвала Ш, м:

$$\text{Ш} = R_{\text{р. max}} - R_{\text{р. min}}, \tag{2.22}$$

где $R_{\text{р. max}}$ – максимальный радиус разгрузки экскаватора, м;

$R_{\text{р. min}}$ – минимальный радиус разгрузки экскаватора, м.

Графически определяется средний угол поворота экскаватора от центра забоя до центра кузова автосамосвала β. При этом исходим из условий, что автосамосвал находится в зоне установки, продольная ось автосамосвала и ось стрелы экскаватора взаимно перпендикулярны, средний угол поворота экскаватора минимален (рис. 2.4, 2.5).

3. Рассчитывается производительность и парк экскаваторов.

3.1. Длительность элементов рабочего цикла экскаватора, с:

– черпания (по Н. Я. Репину [2]):

$$T_{\text{ч}} = \frac{194 (d_{\text{ср}}^{\text{э}})^2}{E} + \frac{E}{0{,}11E + 0{,}6}, \tag{2.23}$$

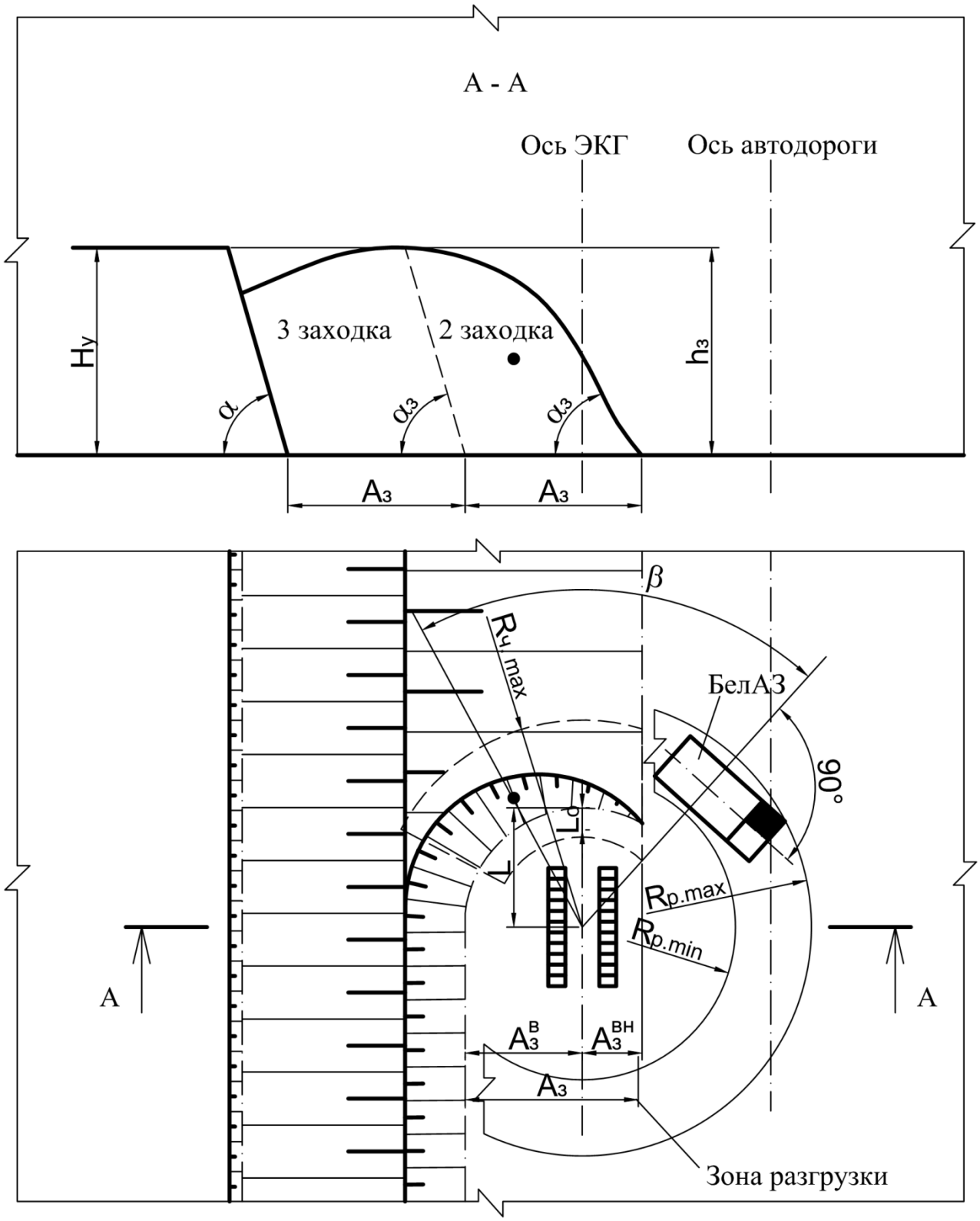


Рис. 2.4. Паспорт установки экскаватора в забое при разборке развала продольными заходками

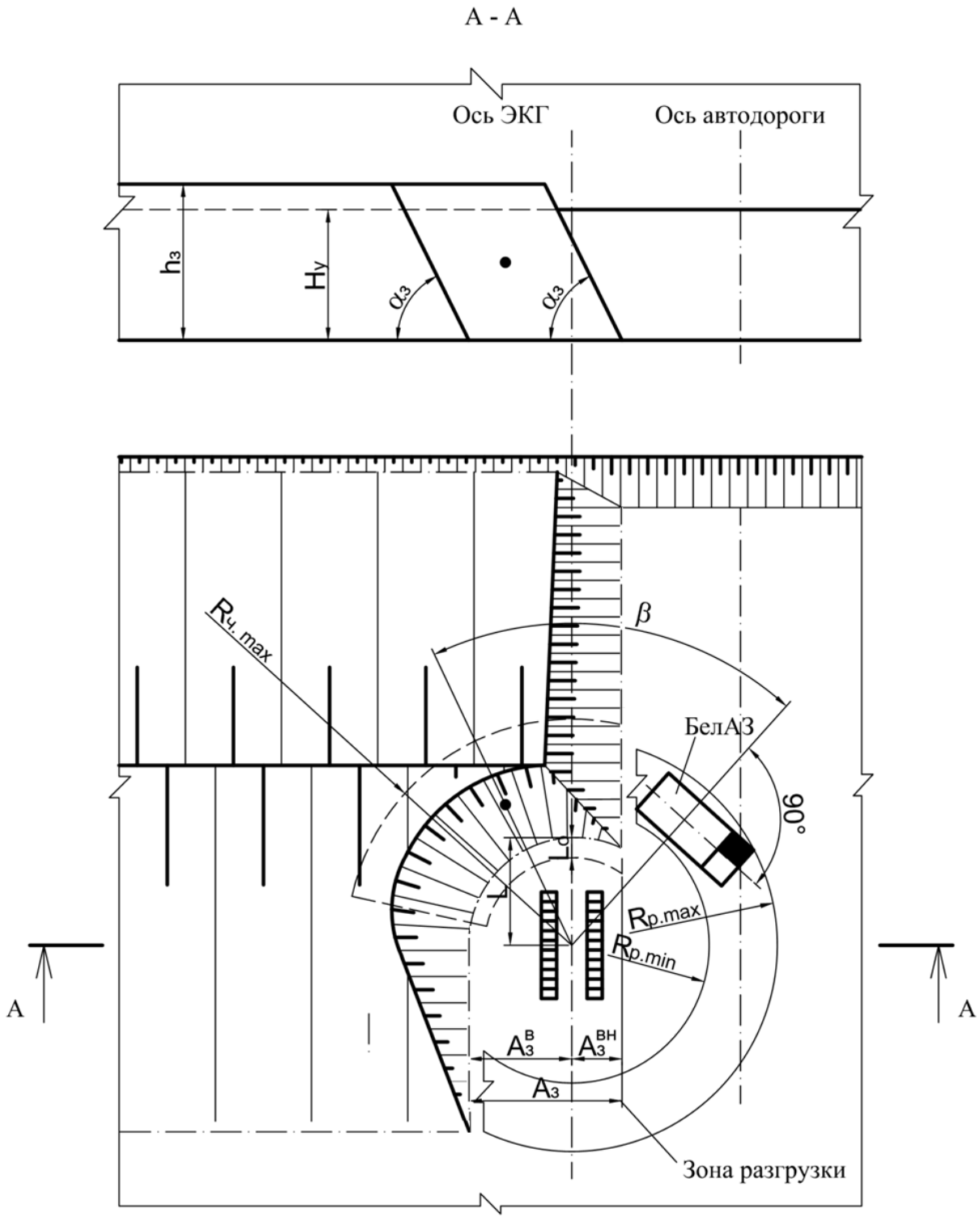


Рис. 2.5. Паспорт установки экскаватора в забое при разборке развала поперечными заходками

где $d_{\text{ср}}^{э}$ – диаметр среднего куска экскавируемой горной массы, м (табл. 2.6);

E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

– поворотов:

$$T_{\text{пов}} = (10 + E) + 0{,}18(\beta - 90°), \qquad (2.24)$$

где β – угол поворота экскаватора при разгрузке, град. Определяется графически (см. п. 2.3);

– разгрузки:

$$T_р = 2 \div 3{,}5 \text{ с (при изменении } E \text{ от 2,5 до 20 м}^3);$$

– цикла:

$$T_ц = T_ч + T_{пов} + T_р. \quad (2.25)$$

3.2. Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч:

$$Q_т = \frac{3600}{T_ц} E k_э, \quad (2.26)$$

где $T_ц$ – длительность цикла экскавации, с;

E – вместимость ковша экскаватора, м^3;

$k_э$ – коэффициент экскавации. Для взорванной горной массы

$$k_э \approx 0{,}9 + 0{,}007(E - 1) - 1{,}1(d^э_{ср} - 0{,}1), \quad (2.27)$$

где $d^э_{ср}$ – диаметр среднего куска экскавируемой горной массы, м.

3.3. Сменная эксплуатационная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смену:

$$Q_{см} = Q_т\, T_{см}\, k_и\ \ k_{нг}\, k_{сл}\,, \quad (2.28)$$

где $Q_т$ – техническая производительность экскаватора, м^3/ч;

$T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и = 0{,}75 \div 0{,}85$);

$k_{нг}$ – коэффициент , учитывающий влияние выхода негабарита на производительность экскаватора. При $\gamma_{нг} > 1{,}5$ %

$$k_{нг} \approx 1 - \frac{0{,}9\gamma_{нг}}{100}, \quad (2.29)$$

где $\gamma_{нг}$ – выход негабарита, %;

$k_{сл}$ – коэффициент, учитывающий сложность работ с забое.

При валовой выемке $k_{сл} = 1$, при раздельной (селективной) выемке с простой и сложной сортировкой $k_{сл} = 0{,}82 \div 0{,}85$.

3.4. Годовая производительность экскаватора $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_{см}\, N_{см}, \quad (2.30)$$

где $N_{см}$ – число рабочих смен экскаватора в году, $N_{см} = 675 \div 680$.

3.5. Рабочий парк экскаваторов

$$N_р = V_{см}\, / Q_{см}. \quad (2.31)$$

Списочный парк машин

$$N_с = V_г\, / Q_г. \quad (2.32)$$

4. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Примеры паспортов экскаваторных забоев при разборке развала продольными и поперечными заходками представлены на рис. 2.4 и 2.5. Паспорта составляются в стандартных масштабах с указанием числовых значений определяющих параметров.

5. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А3 или несколькими листами формата А4 и включает следующие чертежи:

1. Поперечный разрез развала горной массы, М 1:500. На чертеже показываются (см. рис. 2.1):

– высота уступа, ширина развала, ширина буровой заходки, максимальная высота развала, максимальная высота забоя, углы откосов во внешней части развала, во внутренней части забоя и в массиве;

– порядок разборки развала по высоте (на полную высоту, с понижением высоты развала, послойная разборка развала);

– при разборке развала продольными заходками указывается порядок отработки заходок, ширина заходки и положение оси экскаватора.

2. Порядок разработки развала (продольными или поперечными заходками), М 1:1000 (см. рис. 2.2).

3. Схема установки экскаватора в торце забоя, М 1:200, М 1:500 (см. рис. 2.3). На схеме указываются числовые значения определяющих параметров.

4. Паспорт установки экскаватора в забое (план и разрез), М 1:500. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 2.4, 2.5).

5. Две таблицы, включающие технические параметры оборудования и технологические параметры (табл. 2.7 и 2.8).

Таблица 2.7

Технические параметры оборудования

Параметр	Значения
Модель экскаватора	
Вместимость ковша E, м^3	
Радиус черпания на уровне стояния $R_{ч.у}$, м	
Максимальный радиус черпания $R_{ч.\,max}$, м	
Радиусы разгрузки, м:	
максимальный $R_{р.\,max}$	
минимальный $R_{р.\,min}$	
Максимальная высота, м:	
черпания $H_{ч.\,max}$	
разгрузки $H_{р.\,max}$	
Высота напорного вала $h_{н.в}$, м	
Ширина хода экскаватора $B_х$, м	
Длина хода экскаватора $L_х$, м	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность $G_а$, т	
Длина автосамосвала $L_а$, м	
Ширина автосамосвала $B_а$, м	

Таблица 2.8

Технологические параметры

Параметр	Значения
Высота уступа $H_у$, м	
Максимальная ширина развала $B_р$, м	
Максимальная высота развала $h_р^{max}$, м	
Максимальная высота забоя $h_з^{max}$, м	
Ширина экскаваторной заходки $A_з$, м	
Тип экскаваторных заходок	
Диаметр среднего экскавируемого куска $d_{ср}^э$, м	
Угол откоса развала:	
в торце забоя $\alpha_т$, град.	
во внешней части забоя $\alpha_{вн}$, град.	
во внутренней части забоя $\alpha_з$, град.	
Вид обрушения пород в забое	
Максимальная ширина развала при обрушении забоя $L_о$, м	
Ширина зоны установки автосамосвала Ш, м	
Угол поворота экскаватора при погрузке β, град.	
Длительность цикла экскавации $T_ц$, с	
Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч	
Сменная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смену	
Годовая производительность экскаватора $Q_г$, м^3/год	
Рабочий парк экскаваторов $N_р$	
Списочный парк машин $N_с$	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры механических лопат.
2. Как определяется и от каких факторов зависит относительный показатель трудности экскавации разрушенных пород?
3. Перечислите типы экскаваторных заходок и способы выемки и погрузки породы экскаваторами.
4. Чем отличается панель от заходки?
5. Типы обрушения пород в забое при экскавации мехлопатами. Какими факторами определяется тип обрушения?
6. Как определяется максимальная высота забоя и способ выемки развала по высоте мехлопатами?
7. Как определяется тип и ширина экскаваторной заходки?
8. Как определяются параметры установки экскаватора в забое?
9. Как определяется зона установки автосамосвала в забое?
10. Из каких элементов состоит рабочий цикл экскаватора?
11. Как определяется коэффициент экскавации и от каких факторов он зависит?
12. Как определяется техническая производительность экскаватора?
13. Как определяется эксплуатационная производительность экскаватора?

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЗАБОЕВ ДРАГЛАЙНОВ

Цель работы: освоить методику расчета параметров забоев шагающих экскаваторов-драглайнов при перевалке пород в выработанное пространство и производительности экскаваторов.

Задачи работы:

1. Обоснование параметров экскаваторного забоя и внутреннего отвала.
2. Расчет производительности экскаватора.
3. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 179-188; 2, с. 147-170; 3, с. 214-219] изучить технологические параметры экскаваторов-драглайнов, технологию выемки и перевалки пород в выработанное пространство, методику расчета производительности драглайнов.

Исходные условия

Общие условия:

- перевалка пород в выработанное пространство;
- режим работы экскаватора-драглайна с нижним черпанием: работа карьера 7 дней в неделю, 3 смены по 8 ч.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- модель экскаватора;
- относительный показатель трудности экскавации мягких пород $П_{э.м}$;
- коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$;
- коэффициент разрыхления пород $k_р$;
- угол откоса рабочего уступа α, град;
- устойчивый угол откоса рабочего уступа $\alpha_у$, град;
- угол откоса отвала β, град.

Основные параметры экскаватора, определяющие размеры забоя (табл. 3.2):

- вместимость ковша E, м^3;
- максимальная глубина черпания $H_{ч.\ max}$, м;
- радиус черпания (радиус разгрузки) $R_ч$ ($R_р$), м;
- максимальная высота разгрузки $H_{р.\ max}$, м;
- диаметр опорной базы D, м;
- размеры башмака ($l_б \times b_б$), м.

Порядок выполнения работы

1. Определяется высота вскрышного уступа $H_у$, м.

Максимальное значение высоты вскрышного уступа должно соответствовать следующим условиям:

Таблица 3.1

Исходные данные к практической работе № 4

Номер задания	Модель экскаватора	Относительный показатель трудности экскавации $П_{э.м}$	$k_н$	$k_р$	α, град	$α_у$, град	β, град
1	ЭШ-14.75	3	1,00	1,10	45	35	30
2	ЭШ-20.90	4	0,90	1,15	46	36	31
3	ЭШ-15.100	5	0,80	1,20	47	37	32
4	ЭШ-25.90	6	0,90	1,20	48	38	33
5	ЭШ-20.100	7	0,80	1,10	49	39	34
6	ЭШ-15.110	4	1,00	1,15	50	40	35
7	ЭШ-40.100	5	1,00	1,20	50	41	36
8	ЭШ-30.110	6	0,90	1,25	49	41	36
9	ЭШ-25.120	7	0,80	1,10	48	40	36
10	ЭШ-65.100	8	0,70	1,15	47	39	36
11	ЭШ-40.130	5	1,00	1,20	46	38	35
12	ЭШ-100.100	6	0,90	1,25	45	35	31
13	ЭШ-100.125	7	0,80	1,10	45	35	31
14	ЭШ-14.75	8	0,70	1,15	46	35	30
15	ЭШ-20.90	9	0,75	1,20	47	36	32
16	ЭШ-15.100	6	0,80	1,00	48	37	32
17	ЭШ-25.90	7	0,85	1,10	49	38	33
18	ЭШ-20.100	8	0,90	1,15	50	40	35
19	ЭШ-15.110	9	0,95	1,20	45	36	32
20	ЭШ-40.100	10	1,00	1,25	46	37	33
21	ЭШ-30.110	3	0,75	1,00	47	38	34
22	ЭШ-25.120	4	0,80	1,15	48	40	35
23	ЭШ-65.100	5	0,85	1,15	49	41	36
24	ЭШ-40.130	6	0,90	1,00	50	42	37
25	ЭШ-100.100	7	0,95	1,10	45	41	36
26	ЭШ-100.125	5	1,00	1,15	46	41	36
27	ЭШ-14.75	6	1,00	1,15	47	42	37
28	ЭШ-20.90	7	0,90	1,20	48	42	37
29	ЭШ-15.100	8	0,80	1,25	49	43	37
30	ЭШ-25.90	9	0,85	1,00	50	45	40

Таблица 3.2

Основные технологические параметры драглайнов

Параметры	Модель экскаватора												
	ЭШ-14.75	ЭШ-20.90	ЭШ-15.100	ЭШ-25.90	ЭШ-20.100	ЭШ-15.110	ЭШ-40.100	ЭШ-30.110	ЭШ-25.120	ЭШ-65.100	ЭШ-40.130	ЭШ-100.100	ЭШ-100.125
Вместимость ковша E, м^3	14	20	15	25	20	15	40	30	25	65	40	100	100
Длина стрелы L_c, м	75	90	100	90	100	110	100	110	120	100	130	100	125
Угол наклона стрелы α_c, град.	32	32	32	32	34	34	32	32	32	32	32	32	35
Максимальная глубина черпания $H_{ч.\,max}$, м	38	42,5	46	47	46	50	47	53	57	46	60	47	52
Радиус черпания (радиус разгрузки) $R_ч$ ($R_р$), м	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	99,0	94,8	103,3	117,7	97,6	123,0	97,0	118,0
Максимальная высота разгрузки $H_{р.\,max}$, м	30,6	38,5	45,0	37,5	45,0	52,0	40,0	46,2	52,4	38,5	56,0	43,0	56,0
Диаметр опорной базы D, м	10,8	14,5	14,5	15,3	15,3	15,3	18,0	18,0	18,0	23,5	23,5	27,0	27,0
Размеры башмака ($l_б \times b_б$), м	11,6×1,9	13×2,5	13×2,5	14×2,9	14×2,9	14× 2,9	17,2×3,96	17,2×3,96	17,2×3,96	18× 3,9	18× 3,9	22,5×4,74	22,5×4,74

$$\begin{cases} H_{\text{у}} \le H_{\text{ч.max}}; \\ H_{\text{у}} \le \dfrac{R_{\text{ч.max}} - 0{,}5L_{\text{х}}}{\text{ctg}\alpha_{\text{з}} + \left(\text{ctg}\alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\alpha\right)} \end{cases}, \quad (3.1)$$

где $H_{\text{ч. max}}$ – максимальная глубина черпания, м;

$R_{\text{ч. max}}$ – максимальный радиус черпания, м;

$$R_{\text{ч. max}} = (1{,}15 \div 1{,}20)\, R_{\text{ч}}; \quad (3.2)$$

$L_{\text{х}}$ – длина хода экскаватора, м;

$$L_{\text{х}} = D; \quad (3.3)$$

D – диаметр опорной базы экскаватора, м;

a – ширина призмы возможного обрушения, м;

α – угол откоса рабочего уступа, град;

$\alpha_{\text{у}}$ – устойчивый угол откоса уступа, град;

$\alpha_{\text{з}}$ – угол откоса забоя драглайна, град.

Угол откоса забоя изменяется от 25–30° (нижняя часть забоя) до 45-50° (верхняя часть забоя). Расчеты рекомендуется проводить по минимальному значению $\alpha_{\text{з}}$.

2. Определяется ширина призмы возможного обрушения a, м:

$$a = H_{\text{у}} (\text{ctg}\ \alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\ \alpha); \quad (3.4)$$

3. Определяется ширина экскаваторной заходки $A_{\text{з}}$, м:

$$A_{\text{з}} = R_{\text{ч max}} \sin \omega, \quad (3.5)$$

где ω – угол поворота драглайна от своей оси, град.

Рекомендуется принимать $\omega_{\text{о}} = 25 \div 45°$.

4. Производится проверка параметров забоя экскаватора по условию

$$R_{\text{р}} \ge A_{\text{з}} + l_{\text{о}} + c, \quad (3.6)$$

где $R_{\text{р}}$ – радиус разгрузки, м;

$l_{\text{о}}$ – горизонтальное проложение откоса отвала, м;

$$l_{\text{о}} = \sqrt{H_{\text{у}} A_{\text{з}} k_{\text{р}} \text{ctg}\beta}, \quad (3.7)$$

c – ширина свободной полосы между нижними бровками уступа и отвала, м; ($c = 4 \div 6$ м).

При несоблюдении условия (3.6) производится уменьшение ширины экскаваторной заходки и (или) высоты отрабатываемого уступа.

5. Рассчитывается высота внутреннего отвала $H_{\text{о}}$, м:

$$H_{\text{о}} = \sqrt{H_{\text{у}} A_{\text{з}} k_{\text{р}} \text{tg}\beta}. \quad (3.8)$$

Производится проверка:

$$H_{\text{о}} \le H_{\text{р.max}}\ . \quad (3.9)$$

6. Рассчитывается техническая производительность драглайна $Q_{\text{т}}$, м^3/ч:

$$Q_{\text{т}} = \frac{3600 E k_{\text{н}}}{T_{\text{ц}} k_{\text{р}}}, \quad (3.10)$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла экскавации, с;

$$T_{ц} = t_{ч} + t_{пр} + \Delta t\ , \qquad (3.11)$$

где $t_{ч}$ – продолжительность черпания, с;

$t_{пр}$ – продолжительность поворотов, с;

Δt – поправка на несовмещенность поворота с разгрузкой, с (Δt = 1,5÷2,5 с).

$$t_{ч} = t_{ч.п}\frac{П_{э.д}}{П_{э.п}}, \qquad (3.12)$$

где $t_{ч.п}$ – паспортная продолжительность черпания, с (табл. 3.3);

$П_{э.п}$ – паспортный показатель трудности экскавации пород драглайнами (см. табл. 3.3);

$П_{э.д}$ – действительный показатель трудности экскавации пород драглайном;

$$П_{э.д} = П_{э.м}\, k_{в} k_{тр}\ , \qquad (3.13)$$

где $П_{э.м}$ – относительный показатель трудности экскавации пород (см. табл. 3.3);

$k_{тр}$ – коэффициент влияния типоразмера драглайна (см. табл. 3.3);

$k_{в}$ – коэффициент, учитывающий вид выемочного оборудования (табл. 3.4).

Таблица 3.3

Показатели, характеризующие паспортную производительность драглайнов

Показатели	Вместимость ковша экскаватора E, м^3			
	4–6	10–15	20–30	50–100
Продолжительность черпания $t_{ч.п}$, с	15–18	18	20	20
Продолжительность поворота (угол поворота 135°) $t_{пр.п}$, с	30–42	42	45	45
Паспортный показатель трудности экскавации пород $П_{э.п}$	3,0–3,5	4,0–4,5	4,8–5,2	5,5–6,0
Коэффициент влияния типоразмера драглайна $k_{тр}$	1,0	0,90–0,95	0,75–0,85	0,60–0,70

Таблица 3.4

Значения коэффициента $k_{в}$, учитывающего вид выемочного оборудования

Выемочное оборудование	$k_{в}$ при значениях $П_{э.м}$			
	до 3	3–5	6–10	11–15
Драглайн	1,00	1,10	1,15	1,25

Продолжительность поворотов $t_{пр}$, с:

$$t_{пр} = \frac{2t_{пр.п}\,\varphi}{135}, \qquad (3.14)$$

где $t_{пр.п}$ – паспортная продолжительность поворота, с (см. табл. 3.3);

φ – средний угол поворота экскаватора от центра забоя до места разгрузки, град. (определяется графически по паспорту забоя).

7. Сменная производительность $Q_{см}$, м^3/смену:

$$Q_{см} = Q_{т}\, T_{см}\, k_{и}\ , \qquad (3.15)$$

где $T_{см}$ = 8 ч – продолжительность смены, ч;

$k_{и}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{и}$ = 0,80÷0,85).

8. Суточная производительность $Q_{сут}$, м^3/сутки:

$$Q_{сут} = Q_{см}\, n_{см}\,, \qquad (3.16)$$

где $n_{см}$ – количество смен работы в сутки ($n_{см} = 3$).

9. Годовая производительность $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_{сут}\, N_г\,, \qquad (3.17)$$

где $N_г$ – количество дней работы экскаватора в году ($N_г = 240 \div 260$ дней).

10. Составление паспорта экскаваторного забоя.

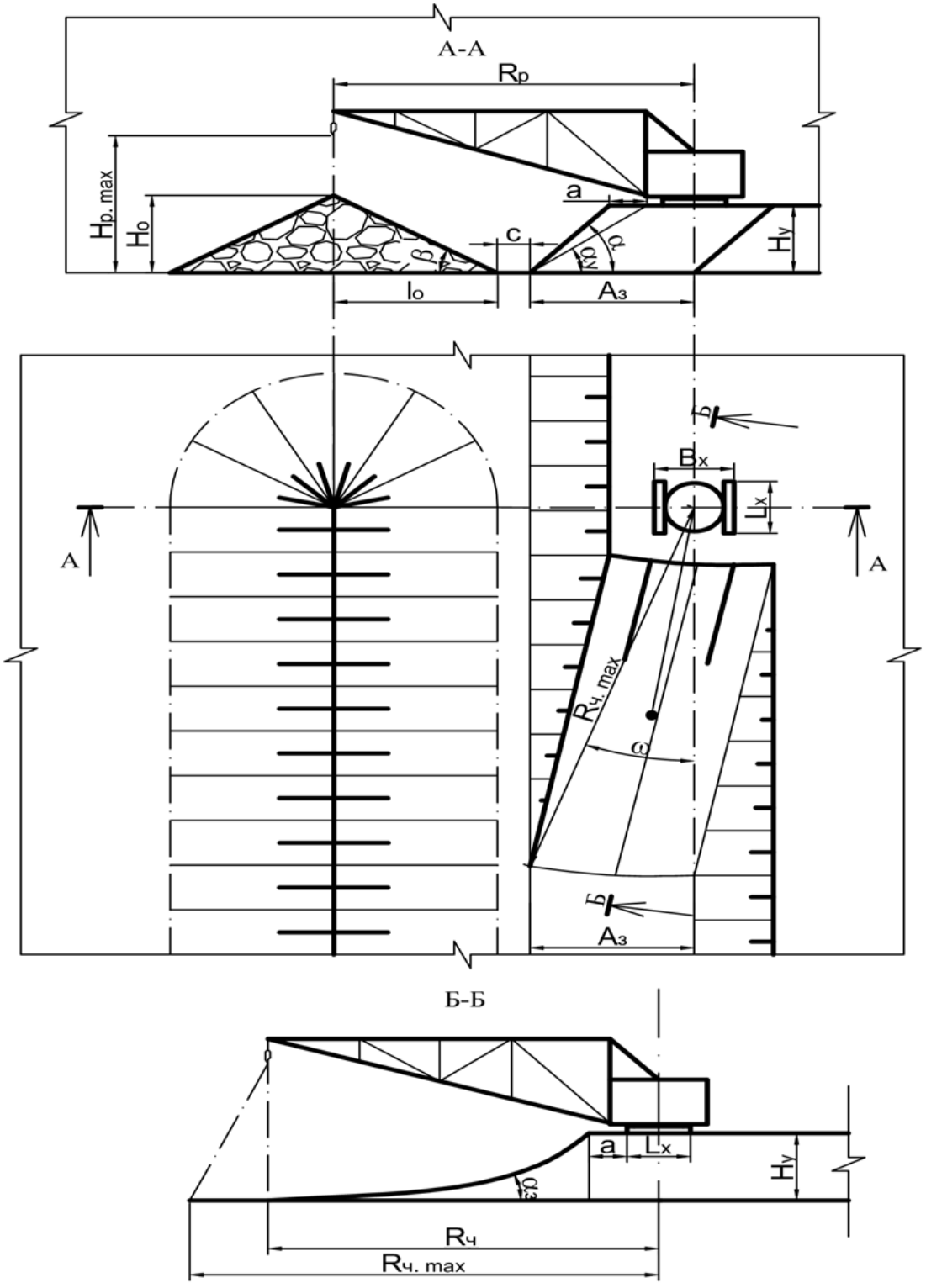


Рис. 3.1. Паспорт забоя драглайна

Пример паспорта забоя драглайна представлен на рис. 3.1. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров.

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А4 и включает:

1. Паспорт забоя драглайна. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 3.1). Паспорт выполняется в стандартном масштабе и включает два разреза: по А–А и Б–Б.

2. Таблицу, включающую исходные условия и технологические параметры экскавации (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Технологические параметры экскавации

Показатель	Значения
Исходные условия	
Относительный показатель трудности экскавации пород $П_{э.м}$	
Коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$	
Коэффициент разрыхления пород $k_р$	
Угол откоса рабочего уступа α, град	
Устойчивый угол откоса уступа $α_у$, град	
Угол откоса отвала β, град	
Модель экскаватора	
Вместимость ковша E, м^3	
Радиус черпания (разгрузки) ($R_ч$) ($R_р$), м	
Максимальная глубина черпания $H_{ч.max}$, м	
Максимальная высота разгрузки $H_{р.max}$, м	
Диаметр опорной базы D, м	
Размеры башмака ($l_б \times b_б$), м	
Расчетные показатели	
Высота уступа $H_у$, м	
Угол поворота экскаватора от своей оси ω, град	
Максимальный радиус черпания $H_{ч.max}$, м	
Ширина призмы возможного обрушения a, м	
Ширина экскаваторной заходки $A_з$, м	
Фактический радиус разгрузки $R_р$, м	
Высота отвала $H_о$, м	
Средний угол поворота экскаватора от центра забоя и места разгрузки φ, град	
Продолжительность цикла экскавации $T_ц$, с	
Техническая производительность драглайна $Q_т$, м^3/ч	
Сменная производительность драглайна $Q_{см}$, м^3/смену	
Годовая производительность $Q_г$, тыс. м^3/год	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры экскаваторов-драглайнов.
2. Какие технологические схемы драглайнов используются при разработке горных пород?
3. Как определяется максимальная высота уступа при работе драглайна на перевалке пород в выработанное пространство?
4. Как определяется ширина экскаваторной заходки при работе драглайна на перевалке пород в выработанное пространство?
5. Как рассчитывается высота внутреннего отвала при работе драглайна?
6. Из каких элементов состоит рабочий цикл экскаватора-драглайна при перевалке пород в выработанное пространство? (при погрузке в средства транспорта?).
7. Как определяется действительный показатель трудности экскавации пород драглайном?
8. Как определяется техническая производительность драглайна?
9. Как определяются сменная, суточная и годовая производительности драглайна?

Практическая работа № 4

ВЫЕМКА ГОРНЫХ ПОРОД СКРЕПЕРАМИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров скреперования, производительности и парка скреперов при выемке и перемещении горных пород на карьерах.

Задачи работы:

1. Расчет объема скреперных работ и выбор модели скрепера или скреперного комплекса, включающего тягач со скрепером и трактор-толкач.
2. Расчет параметров скреперования (параметров скреперного забоя и отвала).
3. Расчет составляющих рабочего цикла скрепера.
4. Расчет производительности скрепера (скреперного комплекса), парка скреперов и вспомогательных машин (толкачей).

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 130-137; 2, с. 229-236; 6, с. 31-35; 7, с. 5-80] изучить технологические параметры скреперов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, технологические схемы выемки пород скреперами, методику расчета производительности скреперов.

Исходные условия

Общие условия:

- скрепером производится выемка с поверхности при транспортировании пород во внешние отвалы, располагаемые на бортах выработки;
- выемка производится наклонными слоями сверху вниз.

В соответствии с вариантом (табл. 4.1) задаются:

- размеры выработки по поверхности, м ($H \times B \times L$);
- угол откоса бортов выработки α, град;
- тип и категория грунта по трудности разработки;
- плотность грунта γ, т/м^3;
- расстояние транспортирования $L_т$, км;
- срок отработки карьера T, лет.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитывается объем скреперных работ V, м^3:

$$V = H(L - H\mathrm{ctg}\alpha)(B - H\mathrm{ctg}\alpha), \qquad (4.1)$$

где H – глубина скреперной выработки, м;

L – длина выработки по поверхности, м;

B – ширина выработки по поверхности, м;

α – угол откоса борта выработки, град.

2. Рассчитывается годовой объем скреперных работ $V_Г$, м^3:

$$V_Г = V / T, \qquad (4.2)$$

где T – срок выполнения работ, лет.

Таблица 4.1

Исходные данные к практической работе № 4

Номер задания	Размер выработки, м (H×B×L)	Угол откоса бортов выработки α, град	Характеристика грунта			Расстояние транспортирования l, км	Режим скреперных работ (сутки× смены×часы)	Срок выполнения работы T, лет
			тип грунта	категория по трудности разработки	плотность γ, т/м³			
1	10×350×500	45	Песок	I	1,2	0,5	180 х 2 х 8	1
2	10×350×600	45	– // –	I	1,4	1,2	180 х 2 х 8	2
3	20×200×800	45	– // –	I	1,5	1,8	180 х 2 х 8	2
4	20×400×800	45	– // –	I	1,5	1,5	180 х 3 х 8	2
5	10×350×1000	45	– // –	I	1,7	1,6	180 х 3 х 8	2,5
6	12×300×600	50	Суглинок	II	1,7	1,0	180 х 2 х 8	2
7	15×200×1000	50	– // –	II	1,8	2,0	180 х 2 х 8	2,5
8	15×300×800	50	– // –	II	1,9	1,5	180 х 3 х 8	2
9	12×200×800	50	– // –	II	1,9	1,8	180 х 2 х 8	1,5
10	10×100×400	50	– // –	II	1,8	1,5	180 х 1 х 8	1,0
11	10×200×500	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 х 1 х 8	1,5
12	12×200×800	55	То же	IV	1,9	1,5	250 х 2 х 8	1,0
13	18×300×700	55	– // –	IV	2,0	2,0	250 х 2 х 8	2
14	20×200×800	55	– // –	IV	1,8	1,5	250 х 2 х 8	3
15	10×300×500	50	Суглинок	II	1,8	1,0	180 х 2 х 8	1
16	15×200×700	50	Глина	III	1,9	2,5	180 х 3 х 8	1,5
17	15×400×900	60	Разрыхление полускал.	IV	2,1	0,8	250 х 3 х 8	2
18	12×150×500	60	То же	IV	2,2	1,5	250 х 1 х 8	1,5
19	12×400×800	60	– // –	IV	2,2	2,0	250 х 2 х 8	2
20	20×300×900	60	– // –	IV	2,1	1,0	250 х 3 х 8	3
21	15×200×500	60	Глина	III	1,9	2,5	250 х 2 х 8	1,5
22	10×300×600	60	Суглинок плотный	III	1,8	1,8	250 х 3 х 8	1
23	15×250×750	60	Глина	III	1,8	3,0	250 х 3 х 8	1,5
24	20×450×800	45	Песок	I	1,5	1,5	180 х 2 х 8	2
25	10×500×500	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 х 1 х 8	1,5
26	12×150×500	45	Песок	I	1,2	0,5	180 х 2 х 8	1
27	12×200×800	55	Разрыхление полускал.	IV	1,9	2,0	250 х 1 х 8	1,5
28	20×200×800	50	Суглинок плотный	III	1,9	2,5	180 х 3 х 8	1,5
29	20×300×900	45	Песок	I	1,5	1,5	180 х 3 х 8	2
30	15×200×1000	60	Разрыхление полускал.	IV	2,	1,5	250 х 1 х 8	1,5

3. Рассчитывается сменный объем скреперных работ $V_{\text{см}}$, м³:

$$V_{\text{см}} = \frac{V_{\text{г}}}{N_{\text{д}} N_{\text{см}}}, \tag{4.3}$$

где $N_{\text{д}}$ – число рабочих дней (суток) в году (см. табл. 4.1);

$N_{\text{см}}$ – число рабочих смен в сутки (см. табл. 4.1).

4. Производится выбор модели скрепера или скреперного комплекса, рассчитывается фактическая грузоподъемность выбранного скрепера.

4.1. Необходимая (требуемая**)** вместимость ковша скрепера ($E_т$, м³) определяется по эмпирической формуле, учитывающей годовой объем скреперных работ в тыс. т и расстояние транспортирования [6]:

$$E_т = 8{,}43 + 4{,}96 \cdot 10^{-3} Q_г + 1{,}93 L_т, \quad (4.4)$$

где $Q_г$ – годовой объем скреперных работ, тыс. т;

$$Q_г = V_г \gamma \cdot 10^{-3}, \quad (4.5)$$

где γ – плотность пород (см. табл. 4.1), т/ м³;

$L_т$ – расстояние транспортирования, км (см. табл. 4.1).

4.2. По величине $E_т$ в табл. 4.2 выбирается соответствующая модель скрепера с ковшом геометрической вместимости $E \geq E_т$.

4.3. Если разрабатываемый грунт представлен породами I или II категорий по трудности разработки и геометрическая вместимость ковша скрепера меньше 21 м³ или породами III категории и геометрическая вместимость ковша меньше 16 м³, то разработка ведется одиночным самоходным скрепером. Переходим к пункту 4.4.

Если грунт представлен породами I или II категорий и геометрическая вместимость ковша скрепера больше или равна 21 м³, породами III категории и геометрическая вместимость ковша больше или равна 16 м³ или породами IV категории по трудности разработки, то по табл. 4.3 выбирается мощность трактора-толкача, затем по выбранной мощности трактора-толкача принимается конкретная модель и параметры последнего (табл. 4.4).

Количество толкачей на один скрепер ($n_т$) определяется по формуле

$$n_т = \frac{N_т^т}{N_т^п}, \quad (4.6)$$

где $N_т^т$ – рекомендуемая мощность тракторов-толкачей, кВт (см. табл. 4.3);

$N_т^п$ – принятая мощность трактора-толкача, кВт (см. табл. 4.4).

Полученное по формуле (4.6) значение округляется до большего целого, если $N_т^т > N_т^п$ на 10 % и более. В противном случае округление выполняется до меньшего целого.

Таблица 4.2

Технические характеристики самоходных скреперов

Параметры	Д-357П	ДЗ-32	ДЗ-13Б	ДЗ-115	ДЗ-67	ДЗ-107-1	СС-38 (перспективная мо-
Геометрическая вместимость ковша E, м^3	9,0	10	16,2	16,2	25	25	38
Грузоподъемность G, т	16,4	16,0	30	30	50	50,4	80
Ширина резания $B_р$, м	2,82	2,9	3,41	3,02	3,6	3,8	4,0
Максимальное заглубление $h_{загл}$, м	0,15	0,3	0,3	0,35	0,25	0,4	0.4
Максимальная толщина отсыпки $h_{отс}$, м	0,4	0,5	0,5	0,50	0,55	0,60	0.6
Базовый тягач	МоАЗ-546П	МоАЗ-546	БелАЗ-7422	БелАЗ-531Б	Спец. шасси		
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	158	158	265	2×256	400	2×405	2×538
Максимальная скорость движения v_{max}, км/ч	40	40	40	40	45	50	50

Таблица 4.3

Рациональное сочетание вместимости ковша скрепера и мощности толкача

Геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3	Количество и мощность (кВт) толкачей при категории грунтов по трудности разработки		
	I–II	III	IV
10	–	–	1 × 306
16	–	1×306	1 ×410
21 – 25	1×306	1×410	1×522
30 и более	2×306; 1×574	(2÷3)×306; (1÷2)×574	3×306; 2×574

Таблица 4.4

Параметры тракторов-толкачей

Показатели	Модель трактора			
	Т-180	ДЭТ-250	ДЭТ-320	Т-800
Мощность двигателя $N_{дв}$, кВт	133	237	258	611

4.4. Определяется расчетная грузовместимость ковша выбранного скрепера $E_р$, м^3:

$$E_р = E\frac{k_н}{k_р}, \quad (4.7)$$

где E – геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3 (см. табл. 4.2);

$k_н$ – коэффициент наполнения ковша;

$k_р$ – коэффициенты разрыхления породы в ковше скрепера (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Значения коэффициентов наполнения ковша ($k_н$) и коэффициентов разрыхления породы в ковше ($k_р$) при различной геометрической вместимости ковша скрепера

Геометрическая вместимость ковша скрепера E, м^3	Значения коэффициентов	Тип грунта		
		песок	суглинки, глина	разрыхленные полускальные породы
6 – 10	$k_н$	0,95	1,00	1,00
	$k_р$	1,15	1,20	1,50
10 – 15 и более	$k_н$	1,00	1,15	1,15
	$k_р$	1,10	1,10	1,40

4.5. Определяется расчетная грузоподъемность скрепера ($G_р$, т) с учетом величины расчетной грузовместимости:

$$G_р = E_р\gamma, \quad (4.8)$$

где γ – плотность пород, т/м^3.

4.6. Фактическая грузоподъемность скрепера ($G_ф$, т) не должна превышать паспортную грузоподъемность (G), приведенную в табл. 4.2. Если $G_ф \le G$, то за фактическую грузоподъемность принимается расчетная грузоподъемность $G_ф = G_р$, а фактическая вместимость ковша $E_ф = E_р$. Если $G_р > G$, то за фактическую грузоподъемность принимается паспортная грузоподъемность $G_ф = G$, а фактическая вместимость ковша рассчитывается по формуле

$$E_ф = E/\gamma, \quad (4.9)$$

где E – паспортная геометрическая вместимость ковша скрепера, м^3.

5. Рассчитываются параметры технологии скреперования.

5.1. Определяются параметры скреперных забоев и уступов.

5.1.1. Длина скреперного забоя (минимальный путь резания) определяется из условия заполнения ковша скрепера на пути набора грунта. При отработке наклонного забоя на спуск минимальный путь резания (l_{min}, м) определяется по формуле

$$l_{\min} = \frac{E_{\text{ф}} k_{\text{п}}}{b_{\text{с}} \delta_{\text{с}} k_{\text{нс}}}, \qquad (4.10)$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактическая вместимость ковша скрепера, м^3;

$b_{\text{с}}$ – ширина срезаемой ковшом стружки, м (принимается равной ширине резания $b_{\text{с}} = B_{\text{р}}$), (см. табл. 4.2);

$\delta_{\text{с}}$ – толщина стружки, м (принимается по табл. 4.6 с учетом максимальной величины заглубления $b_{\text{с}} \le h_{\text{загл}}$);

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери породы ($k_{\text{п}} = 1{,}15 \div 1{,}20$);

$k_{\text{нс}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность толщины стружки ($k_{\text{нс}} = 0{,}70 \div 0{,}75$).

Практически во избежание задержек в работе скреперного комплекса длину забоя рекомендуется принимать не менее двукратного минимального пути резания. По длине забоя стружка может убираться в 2, 3 или 4 приема. Тогда фактическая длина забоя $l_{\text{з}}$, м:

$$l_{\text{з}} = n_{\text{пр}} l_{\min}, \qquad (4.11)$$

где $n_{\text{пр}}$ – количество приемов.

Таблица 4.6

Рекомендуемая толщина стружки ($\delta_{\text{с}}$, м) при работе скреперов в разных условиях

Геометрическая вместимость ковша скрепера E, м^3	Тип грунта		
	песок	суглинок	глина, разрыхленные полускальные породы
10	0,30*/–	0,18/–	0,14/–
15	0,35/–	0,21/0,30	0,16/0,22
> 15	0,35/0,40	0,23/0,32	0,18/0,24

* В числителе – без толкача, в знаменателе – с толкачом.

5.1.2. Расчетная высота рабочего уступа $h_{\text{у}}$, м:

$$h_{\text{у}} = l_{\text{з}} \sin \alpha_{\text{з}}, \qquad (4.12)$$

где $\alpha_{\text{з}}$ – угол откоса забоя скрепера (табл. 4.7).

Таблица 4.7

Уклоны участков трассы работы скрепера, град

Уклон забоя скрепера при движении под уклон $\alpha_{\text{з}}$			Уклон участка транспортирования $\alpha_{\text{т}}$				Уклон участка разгрузки $\alpha_{\text{р}}$
			порожнего		груженого		
песок, суглинки	глина	разрыхленные полускальные породы	подъем	спуск	подъем	спуск	
5–6	6–8	10–12	9–10	14–17	7–9	11–14	14–15

5.1.3. Фактическая высота уступа ($h'_{\text{у}}$) принимается такой, чтобы количество уступов в выработке было целым числом при высоте уступа меньше расчётной. Фактический угол откоса забоя $\alpha'_{\text{з}}$, град:

$$\alpha'_{\text{з}} = \arcsin\frac{h'_{\text{у}}}{l_{\text{з}}} \le \alpha_{\text{з}}, \tag{4.13}$$

где $\alpha_{\text{з}}$ – максимальное значение угла забоя скрепера, град (табл. 4.7).

5.1.4. Ширина полосы скреперования ($B_{\text{с}}$, м) зависит от применяемого оборудования, схемы выемки грунта и очередности производства работ. Для наиболее полного заполнения ковша оптимальной считается гребенчатая схема выемки. При этом между смежными проходами скрепера оставляются целики – гребни шириной от 0,5 до 1,5 м и высотой, равной толщине срезаемой стружки. Впоследствии гребни срабатываются грейдером, для эффективной работы которого необходимо минимум два смежных прохода скрепера по полосе скреперования:

$$B_{\text{с}} = n(b_{\text{с}} + b_{\text{г}}), \tag{4.14}$$

где $b_{\text{с}}$ – ширина срезаемой стружки (ширина прохода скрепера), м;

$b_{\text{г}}$ – ширина гребня между смежными проходами скрепера (0,5–1,5 м);

n – число смежных проходов скрепера (n = 2÷4).

5.2. Определяется ширина рабочей площадки ($B_{\text{р.п}}$, м). Рабочая площадка состоит из нескольких взаимозаменяемых полос: полосы рыхления ($B_{\text{р}}$), если разрабатываются породы III и IV категорий по трудности разработки, полосы скреперования ($B_{\text{с}}$) и транспортной полосы (T), если выезд и въезд в разрабатываемую выработку предусмотрен через рабочую площадку. При этом $B_{\text{р}} = B_{\text{с}} = T$.

$$B_{\text{р.п}} = B_{\text{т}} + B_{\text{с}} + T. \tag{4.15}$$

6. Рассчитываются параметры отсыпки отвалов.

6.1. Толщина отсыпки $\delta_{\text{о}}$, м:

$$\delta_{\text{о}} = \frac{E_{\text{ф}}}{b_{\text{с}} t_{\text{р}} v_{\text{р}}}, \tag{4.16}$$

где $E_{\text{ф}}$ – фактическая вместимость ковша скрепера, м^3;

$b_{\text{с}}$ –ширина срезаемой ковшом стружки, м;

$v_{\text{р}}$ – скорость движения скрепера, м/мин (табл. 4.8);

$t_{\text{р}}$ – длительность разгрузки скрепера, мин ($t_{\text{р}}$ = 0,25÷0,30 мин).

Расчетное значение толщины отсыпки не должно превышать максимального значения, приведенного в технической характеристике (см. табл. 4.2): $\delta_{\text{о}} \le h_{\text{отс.}}$

6.2. Длина участка разгрузки $l_{\text{р}}$, м:

$$l_{\text{р}} = \frac{E_{\text{ф}}}{\delta_{\text{о}} b_{\text{с}}}. \tag{4.17}$$

6.3. Высота отсыпаемого отвального уступа (яруса) $h_{\text{я}}$, м:

$$h_{\text{я}} = l_{\text{р}} \sin\alpha_{\text{р}}, \tag{4.18}$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – угол наклона площадки разгрузки, град. (см. табл. 4.7).

6.4. Высота скреперного отвала ($H_о$, м) принимается в пределах $H_о$ = 8÷12 м.

6.5. Количество ярусов (слоев) отвала

$$n_я = H_о / h_я . \quad (4.19)$$

6.6. Длину отвала ($L_о$, м) принимаем равной длине скреперной выработки $L_о = L$.

6.7. Ширина отвала ($B_о$, м) определяется по формуле

$$B_о = \frac{V}{H_о L_о k_{р.о}}, \quad (4.20)$$

где V – объем скреперных работ, м^3;

$k_{р.о}$ – коэффициент разрыхления пород в отвале ($k_{р.о}$ = 1,10 ÷ 1,15).

7. Рассчитывается длительность рабочего цикла скрепера $T_ц$, мин:

$$T_ц = t_з + t_д^г + t_д^п + t_р + t_м, \quad (4.21)$$

где $t_з$ – продолжительность загрузки ковша скрепера, мин;

$t_д^г$, $t_д^п$ – соответственно время движения груженого и порожнего скрепера, мин;

$t_р$ – длительность разгрузки, мин;

$t_м$ – продолжительность маневровых, вспомогательных и планировочных операций, мин.

7.1. Продолжительность загрузки ковша скрепера:

$$t_з = l_{min} / v_з , \quad (4.22)$$

где l_{min} – минимальный путь резания, м;

$v_з$ – скорость движения скрепера при резании стружки, м/мин (табл. 4.8).

Таблица 4.8

Скорости движения скрепера в рабочем цикле, м/мин

Загрузка скрепера (резание) $v_з$	Разгрузка $v_р$	Движение с грузом $v_г$	Движение порожняком $v_п$
30–50	48–72	(0,4–0,5)v_{max}	(0,6–0,7)v_{max}

Примечание. v_{max} – максимальная скорость движения скрепера, м/мин (см. табл. 4.2).

7.2. Время движения груженого и порожнего скрепера определяется по формулам:

$$t_д^г = L_т / v_г ; \qquad t_д^п = L_т / v_п , \quad (4.23)$$

где $L_т$ – расстояние транспортирования, м;

$v_г$, $v_п$ – соответственно скорость движения груженого и порожнего скреперов, м/мин (см. табл. 4.8).

7.3. Длительность разгрузки $t_р$, мин:

$$t_р = \frac{l_р}{v_р} k_{раз}, \quad (4.24)$$

где $v_р$ – скорость движения скрепера при разгрузке, м/мин (см. табл. 4.8);

$k_{раз}$ – коэффициент, учитывающий время на разравнивание разгруженной породы (при разгрузке под уклон $k_{раз}$ = 1,8÷2,0).

7.4. Продолжительность маневровых, вспомогательных и планировочных операций зависит от схемы движения и дальности транспортирования. Принимается $t_м$ = 1,5÷3,0 мин.

8. Рассчитывается сменная производительность и парк скреперов.

8.1. Сменная производительность скрепера $Q_{см}$, м^3/ смену:

$$Q_{см} = \frac{60 T_{см} E_ф k_и}{T_ц}, \quad (4.25)$$

где $T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч;

$k_и$ – коэффициент использования сменного времени. При одно– и двухсменном режиме $k_и$ = 0,80÷0,85; при трехсменном режиме $k_и$ = 0,70÷0,75.

8.2. Рабочий парк скреперов $N_р$, шт.:

$$N_р = \frac{V_{см}}{Q_{см}}, \quad (4.26)$$

где $V_{см}$ – сменный объем скреперных работ, м^3.

Списочный парк скреперов $N_с$, шт.:

$$N_с = \frac{N_р}{k_{т.г}}, \quad (4.27)$$

где $k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности ($k_{т.г}$ = 0,65÷0,70).

8.3. Количество тракторов-толкачей при работе скреперов по породам, требующим их применения, рассчитывается по формуле

$$N_т = \frac{N_с T_ц^т}{T_ц}, \quad (4.28)$$

где $T_ц$ – длительность рабочего цикла скрепера, мин;

$T_ц^т$ – длительность цикла трактора-толкача, мин.

Длительность цикла трактора-толкача рассчитывается по формуле

$$T_ц^т \approx 1{,}4 t_з + 0{,}3, \quad (4.29)$$

где $t_з$ – продолжительность загрузки скрепера, мин.

Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним-двумя листами формата А3 (А4) и содержит следующие элементы: паспорт участка скреперования, включающий схему движения скрепера, план рабочей площадки с сечением (рис. 4.1, 4.2). Изображается отработка первого (верхнего) уступа скреперной выемки и отсыпка первого яруса скреперного отвала. Угол откоса отвального яруса принимается $\alpha_о \approx (0{,}70÷0{,}75)\alpha$, где α – угол откоса борта скреперной выемки, град. Ширина транспортного заезда на отвал принимается $B_т \approx (1{,}5÷2{,}0) b_с$, где $b_с$ – ширина прохода скрепера, м. Чертежи выполняются в стандартных масштабах.

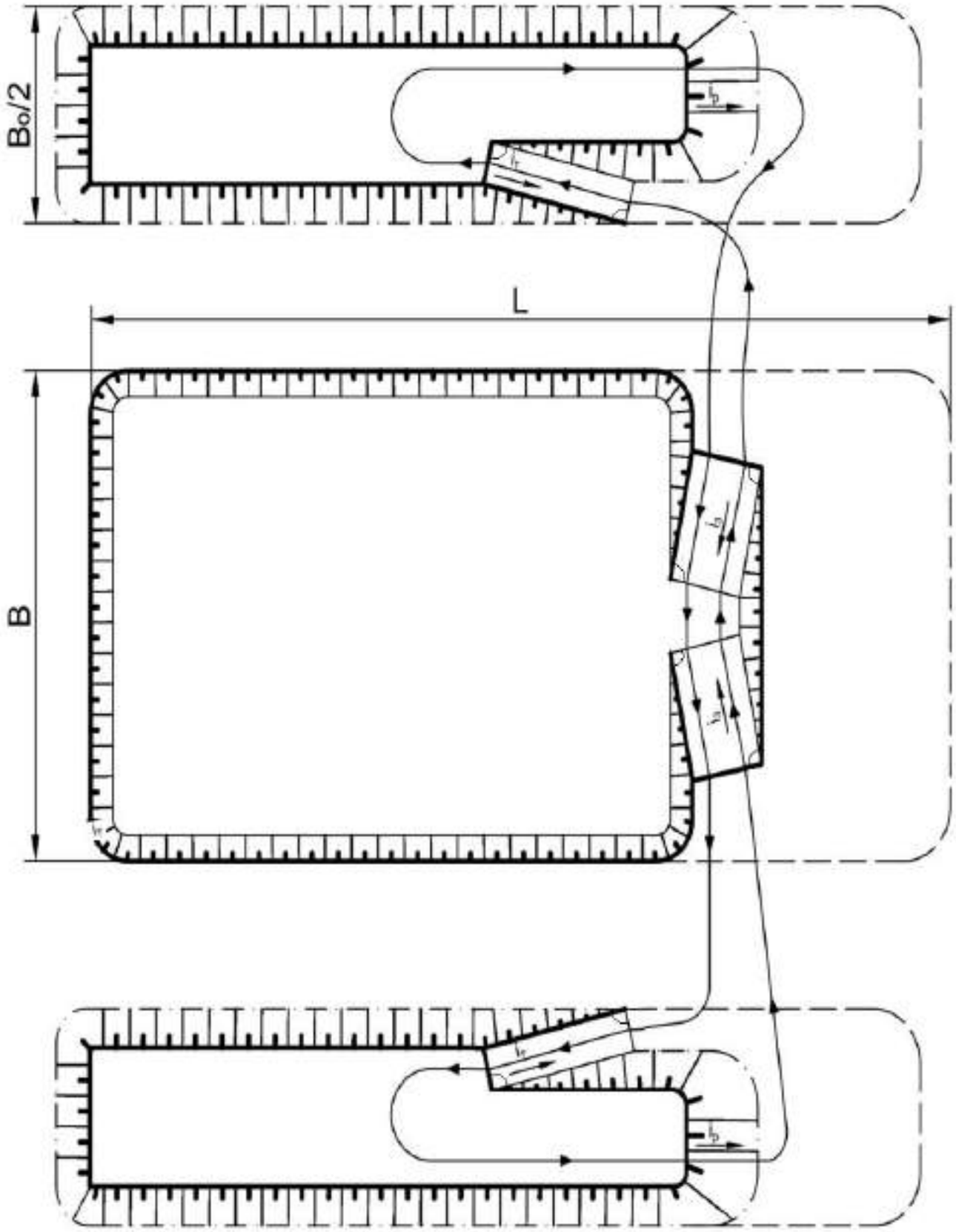


Рис. 4.1. Паспорт участка скреперования

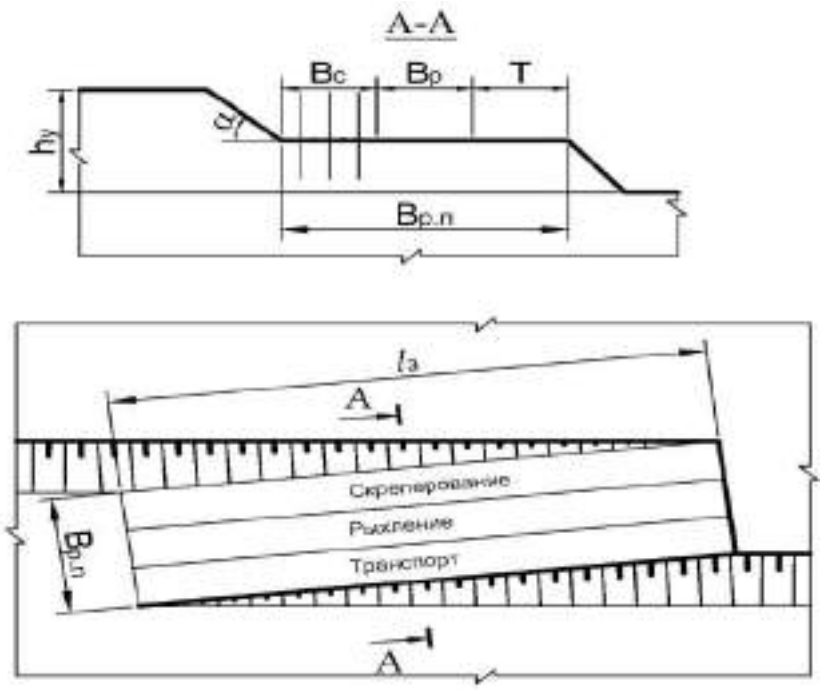


Рис. 4.2. План рабочей площадки

Технологические параметры выемки горных пород скреперами заносятся в таблицу (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Технологические параметры выемки горных пород скреперами

Показатели	Значения
1	2
Исходные условия	
Тип разрабатываемого грунта	
Категория по трудности разработки	
Плотность пород γ, т/м^3	
Размеры скреперной выработки, м:	
глубина H	
ширина B	
длина L	
Расстояние транспортирования $L_т$, км	
Срок выполнения работ T, лет	
Расчетные показатели	
Объем скреперных работ, м^3:	
годовой $V_г$	
сменный $V_{см}$	
Модель скрепера	
Расчетная вместимость ковша $E_р$, м^3	
Ширина стружки $b_с$, м	
Толщина стружки $\delta_с$, м	
Длина скреперного забоя, м:	
минимальная l_{min}	
фактическая $l_з$	

Окончание табл. 4.9

2	2
Высота рабочего уступа, м:	
расчетная $h_у$	
фактическая h'_y	
Количество рабочих уступов в выработке $n_у$	
Фактический угол откоса забоя $\alpha'_з$, град.	
Ширина полосы скреперования $B_с$, м	
Ширина рабочей площадки $B_{р.п}$, м	
Толщина отсыпки $\delta_о$, м	
Высота отвального яруса $h_я$, м	
Длительность рабочего цикла скрепера $T_ц$, мин	
Производительность скрепера $Q_{см}$, м^3/смену	
Рабочий парк скреперов $N_р$, шт.	
Списочный парк, шт.: скреперов $N_с$	
тракторов-толкачей $N_т$	

Контрольные вопросы

1. Назовите область рационального применения скреперов и работы, выполняемые скреперными комплексами.
2. Перечислите достоинства и недостатки скреперной технологии горных работ.
3. Назовите основные технологические параметры скреперов, применяемых на открытых горных работах.
4. Как классифицируются скреперы по способу соединения скреперного оборудования с тягачом? По способу загрузки ковша? По способу разгрузки? По системе управления рабочими органами? По типу трансмиссии?
5. Какие сопротивления испытывает скрепер в процессе работы? Каковы требования к тяговому усилию.
6. Какие факторы учитываются при выборе модели скреперов?
7. Как определяется длина скреперного забоя?
8. Как определяется толщина стружки при наборе ковша скрепера?
9. Из каких элементов складывается рабочий цикл скрепера? Как рассчитывается их продолжительность?
10. Как определяется ширина полосы скреперования и ширина рабочей площадки при скреперной технологии горных работ?
11. Как определяется высота уступа при скреперной выемке?
12. Как определяется сменная производительность скрепера?
13. Назовите типы забоев при скреперной выемке горных пород и возможные схемы движения скреперов.

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЫЕМКИ ГОРНЫХ ПОРОД РОТОРНЫМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров забоя и производительности роторных экскаваторов.

Задачи работы:

1. Расчет параметров торцевого забоя роторного экскаватора при выемке пород горизонтальными или вертикальными стружками.
2. Расчет производительности роторного экскаватора.
3. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 199-214; 2, с. 173-187; 3, с. 198-204] изучить технологические и рабочие параметры роторных экскаваторов, параметры забоев и технологические схемы выемки пород роторными экскаваторами, методику расчета производительности роторных экскаваторов.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) задаются:

– модель роторного экскаватора с соответствующей технической характеристикой (табл. 5.2);

– способ выемки пород в забое (горизонтальными или вертикальными стружками);

– угол откоса уступа, зависящий от плотностных свойств пород α, град;

– угол поворота стрелы в сторону уступа при отработке верхнего слоя $\varphi_в$, град;

– угол поворота стрелы в сторону выработанного пространства при отработке нижнего слоя $\varphi_н$, град;

– коэффициент влияния забоя $k_з$, ед;

– коэффициент экскавации $k_э$, ед.

Таблица 5.1

Исходные данные к практической работе № 5

Номер задания	Модель экскаватора	Способ выемки*	α, град	Угол поворота стрелки, град.		$k_з$	$k_э$
				$\varphi_в$	$\varphi_н$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	ГС	60	90	30	0,90	0,74
2	2	ВС	42	75	45	0,80	0,76
3	3	ВС	42	80	40	0,75	0,80
4	4	ВС	46	85	35	0,75	0,74
5	5	ГС	45	90	30	0,65	0,78
6	6	ГС	54	75	40	0,80	0,70

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
7	7	ГС	54	80	45	0,90	0,74
8	8	ВС	45	85	40	0,75	0,80
9	1	ВС	60	75	45	0,80	0,70
10	2	ВС	42	90	30	0,80	0,70
11	3	ГС	42	75	45	0,70	0,74
12	4	ВС	46	80	40	0,75	0,80
13	5	ВС	45	75	35	0,70	0,80
14	6	ВС	54	85	45	0,80	0,70
15	8	ВС	45	75	40	0,70	0,70
16	7	ГС	54	80	45	0,90	0,74
17	3	ВС	42	75	40	0,75	0,8
18	5	ГС	45	90	45	0,80	0,70
19	7	ГС	54	75	45	0,70	0,80
20	1	ГС	60	85	35	0,70	0,80
21	2	ГС	42	75	40	0,70	0.76
22	6	ВС	54	80	45	0,80	0,76
23	8	ВС	45	75	45	0,80	0,74
24	4	ВС	46	85	35	0,80	0,76
25	5	ГС	45	80	45	0,65	0,74
26	2	ГС	40	70	45	0,70	0,74
27	7	ВС	45	75	35	0,70	0,80
28	4	ГС	46	80	40	0,80	0,70
29	5	ГС	45	75	35	0,70	0,80
30	4	ВС	46	85	35	0,75	0,74

* ГС – горизонтальные стружки; ВС – вертикальные стружки.

Таблица 5.2

Основные технологические параметры роторных экскаваторов с невыдвижной стрелой

Параметры	ЭРП-2500	ЭРШР-5000	ЭРШРД-5000	ЭР-7000	ЭРП-6500	ЭРП-5250В с верхней погрузкой	ЭРП-5250 (ЭРП-5250Вс)	ЭР-5250
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер модели экскаватора	1	2	3	4	5	6	7	8
Теоретическая производительность по рыхлой массе $Q_{теор}$, м^3/ч	2500	5000	5000	5250	6500	5250	5250	5250
Диаметр ротора $d_р$, м	8,0	16,0	13,0	16,5	13,5	11,5	11,5	16,0
Число ковшей $n_к$	18	10	16	16	20	22	22	16
Частота ссыпок $n_с$, мин$^{-1}$	80-130	36-52	56-80	27-78	90-113	110-143	110-143	66-80

Окончание табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вместимость ковша $V_к$, л	560	2300	1500	2500	2200	900	900	2000
Длина стрелы $L_с$, м	27,0	63,3	57,0	42,7	56.0	40,0	40,0	42,5
Высота оси качения стрелы ротора c, м	11,75	20,5	20,5	19,5	20,5	26,0	16,0	16,0
Эксцентриситет оси качения стрелы ротора a, м	1,75	2,4	2,4	2,4	2,4	1,75	2,4	2,4
Угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя $\rho_в$, град	17,9	15,4	17,9	20,2	17,6		17,6	19,6
Угол наклона стрелы ротора при отработке слоя на уровне стояния экскаватора $\rho_у$, град	16,7	11,4	14,2	15,2	14,5		14,8	10,8
Максимальная высота отрабатываемого уступа выше уровня стояния экскаватора $H_к$, м	21,4	40,0	40,0	37,0	40,0	30,0	30	33
Тип ходового оборудования	Трехопорное многогусеничное	Шагающе-рельсовое						

Порядок выполнения работы

1. Определяется высота слоя, отрабатываемого за один проход роторного колеса, число слоев выемки и высота забоя роторного экскаватора.

1.1. Высота забоя роторного экскаватора, как правило, равна высоте уступа и назначается исходя из его устойчивости и параметров оборудования. При выемке пород вертикальными стружками высота уступа ($H_у$, м) определяется из выражения

$$H_у = L_с \sin \rho_в + c + h - 0,5 d_р, \qquad (5.1)$$

где $L_с$ – длина роторной стрелы, м;

c – высота закрепления опорного шарнира стрелы (высота оси качения стрелы ротора), м;

$\rho_в$ – угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя, град. (см. табл. 5.2);

h – высота выемочного слоя, м;

$d_р$ – диаметр ротора, м.

1.2. Высота выемочного слоя (h, м) при выемке вертикальными стружками равна высоте стружки и определяется из выражения

$$h = (0{,}5 \div 0{,}7)d_р. \tag{5.2}$$

При этом нижняя граница соответствует минимальной производительности экскаватора, а верхняя – максимальной при обеспечении безопасно допустимого козырька при формировании стружки.

В расчетах рекомендуется принимать

$$h = 0{,}7d_р. \tag{5.3}$$

1.3. Количество слоев выемки по высоте забоя ($n_с$) при выемке вертикальными стружками определяется из выражения

$$n_с = H_у / h\ , \tag{5.4}$$

где $H_у$ – высота уступа, рассчитанная по формуле (5.1), м.

1.4. Если количество слоев выемки является дробным числом, то оно округляется до целого в меньшую сторону, а высота уступа, рассчитанная по формуле (5.1), корректируется:

$$H_у^к = hn_с\ , \tag{5.5}$$

где $H_у^к$ – откорректированная высота уступа, м.

1.5. Производится корректировка угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя:

$$\rho_в^к = \arcsin\left(\frac{H_у^к - c - h + 0{,}5d_р}{L_с}\right), \tag{5.6}$$

где $\rho_в^к$ – откорректированное значение угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя, град.

1.6. При выемке пород горизонтальными стружками высота уступа уменьшается на величину h и определяется из выражения

$$H_у = L_с \sin\rho_в + c - 0{,}5d_р. \tag{5.7}$$

1.7. При выемке горизонтальными стружками длина стружек ($l_с$, м) находится в пределах $l_с = (0{,}5 \div 0{,}7)d_р$.

В расчетах рекомендуется принимать:

$$l_с = 0{,}7d_р. \tag{5.8}$$

1.8. Высота выемочного слоя при выемке горизонтальными стружками равна примерно половине диаметра роторного колеса:

$$h \approx 0{,}5d_р. \tag{5.9}$$

1.9. Количество слоев выемки по высоте забоя и откорректированная высота уступа при выемке горизонтальными стружками определяется так же, как и при выемке вертикальными стружками (см. п.п. 1.3; 1.4).

1.10. Корректировка угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя при выемке горизонтальными стружками производится по выражению

$$\rho_{в}^{к} = \arcsin\left(\frac{H_{у}^{к} - c + 0{,}5d_{р}}{L_{с}}\right), \qquad (5.10)$$

2. Угол откоса уступа (α, град) принимается в соответствии с заданием (см. табл. 5.1). По условию краткосрочной устойчивости угол откоса забоя ($\alpha_{з}$, град) может быть на 5–10 % больше угла откоса уступа.

3. Рассчитывается ширина заходки роторного экскаватора A, м:

– при выемке вертикальными стружками

$$A = \left(L_{с}\cos\rho_{в}^{к} + a\right)\sin\varphi_{в} + \left(L_{с}\cos\rho_{у} + a\right)\sin\varphi_{н} - \left(H_{у}^{к} - h\right)\operatorname{ctg}\alpha; \qquad (5.11)$$

– при выемке горизонтальными стружками

$$A = \left(L_{с}\cos\rho_{в}^{к} + a\right)\sin\varphi_{в} + \left(L_{с}\cos\rho_{у} + a\right)\sin\varphi_{н} - H_{у}^{к}\operatorname{ctg}\alpha. \qquad (5.12)$$

4. Рассчитывается производительность роторного экскаватора, работающего в комплексе с конвейерным транспортом.

4.1. Техническая производительность экскаватора $Q_{т}$, м^3/ч:

$$Q_{т} = Q_{теор}k_{э}k_{з}, \qquad (5.13)$$

где $Q_{теор}$ – теоретическая производительность экскаватора по рыхлой горной массе, м^3/ч (см. табл. 5.2);

$k_{э}$ – коэффициент экскавации (см. табл. 5.1);

$k_{з}$ – коэффициент влияния забоя (см. табл. 5.1).

Коэффициент $k_{з}$ учитывает потери времени на переход к отработке следующего забойного блока, новых стружек и слоев.

4.2.Сменная эксплуатационная производительность $Q_{см}$, м^3/смену:

$$Q_{см} = Q_{т}\,T_{см}\,k_{и}\,k_{у}\,k_{п}\,k_{т.г}\,k_{т}, \qquad (5.14)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{и}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{и}$ = 0,8);

$k_{у}$ – коэффициент качества управления ($k_{у}$ = 0,92÷0,98);

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий потери экскавируемого материала. Для роторных экскаваторов с гравитационным ротором ($k_{п}$ = 0,93÷0,97);

$k_{т.г}$ – коэффициент технической готовности экскаватора ($k_{тг}$ = 0,90÷0,95);

$k_{т}$ – коэффициент, учитывающий простои экскаватора по транспортным условиям. При работе экскаватора в комплексе с конвейерным транспортом $k_{т}$ = 1,0.

5. Составление паспорта экскаваторного забоя.

Примеры паспортов экскаваторных забоев при выемке пород вертикальными и горизонтальными стружками представлены на рис. 5.1 и 5.2. Паспорта составляются в стандартных масштабах с указанием числовых значений определяющих параметров.

6. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, графическую часть (паспорт экскаваторного забоя), а также таблицу, включающую исходные условия и расчетные показатели (табл. 5.3).

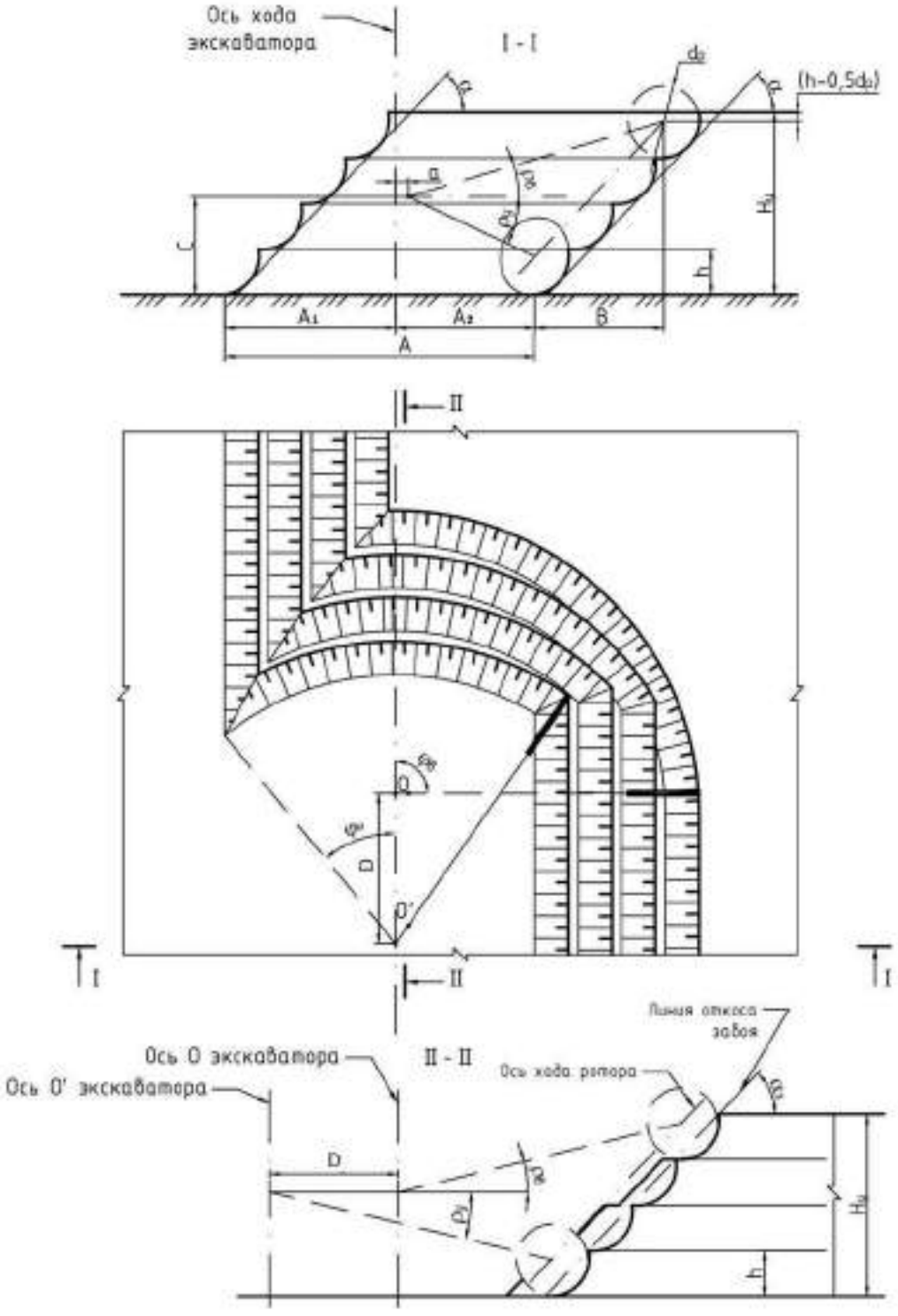


Рис. 5.1. Паспорт установки экскаватора в забое
при выемке пород вертикальными стружками:

$$A_1 = \left(L_c \cos \rho_в^к + a\right)\sin\varphi_в; \quad A_2 = \left(L_c \cos \rho_у + a\right)\sin\varphi_н - \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha;$$

$$B = \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha; \quad D = \left(H_у - h\right)\mathrm{ctg}\,\alpha_3$$

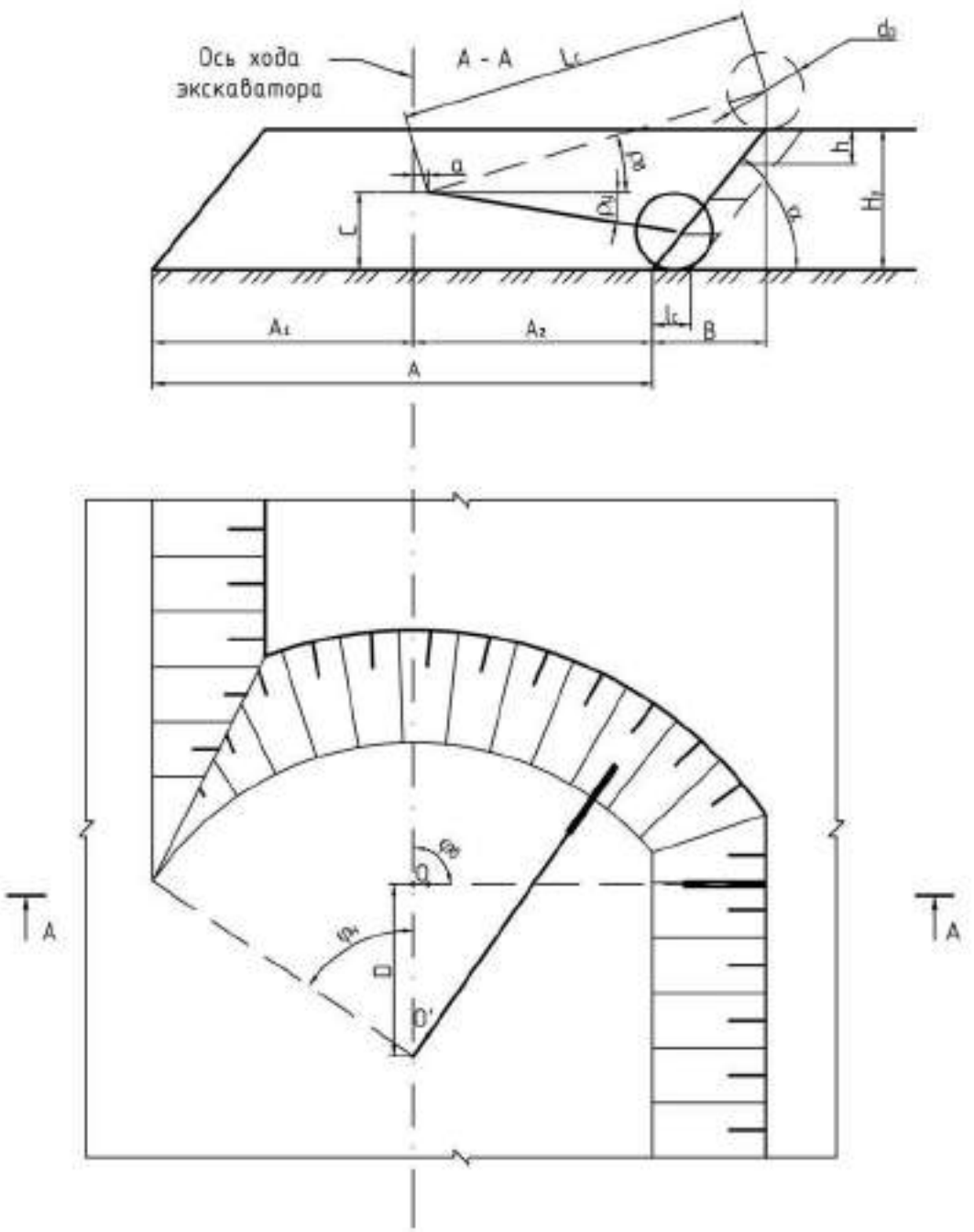


Рис. 5.2. Паспорт установки экскаватора в забое
при выемке пород горизонтальными стружками:

$$A_1 = \left(L_{\text{с}} \cos \rho_{\text{в}}^{\text{к}} + a\right)\sin\varphi_{\text{в}}; \quad A_2 = \left(L_{\text{с}} \cos \rho_{\text{у}} + a\right)\sin\varphi_{\text{н}} - H_{\text{у}} \operatorname{ctg} \alpha;$$

$$B = H_{\text{у}} \operatorname{ctg} \alpha; \quad D = \left(H_{\text{у}} - h\right)\operatorname{ctg} \alpha_3$$

Таблица 5.3

Технологические параметры выемки пород роторным экскаватором

Параметр	Значение
Исходные условия	
Модель экскаватора	
Способ выемки горных пород в забое	
Угол откоса уступа α, град	
Угол поворота стрелы в сторону уступа при отработке верхнего слоя $\varphi_в$, град	
Угол поворота стрелы в сторону выработанного пространства при отработке нижнего слоя $\varphi_н$, град	
Угол наклона стрелы ротора при отработке верхнего слоя $\rho_в$, град	
Угол наклона стрелы ротора при отработке слоя на уровне стояния экскаватора $\rho_в$, град	
Диаметр ротора $d_р$, м	
Число ковшей $n_к$	
Частота ссылок $n_с$, мин$^{-1}$	
Вместимость ковша $V_к$, м^3	
Длина стрелы $L_с$, м	
Высота оси качения стрелы ротора c, м	
Эксцентриситет от качения стрелы ротора a, м	
Теоретическая производительность по рыхлой массе $Q_{теор}$, м^3/ч	
Коэффициент влияния забоя $k_з$	
Коэффициент экскавации $k_э$	
Расчетные показатели	
Высота уступа $H_у$, м	
Высота выемочного слоя h, м	
Количество слоев выемки забоя $n_с$	
Откорректированная высота уступа $H_у^к$, м	
Откорректированное значение угла наклона стрелы при отработке верхнего слоя $\rho_в^к$, град	
Длина стружки $l_с$, м	
Угол откоса забоя $\alpha_з$, град.	
Ширина заходки A, м	
Техническая производительность экскаватора $Q_т$, м^3/ч	
Эксплуатационная производительность экскаватора $Q_{см}$, м^3/смена	

Контрольные вопросы

1. Перечислите технологические и рабочие параметры роторных экскаваторов.
2. Где применяются роторные экскаваторы? Приведите технологические схемы работы роторных экскаваторов.
3. Каковы удельные усилия копания у роторных экскаваторов?
4. Приведите схемы выемки пород в забое и области их применения.
5. Приведите классификацию роторных экскаваторов.

6. Как рассчитывается высота выемочного слоя при выемке вертикальными и горизонтальными стружками?
7. Как рассчитывается высота уступа роторного экскаватора?
8. Как рассчитывается и от каких факторов зависит ширина заходки роторного экскаватора?
9. Назовите интервалы значений углов наклона стрелы роторного экскаватора при отработке верхнего слоя и слоя на уровне стояния экскаватора.
10. Как рассчитывается техническая производительность роторных экскаваторов и от каких факторов она зависит?
11. Что учитывает коэффициент влияния забоя и какие значения он принимает?
12. Как рассчитывается эксплуатационная производительность роторных экскаваторов и какие факторы она учитывает?

Список использованной литературы

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – 7-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело).
2. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Выемочно-погрузочные работы: учеб. пособие. – М.: Горная книга, 2010. – 267 с., илл. (Процессы открытых горных работ).
3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. - М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., илл.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при проведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» Утв. приказом Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599. – Екатеринбург: ИД «УралЮрИздат», 2014. – 212 с.
5. Беляков Ю. И. Выемочно-погрузочные работы на карьерах. – М.: Недра, 1987. – 268 с.
6. Трубецкой К. Н., Леонов Е. Р., Панкевич Ю. Б. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах. – М.: Недра, 1990. – 255 с.
7. Скреперы: учеб. пособие / Ю. В. Стенин, Н. В. Мартынов, С. А. Арефьев, Е. А. Елькин; под ред. Ю. В. Стенина; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2012 . – 80 с.

Содержание

Введение ……. 3

Практическая работа № 1. Расчет рабочего цикла, производительности и парка бульдозеров ……. 4

Практическая работа № 2. Расчет параметров забоев механических лопат в скальных породах ……. 11

Практическая работа № 3. Расчет параметров забоев драглайнов… 24

Практическая работа № 4. Выемка горных пород скреперами……. 32

Практическая работа № 5. Расчет параметров выемки горных пород роторными экскаваторами ……. 44

Список использованной литературы …… 52

Учебное издание

Юрий Иванович Лель
Юрий Владимирович Стенин
Дмитрий Андреевич Шлохин
Игорь Андреевич Глебов

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Выемочно-погрузочные работы

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Редактор изд-ва *Л. В. Устьянцева*

Подписано в печать 13.03.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84$^{1}/_{16}$.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,3. Уч.-изд. л. 6,25. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.В.09.10 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть II. Расчёт параметров взрывных работ при транспортной системе разработки

Специальность ***21.05.04 Горное дело***
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Стенин Ю.В., к.т.н., доцент, Панфилов Д. С., аспирант

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Оглавление

Введение …… 2

Общие положения и указания …… 4

Лабораторная работа № 1. *Определение условий производства и требований к качеству взрывных работ (2 ч аудиторных занятий и 2 ч самостоятельных занятий)*……. 6

Лабораторная работа № 2. *Расчет параметров буровзрывных работ (4 ч аудиторных и 4 ч самостоятельных занятий)*……..... 14

Лабораторная работа № 3. *Расчет потребности во взрывчатых материалах (2 ч аудиторных занятий и 2 ч самостоятельных занятий)* ……. 58

Лабораторная работа № 4. *Расчёт безопасных расстояний при ведении взрывных работ (2 ч аудиторных и 4 ч самостоятельных занятий)*……. 66

Список использованных и рекомендуемых источников…….. 81

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. *Исходные данные* …… 83

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. *Справочный материал к лабораторной работе № 1* 85

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. *Справочный материал к лабораторной работе № 2* 90

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. *Справочный материал к лабораторной работе № 3* 104

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. *Схемы короткозамедленного взрывания*…..…….. 111

Введение

Учебное пособие по выполнению лабораторных работ разработано на основании учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ», часть II «Расчёт параметров взрывных работ при транспортной системе разработки» по разделу «Подготовка горных пород к выемке» для студентов специализации – «Открытые горные работы» (ОГР) направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации, необходимый теоретический и информационно-справочные материалы и алгоритм для выполнения лабораторных работ по теме «Технология производства взрывных работ», проводимых на 5-м семестре обучения.

Учебное пособие содержит 4 взаимосвязанных лабораторных работы, в процессе выполнения которых студент осваивает методы расчетов и определяет параметры и показатели, обеспечивающие эффективное и безопасное ведение взрывной подготовки горных пород к выемке.

Весь цикл работ рассчитан на 10 академических часов аудиторных занятий и на 12 часов самостоятельных занятий.

Основная цель лабораторных работ: формирование у студентов навыков, необходимых для составления проекта производства буровзрывных работ в карьере определения технологических параметров взрывных работ на основе современных научных и практических достижений в этой области.

Задачи работ:

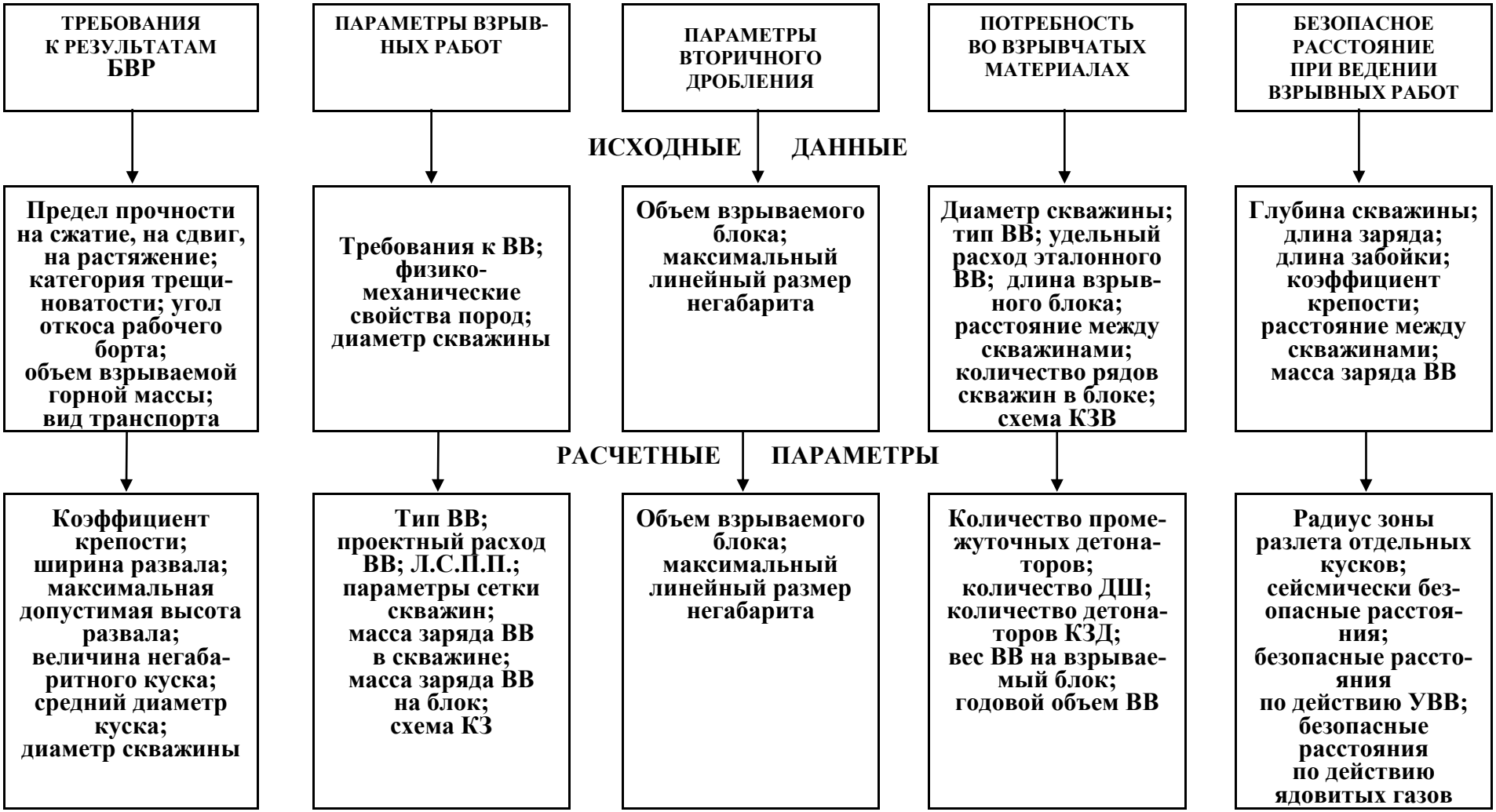
1. Изучить алгоритм и содержание расчетов параметров буровзрывных работ, используя данное пособие и литературу из приведенного списка.
2. Определить условия производства и требования к качеству взрывных работ.
3. Рассчитать параметры буровзрывных работ.
4. Рассчитать потребное количество взрывчатых материалов на годовой объем взрывных работ с учетом вторичного дробления.
5. Рассчитать безопасные расстояния при взрывных работах.

Структурная взаимосвязь этих задач приведена на рис 1.1.

Содержание пособия направлено на системное усвоение знаний в области технологии открытых горных работ и предполагает наличие у студентов базовых знаний и основных понятий о вскрытии, системе разработки и производственных процессах открытой добычи полезных ископаемых, полученных при изучении дисциплин «Введение в специальность», «Основы горного дела» и «Физика горных пород».

Учебное пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Расчет параметров буровзрывной подготовки горной массы к выемке



Общие положения и указания

Цель всякой производственной деятельности – получение максимальных результатов (как правило финансовой прибыли) при минимальных капитальных затратах и расходах трудовых и материальных ресурсов.

Целью процесса буровзрывной подготовки горной массы к выемке как элемента технологической системы «Добыча полезного ископаемого открытым способом» является обеспечение при минимальных затратах требуемого качества подготовки горных пород к выемке.

Качество буровзрывной подготовки горных пород к выемке должно обеспечивать эффективную высокопроизводительную работу горно-транспортного оборудования и потребительские свойства добываемого полезного ископаемого (ПИ), обеспечивающие высокую конкурентоспособность и прибыльность предприятия. Требования к нему определяются необходимостью обеспечения безопасности работ, параметрами выемочно-погрузочных и транспортных средств и технологией дальнейшего передела добытого ПИ. Их соблюдение возможно за счет соответствующих способов и методов ведения и параметров взрывных работ, которые выбираются и обосновываются на основе современных научно-практических положений и расчетных методов, а затем уточняются в процессе реальной практики.

При выполнении данного цикла лабораторных работ студент самостоятельно изучает и осваивает рекомендуемый и приведенный в каждой работе теоретический материал. На **базе приобретенных знаний и с учетом знаний, полученных к моменту обучения на данном этапе**, по заданным исходным данным определяет требования к качеству взрывной подготовки горных пород, выбирает взрывчатые материалы, способы, методы и схемы взрывания зарядов, рассчитывает параметры взрывных работ, требуемый расход взрывчатых материалов и радиусы опасных зон.

По результатам выполненных расчетов вычерчивается в масштабе 1:1000 или 1:500 план взрывного блока с сеткой скважин и схемой коммутации взрывной сети; поперечный профиль блока со скважинами и предполагаемым контуром развала взорванной горой массы в масштабе 1:1000 или 1:2000; план – схема взрывоопасных зон с расположением внутри них сооружений, горных машин, транспортных и энергетических коммуникаций в масштабе 1:5000 и профиль конструкции скважин первого ряда в масштабах: горизонтальном – 1:20 или 1:50; вертикальном - 1:1000 или1:2000.

Общий порядок выполнения работ: (п р о ч и т а т ь о б я з а т е л ь н о !)

1. Лабораторные работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением лабораторной работы студент должен проработать предлагаемый теоретический материал, изучить рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, порядок и алгоритм выполнения работы.

3. Лабораторные работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных, приведённых в приложении. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты лабораторной работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за лабораторную работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учетом качества оформления.

7. Отчёты по лабораторным работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика лабораторных работ, наименование студенческой группы, **полные** фамилия, имя и отчество студента-исполнителя и должность, фамилия, имя, отчество преподавателя.

Лабораторная работа 1

Определение условий производства и требований к качеству взрывных работ (2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

***Цель работы*:** определить условия производства и требования к качеству взрывных работ.

Задачи работы:

1. Изучить основные показатели качества взрывной подготовки горных пород к выемке и методику их расчета.

2. Рассчитать требуемые показатели качества взрывной подготовки горных пород к выемке.

Порядок выполнения работы

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в прил. 1.

Для подготовки к занятию необходимо:

– повторить соответствующий материал лекций и изучить литературу. [1,с. 265 – 277], [2, с. 421 – 424], [3, с. 57 – 58], [4, с. 61 – 102] [5, с. 199 – 201], [7. с. 423 – 428], [8, с. 210 – 214], [9, с. 92 – 94,], [10, с. 78 – 86], [11, с. 78 – 82], [12 с. 9 – 11] [14, с. 135 – 138, 195 – 199];

– прочитать и освоить нижеизложенный материал.

Затем для достижения цели занятия выполнить следующие этапы:

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (прил. 1).

2. Определить условия ведения взрывных работ.

2.1. Рассчитать коэффициент крепости пород (*f*) и средний диаметр отдельности в массиве ($l_{ср}$), зависящий от категории пород по трещиноватости и от распределения отдельностей массива по крупности.

Трещиноватость пород характеризуется средним расстоянием между естественными трещинами всех систем ($C_{тр}$, табл.2.1), а распределения отдельностей массива по крупности показателем $К_М$.

В [15, с. 456] средний диаметр отдельности в массиве в зависимости от его трещиноватости определяется так: $l_{ср} = 1{,}65C_{тр}$,

а в зависимости от показателя $К_М$: $l_{ср} = К_М$,

где $К_М$ может ориентировочно приниматься в зависимости от группы грунтов по СНиП – *F* , при этом $F = 2{,}5\sqrt{f}$:

F	4	5	6	7	8	9	10	11
$К_М$	0,25	0,4	0,55	0,75	1,0	1,3	1,55	1,9

2.2. Пользуясь прил. 1, дать характеристику технологических свойств горных пород.

2.3. Исходя из годового объема взрываемой горной массы, крепости и плотности породы, принять модель экскаватора и модель транспортного средства. Привести их рабочие параметры (табл. П. 2.1– П. 2.8)

2.4. Для выбранной модели экскаватора принять высоту уступа ($H_{\text{у}}$, м) из условия:

$$H_{\text{у}} \leq 1{,}5H_{\text{ч max.}}, \tag{1.1}$$

где $H_{\text{ч max}}$ – максимальная высота черпания экскаватором, м.

2.5. Исходя из технологических свойств пород и заданных параметров системы разработки (высота уступа, угол откоса уступа), принять предварительное решение о положении скважин в массиве уступа – вертикальное или наклонное.

Наклонные скважины применимы, как правило, в крупноблочных породах; при высоких уступах и при малых углах откоса уступа; когда требуется обеспечить достаточно интенсивное и равномерное дробление (карьеры стройматериалов, карьеры с циклично-поточной технологией – конвейерный транспорт и т. п.); когда необходимо ограничить сейсмический эффект от взрывных работ.

2.6. Обосновать требуемое значение диаметра скважин – скважинного заряда ($d_{\text{тр}}$).

Диаметр – один из основных параметров скважинных зарядов. От него зависит с одной стороны эффективность буровых работ (объем работ в метрах, производительность буровых работ в метрах и метрах кубических за единицу времени), с другой – качество взрывных работ (содержание переизмельченной и крупной фракции во взорванной породе, равномерность дробления).

Для конкретных условий карьера обоснование диаметра скважины и модели бурового станка целесообразно выполнять на основе технико-экономического анализа с учетом затрат на буровые, взрывные и погрузочно-транспортные работы.

В данной лабораторной работе обоснование диаметра скважины выполнить на основе логического анализа, исходя из рекомендаций в табл. П. 2.6 и П. 2.7 и нижеследующих условий.

Из условия равенства производительности бурового станка и экскаватора требуемый диаметр скважины (в мм) определится:

$$d_{\text{тр}} = 100\sqrt{E}\,, \tag{1.2}$$

где E – геометрическая вместимость ковша экскаватора, м^3.

Для карьеров строительных материалов небольшой производительности установлена статистическая зависимость между диаметром скважины (в мм) и производительностью карьера ($П_{\text{к}}$, млн м^3):

$$d_{\text{тр}} = (100 \div 150)\ \sqrt[4]{П_{\text{к}}}\,, \tag{1.3}$$

где меньшее значение множителя применяется для крупноблочных пород, большее – для мелкоблочных.

По условию полного использования длины скважины для размещения заряда (при сплошной конструкции заряда)

$$d_{\text{тр}} = 28 H_{\text{у}} \sqrt{\frac{q}{\Delta}}, \qquad (1.4)$$

где q – удельный расчетный расход ВВ, кг/м^3 (на данном этапе расчетов величину q по табл. П. 3.8 в зависимости от плотности и крепости пород, или по табл. 2.6 в зависимости от трещиноватости и крепости пород); Δ – плотность заряжания, кг/дм^3 (ориентируясь на аммонит 6ЖВ, принять $\Delta = 0{,}95$).

Требуемый диаметр скважины в метрах по условию обеспечения нормальной проработки подошвы уступа для вертикальных скважин:

$$d_{\text{тр}} \geq \frac{\left(H_{\text{у}} \operatorname{ctg} \alpha_{\text{р}} + Б\right)\sqrt{\gamma}}{30\left(3 - m\right)}, \qquad (1.5)$$

где $\alpha_{\text{р}}$ – угол откоса рабочего уступа, град.;

m – коэффициент сближения скважин; принять: для легковзрываемых пород $m = 1{,}1 \div 1{,}2$; средневзрываемых – $m = 1{,}0 \div 1{,}1$; трудновзрываемых – $m = 0{,}85 \div 1{,}0$;

$Б = H_{\text{у}}(\operatorname{ctg} \alpha_{\text{у}} - \operatorname{ctg} \alpha_{\text{р}}) \geq 2$ – ширина бермы безопасности;

$\alpha_{\text{у}}$ – угол устойчивого откоса нерабочего уступа, град. (прил. 1);

γ – плотность горных пород, т/м^3;

Для наклонных скважин, параллельных откосу уступа,

$$d_{\text{тр}} \geq \frac{Б\sqrt{\gamma}}{30\left(3 - m\right)} \text{ м.} \qquad (1.6)$$

С точки зрения обеспечения качества взрывных работ в породах с конкретными технологическими свойствами рекомендуется:

– в породах I и II категории трещиноватости диаметр заряда следует принимать возможно большим (250 – 350 мм), а в породах высокой прочности применять котловые заряды. В то же время при разработке пород низкой и средней крепости применение взрывных скважин более 300 мм не эффективно, так как приводит к увеличению заколов в глубь массива и снижению устойчивости откосов уступа;

– в породах II категории, а также в однородных породах III категории при многорядном короткозамедленном взрывании на карьерах предпочтительны диаметры 200 – 250 мм;

– в породах крупноблочных IV категории, а также неоднородных и частично перемежающихся породах V категории диаметр скважин следует уменьшить до 100 – 150 мм;

– при большой производительности предприятия (примерно 5 млн м^3 горной массы в год и более) целесообразно применять высокопроизводительную буровую технику и диаметры скважин не менее 200 мм.

2.7. С учетом коэффициента крепости и принятого диаметра скважины принять тип бурового станка.

2.8. Используя навыки, приобретенные в предыдущем цикле лабораторных работ [16], подобрать тип бурового долота и рассчитать значение диаметра скважины ($d_{ск}$, мм) с учетом стандартного диаметра подобранного долота:

$$d_{ск.} = d_{д} K_{раз}, \quad (1.7)$$

где $d_{д}$ – диаметр долота, мм; $K_{раз}$ – коэффициент разбуривания скважины (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Значение коэффициента разбуривания скважин

Крепость пород	2	4	6	8 –10	12 – 14	>16
Величина коэффициента разбуривания	1,06	1,05	1,04	1,037 –1,031	1,03 – 1,02	1,02

3. Определить требования к качеству взрывных работ.

3.1. Определить требуемую ширину развала взорванной горной массы ($B_{р.тр}$) по углу откоса рабочего борта карьера ($\gamma_{р.б.}$) и по рациональному количеству заходок ($n_з$) рациональной ширины.

3.1.1. Требуемая ширина развала взорванной горной массы ($B_{р.тр}$) по углу откоса рабочего борта карьера ($\gamma_{р.б.}$) определяется так:

рассчитать ширину рабочей площадки

$$Ш_{р.п} = \frac{H_{у}}{\operatorname{tg}\gamma_{р.б}} - H_{у}\operatorname{ctg}\alpha_{р}, \quad (1.8)$$

где $\alpha_{р}$ – угол откоса рабочего уступа;

рассчитать требуемую ширину развала (рис. 1.2)

$$B_{р.тр} = Ш_{р.п} - Т - \sum С - \sum П - Б, \quad (1.9)$$

где $Т$ – ширина транспортной полосы (при железнодорожном транспорте $Т$ = 3 м при одноколейном пути и $Т$ = 7,5÷15 м – при двухколейном пути; при конвейерном транспорте $Т$ = 3 м; при автомобильном транспорте $Т = 3{,}0B_{а}$, где $B_{а}$ – ширина автомобиля; см табл. П. 2.4 и П. 2.5)

$\sum С$ – сумма размеров безопасных зазоров (3 – 5 м);

$\sum П$ – сумма размеров полос для размещения дополнительного оборудования и сооружений (при железнодорожном транспорте $\sum П$ = = 10÷12 м; при автомобильном и конвейерном транспорте $\sum П$ = = 5÷6 м) ;

Б – ширина бермы безопасности (ширина призмы возможного обрушения), определяется по формуле:

$$Б = H_у (\text{ctg}\ \alpha_у - \text{ctg}\ \alpha_р).$$

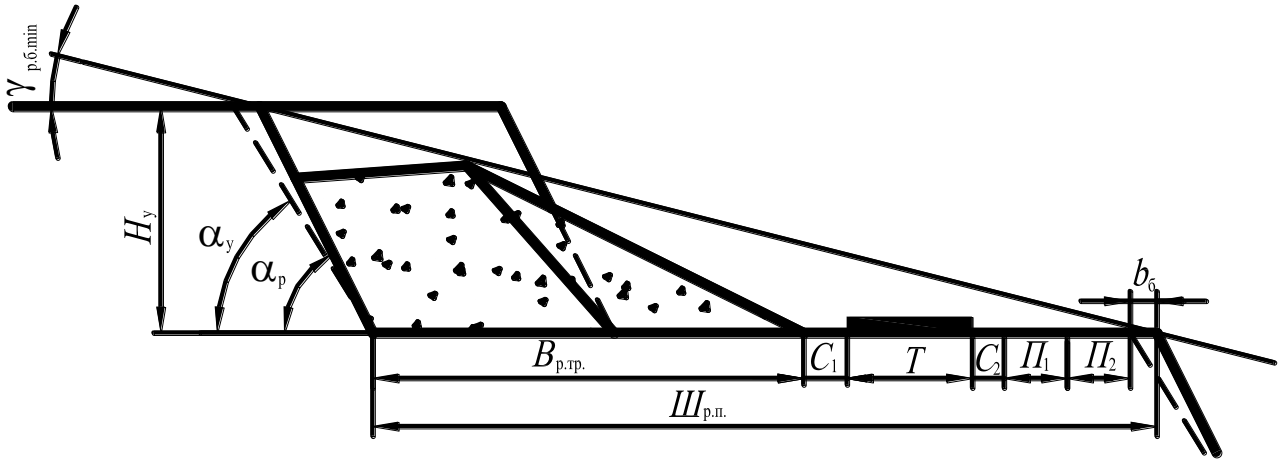


Рис.1.1. Рабочая площадка

3.1.2. Требуемая ширина развала ($B_{р.тр}$, м) по рациональному количеству заходок экскаватора ($n_з$) рациональной ширины ($А_з$) определяется так:

$$B_{р.тр} = A_з n_з, \qquad (1.10)$$

где $А_з$ – рациональная ширина заходки экскаватора, м;

а) при железнодорожном транспорте $n_з = 1 \div 3$

б) при автомобильном транспорте $n_з = 3 \div 6$ при отгрузке развала горной массы продольными заходками;

в) при конвейерном транспорте:

$$B_{р.тр} = A_з = 2R_р + 1{,}7R_{ч.у.}, \qquad (1.11)$$

где $R_р$ – наибольший радиус разгрузки экскаватора, м;

$R_{ч.у}$ – радиус черпания экскаватором на уровне стояния, м.

3.1.3. Предварительно из двух расчетных значений требуемой ширины развала принимается меньшее. В дальнейшем оно уточняется на этапе расчета параметров взрывных работ.

3.2. По табл. П. 2.10 определить максимально допустимую высоту развала взорванной горной массы ($H_{заб.max}$, м), учитывая, что коэффициент разрыхления пород ($K_р$) в развале ориентировочно составляет:

$K_р = 1{,}2 \div 1{,}25$ – для полускальных пород;

$K_р = 1{,}3 \div 1{,}4$ – для скальных пород;

$K_р = 1{,}4 \div 1{,}5$ – для угля ($\gamma = 1{,}1 \div 1{,}4$ т/м^3).

При этом $H_{заб.max} = h_{коп.max}$ ($H_{заб.max} / h_{коп.max}$), где $h_{коп.max}$ – максимальная высота копания экскаватора, м.

3.3. Определить допустимый для выемки и погрузки экскаватором размер куска в развале взорванной горной массы (минимальный размер негабаритного куска).

Размер куска горной массы, загружаемой в ковш погрузочной машины, определяет:

– удобство и быстроту операций её черпания, разгрузки и последующего перемещения;

– вероятность возможных поломок погрузочного и транспортного оборудования, особенно при погрузке тяжелых руд и пород и при высоких отрицательных температурах, когда повышается хрупкость металла.

Поэтому при определении допустимых размеров куска в развале необходимо учитывать размеры ковшей и тип погрузочного оборудования, место разгрузки (отвал, транспортные средства или приемное отверстие дробилки) и размеры рабочих элементов транспортного и приемного оборудования, а также плотность горных пород и температуру окружающего воздуха.

Для определения допустимых размеров кусков при погрузке экскаваторами Ю. И. Беляковым [4] предлагается следующая методика:

3.3.1. При погрузке породы экскаватором в средства железнодорожного и автомобильного транспорта (и в отвал) допустимый размер куска ($l_д$, м) может быть определен:

А. *По геометрической вместимости ковша экскаватора* (E, м^3) из следующего выражения:

$$l_д \leq \eta_э \, \eta_п \, \eta_т \, \sqrt[3]{E}\,, \qquad (1.12)$$

где $\eta_э$ – коэффициент, учитывающий тип экскаватора и схему работы;

$\eta_п$ – коэффициент, учитывающий влияние плотности породы (γ);

$\eta_т$ – коэффициент, учитывающий влияние низкой отрицательной температуры на надежность работы экскаватора.

Значения коэффициента $\eta_э$ для скальных пород при работе в сочетании с транспортными средствами (и в отвал) приведены ниже:

	Погрузка в транспортные средства
Карьерные лопаты с нормальным оборудованием……..	0,75 (0,80)
Карьерные лопаты с удлиненным оборудованием……..	0,70 (0,75)
Драглайны…….	0,50 (0,70)

Значения коэффициентов $\eta_п$ при различной плотности пород (γ, т/м^3):

Плотные породы (γ = 1,7÷2,0) ……	1,08
Полускальные породы (γ = 2,0÷2,5)……	1,05
Скальные породы (γ = 2,5÷3,2)……	1,00
Тяжелые руды (γ = 3,2÷4,5)……...	0,90
Угли (γ = 0,8÷1,6)……	1,14

Средние значения коэффициента $\eta_т$ при работе экскаваторов в условиях низких температур приведены ниже:

Температура, °С……..	(+10) – (–20)	(–20) – (–30)	(–30) – (–40)
Карьерные лопаты (с нормальным	0,98	0,95	0,92

оборудованием)……...			
Карьерные лопаты (с удлиненным оборудованием)……...	0,95	0,92	0,88
Драглайны……	0,92	0,90	0,86

Б. *По геометрической вместимости транспортного сосуда* (V, м^3) (автосамосвала, думпкара) по выражению

$$l_{\text{д}} \leq 0{,}5\sqrt[3]{V}\ . \qquad (1.13)$$

Если данные по геометрической вместимости транспортного сосуда отсутствуют, то можно использовать формулу

$$l_{\text{д}} \leq \eta_{\text{э}}\eta_{\text{п}}'\,\eta_{\text{т}}\sqrt[3]{E}\quad , \qquad (1.14)$$

где $\eta_{\text{п}}' = 0{,}5\eta_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий влияние плотности породы на работу экскаватора и транспортного сосуда.

3.3.2. При погрузке пород экскаваторами в бункера и передвижные дробилки величина $l_{\text{д}}$ принимается в пределах

$$l_{\text{д}} = (0{,}75 \div 0{,}85)B_{\text{п}}, \qquad (1.15)$$

где $B_{\text{п}}$ – длина наименьшей стороны приемного отверстия бункера или дробилки, м.

В этом случае также рекомендуется использовать формулу:

$$l_{\text{д}} \leq \eta_{\text{э}}'\eta_{\text{п}}''\eta_{\text{т}}\,B_{\text{п}}, \qquad (1.16)$$

где $\eta_{\text{э}}'$ – коэффициент, учитывающий тип экскаватора (условия разгрузки ковша в бункер или дробилку). Принимается для карьерных мехлопат с нормальным оборудованием $\eta_{\text{э}}' = 1$, а с удлиненным оборудованием $\eta_{\text{э}}' = 0{,}9 \div 0{,}95$; для драглайнов $\eta_{\text{э}}' = 0{,}8 \div 0{,}7$;

$\eta_{\text{п}}''$– коэффициент, учитывающий влияние плотности породы на работу бункера или дробилки, принимается равным $0{,}8\eta_{\text{п}}$, т. е. в среднем для углей, плотных, полускальных и скальных пород соответственно 0,90; 0,86; 0,84 и 0,80, а для тяжелых руд – 0,72.

3.3.3. При погрузке пород одноковшовыми экскаваторами на конвейер максимальный размер куска $l_{\text{д}}$, транспортируемый конвейером, может быть определен из выражения

$$l_{\text{д}} \leq K_{\text{л}}\,\eta_{\text{т}}'B_{\text{л}}, \qquad (1.17)$$

где $B_{\text{л}}$ – ширина конвейерной ленты, м;

$K_{\text{л}}$ – коэффициент, зависящий от свойств породы (плотности, абразивности) и типа роликоопоры (табл. 1.2.);

$\eta_{\text{т}}'$ – коэффициент, учитывающий влияние низких отрицательных температур на работу конвейера и перегрузочных устройств. Принимается равным при температурах минус 10–20 °С; минус 20–30 °С и минус 30–40 °С соответственно 0,85; 0,8 и 0,7.

Таким образом, при установлении допустимого размера куска породы $l_Д$ при работе одноковшовых экскаваторов необходимо учитывать не только геометрические параметры экскаваторов и транспортного оборудования, но и плотность горных пород и специфические условия работы при низких отрицательных температурах.

Таблица 1.2

Значения коэффициента $K_л$

Тип става роликоопоры конвейера	Мягкие и плотные породы	Полускальные породы, некрепкие угли	Скальные породы	Тяжелые руды
С жестким ставом и роликоопорами……..	$\frac{0,4}{0,35}$	$\frac{0,35}{0,3}$	$\frac{0,3}{0,25}$	$\frac{0,25}{0,2}$
С канатным ставом и гибкими роликоопорами…….	$\frac{0,5}{0,45}$	$\frac{0,45}{0,4}$	$\frac{0,4}{0,35}$	$\frac{0,33}{0,3}$

Примечание. В числителе – значения для лент шириной 1,2–1,6 м, в знаменателе – для лент шириной 1,8 – 2,5 м

3.4. Определить величину рационального и оптимального среднего диаметра куска породы ($d_{ср.рац}$, м) в развале по формуле:

- согласно [2] средний диаметр куска в развале, несодержащем негабаритных кусков определяется по формуле $d_{ср.рац} = 0,4\sqrt[3]{E}$ (1.18);

- согласно [18] оптимальный по энергетическим затратам средний диамеир куска в развале определяется по формуле

$$d_{ср.рац} = d_{ср.\,опт} = 0,08+0,75\times10^{-3}\sigma_{сж} + 2\times10^{-3}E_{к,}\ м. \qquad (1.19).$$

Для дальнейших расчетов принять большее из полученных по формулам 1.18 и 1.19 значений

4. Результаты расчета свести в итоговую таблицу.

Контрольные вопросы

1. По каким характеристикам оценивается качество подготовки горной массы к выемке?
2. Какими факторами определяется требуемая ширина развала взорванной горной массы?
3. Какими факторами определяется максимально допустимая высота развала взорванной горной массы?
4. Какими факторами определяется величина негабаритного куска взорванной горной массы?
5. Что такое средний диаметр куска взорванной горной массы?
6. Дайте понятие оптимального среднего диаметра куска взорванной горной массы.
7. Каким требованиям должен отвечать диаметр заряда в скважине?

Лабораторная работа 2

Расчет параметров буровзрывных работ

(4 часа аудиторных и 4 часа самостоятельных занятий)

Цель работы – освоить методику и рассчитать параметры буровзрывных работ.

Задачи работы:

1. Изучить методику расчёта и обоснования параметров буровзрывных работ.

2. Выбрать взрывчатые материалы, способы, методы и схемы взрывания зарядов.

3. Рассчитать параметры взрывных работ для первичного взрывания.

4. Выбрать способ дробления негабаритных кусков и рассчитать параметры вторичного дробления.

Исходной базой для эффективного управления буро-взрывными работами в карьере и получения достаточно точных и надежных расчетных значений их параметров является районирование разрабатываемого массива горных пород на участки с однородными технологическими свойствами. Эти участки должны быть однородными по таким свойствам, как: крепость, трещиноватость, плотность, пространственное расположение трещиноватости, обводненность, литологическое строение.

Такое районирование может быть обеспечено в процессе эксплуатационной разведки и доразведки месторождения. При проектировании карьеров используют, как правило, средние по месторождению характеристики горного массива.

Данное занятие рассчитано на наличие средних значений характеристик горного массива предполагаемого месторождения. При принятии решений по данной лабораторной работе рекомендуется ориентироваться на справочный материал Приложения 3.

Порядок выполнения работы

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в прил. 1; условия производства и требования к качеству взрывных работ согласно лабораторной работе 1.

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы.

1. Для подготовки к выполнению работы **необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу**: [1, с. 56 – 78], [2, с. 76 – 94], [3, с. 60 – 61], [5, с. 198 – 199, 203 – 263], [6], [7, с. 211 – 268, 396 – 400], [10, с. 179 – 185], [14, с. 179 – 188].

2. Повторить содержание исходных данных к работе (прил. 1) и результатов расчетов предыдущего занятия.

3. Прочитать и изучить нижеизложенный материал. В данной лабораторной работе приведена методика расчета параметров буровзрывных работ,

выполняемых по традиционной схеме – многорядное короткозамедленное взрывание на свободный откос, а также методики расчета буровзрывных работ, выполняемых с применением котловых, параллельно-сближенных, рассредоточенных зарядов и взрывания в зажатой среде. Условия применения, преимущества и недостатки этих способов приведены в п. п. 12, 13, 14, 15.

4. Исходя из горно-технологических характеристик пород и степени их обводненности, выбрать ВВ (табл. П. 3.2 – П. 3.7) с учетом их работоспособности, стоимости и нижеприведенных рекомендаций.

Для условий карьеров могут применяться грубодисперсные гранулированные ВВ с широкой зоной химической реакции, имеющие большой критический диаметр 100 мм и пониженную детонационную способность в зарядах малого диаметра. Такие ВВ обеспечивают получение более равномерного дробления породы при взрыве за счет уменьшения зоны переизмельчения вблизи заряда, что особенно значимо для карьеров по добыче строительных материалов.

С целью сокращения объемов переизмельчения горной массы «Нормативный справочник по буровзрывным работам» рекомендует при выборе ассортимента ВВ учитывать скорость детонации ВВ (D, км/с), которая должна быть по возможности согласована с физико-техническими характеристиками пород разрыхляемого массива. То есть скорость детонации выбранного ВВ должна быть по возможности ближе к величине

$$D = \sqrt{\gamma\ f\ A},$$

где γ – плотность пород разрыхляемого массива, т/м^3;

f – коэффициент крепости пород разрыхляемого массива;

A – акустический показатель трещиноватости массива принимается в зависимости от группы грунтов по СНиП – F (с. 8), или категории пород по трещиноватости (табл. 2.1).

Акустический показатель трещиноватости в зависимости от группы грунтов по СНиП (F)

F	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
f	1,4	2,60	4,0	5,80	7,8	10,2	13,0	16,0	19,4
A	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,40	0,50	0,60	0,80

Необходимо, особенно при больших объемах взрываемых блоков и в глубинной зоне карьеров, выбирать ВВ с минимальным отрицательным, а лучше с нулевым, кислородным балансом, обеспечивающим минимальный выброс в атмосферу ядовитых газов. Это, как правило, бестротиловые или с низким содержанием тротила взрывчатые вещества (игданиты, гранулиты, эмульсионные ВВ), обладающие положительным, близким к нулю или нулевым кислородным балансом.

Таблица 2.1

Классификация массивов горных пород по степени трещиноватости Междуведомственной комиссии по взрывному делу

Категория трещиноватости	Степень трещиноватости (блочности) массива	Среднее расстояние между естественными трещинами всех систем, м	Акустический показатель трещиноватости (А)	Содержание (%) в массиве отдельностей размером, мм		
				+300	+700	+1000
I	Чрезвычайно трещиноватый (мелкоблочный)	< 0,1	0 – 0,1	< 10	0	0
II	Сильнотрещиноватый (среднеблочный)	0,1 – 0,5	0,1 – 0,25	10 – 70	< 30	<5
III	Среднетрещиноватый (крупноблочный)	0,5 – 1,0	0,25 – 0,4	70 – 100	30 – 80	5 – 40
IV	Малотрещиноватый (весьма крупноблочный)	1,0 – 1,5	0,4 – 0,6	100	80 – 100	40 – 100
V	Практически монолитный (исключительно крупноблоч-	> 1,5	0,6 – 1,0	100	100	100

Таблица 2.2

Классификация массива пород по блочности (Методика КузПТИ)

Свойства массива	Категория массива пород по трещиноватости (блочности)				
	I	II	III	IV	V
Структурные свойства					
Диаметр отдельности в массиве, м……..	До 0,7	0,7 – 1,1	1,1 – 1,6	1,6 – 2,0	> 2,0
Содержание в массиве фракции +1000 мм, %	До 40	40 – 55	55 – 80	80 – 90	> 90
Физико-механические свойства					
Объемный вес, т/м^3…….	2,3 – 2,45	2,4 – 2,5	2,43 – 2,5	2,45 – 2,55	2,5 – 2,66
Сопротивление сжатию, МПа …….	До 35	35 – 55	55 – 80	80– 100	> 100
Упругие и акустические свойства					
Модуль упругости, E МПа*10^5……	До 0,2	0,2 – 0,35	0,35 – 0,5	0,5 – 0,65	> 0,65
Акустическая жесткость, кг/м^3·м/с…….	До 0,3	0,3 – 3,5	3,5 – 4,0	4,0 – 4,5	> 4,5
Коэффициент анизотропии ($K_а$)	1,1–1,25	1,25–1,35	1,35–1,6	1,6–1,8	1,8–1,9

Рекомендация: Проанализируйте изменение свойств массива от категории по блочности (трещиноватости)

Перспективно применение водосодержащих суспензионных и эмульсионных ВВ, часть из которых имеют хорошую водоустойчивость (ГЛТ-20В, порэмиты) и кислородный баланс, близкий к нулевому.

Для обеспечения механизации взрывных работ необходимо выбирать взрывчатые вещества, обладающие хорошей сыпучестью, минимальными сле-

живаемостью и пылением и малой чувствительностью к механическим воздействиям.

Важным свойством ВВ является минимальное агрессивное воздействие их на средства инициирования (ДШ, шашки-детонаторы), а также исключение взаимодействия его с окружающими породами (стенками скважин и трещинами, с которыми имеет контакт заряд ВВ).

При взрывании блоков больших объемов необходимо сохранение постоянства свойств ВВ при их нахождении в скважинах в течение длительного времени (7 – 10 и более суток).

При взрывании зарядов больших диаметров (> 250 мм) целесообразно применять ВВ, имеющие относительно невысокую теплоту взрыва до 4000 кДж/кг. Такие взрывчатые вещества в зарядах больших диаметров обеспечивают в большинстве случаев хорошее дробление породы при относительно невысокой стоимости самих ВВ.

ВВ, обладающие высокими взрывчатыми характеристиками с теплотой взрыва не ниже 5000 кДж/кг, должны быть предназначены для взрыва крупноблочных трудновзрываемых и обводненных пород, как правило, зарядами малого диаметра

ВВ для заряжания обводненных скважин должны быть водоустойчивыми и обладать плотностью больше 1 г/см. Целесообразно для заряжания скважин при небольших объемах взрыва использовать ВВ с меньшей водоустойчивостью в эластичных рукавах-пакетах, диаметр которых больше диаметра скважин, а общая плотность более 1 г/см^3.

В целом на крупных карьерах с механизацией взрывных работ предпочтительно применять относительно безопасные и дешевые ВВ местного изготовления типа игданитов, гранэмитов, акватолов, порэмитов.

На карьерах небольшой производственной мощности так же, как и на других горных и промышленных объектах с небольшим объемом потребления ВВ (100 – 1000 т/год), проще применять ВВ только заводского изготовления, предпочтительно не содержащие тротил гранулиты.

Для суровых климатических условий Севера, где взрывают в основном сухие скважины, также целесообразно шире использовать бестротиловые гранулиты и игданиты.

5, **Выбрать метод взрывных работ.** Современная теория и практика взрывных работ метод взрывных работ определяет положением заряда относительно разрушаемого объекта, а также конструкцией и формой горной выработки для размещения заряда.

По-первому признаку различают метод взрывных работ наружными (накладными) зарядами и внутренними зарядами.

Накладные заряды располагаются на поверхности разрушаемого объекта и применяются при открытой разработке карьеров на вспомогательных работах, в частности при дроблении негабаритов.

Внутренние заряды располагаются в горных выработках. В зависимости от формы и конструкции горных выработок различат методы шпуровых и скважных зарядов, метод котловых и метод камерных зарядов.

Метод шпуровых зарядов применяют для селективной выемки маломощных залежей полезного ископаемого, для добычи штучного камня, в карьерах малой мощности при ведении горных работ с использованием рыхлителей, скреперов и т.п. мобильной техники; на вспомогательных работах для дробления негабаритных кусков, подработки завышенной подошвы уступов, ликвидации козырьков уступов и т. п.

На современных карьерах для разупрочнения горных пород перед выемкой применяется в основном метод скважинных зарядов. Метод котловых зарядов применяется относительно редко.

В зависимости от конкретных горно-технических условий и требований к качеству взрывных работ применяют различные методы скважинных зарядов: вертикальные заряды, наклонные заряды, параллельно сближенные заряды, сосредоточенные и рассосредоточенные заряды; методы взрывания на свободный откос и на подпорную стенку.

Условия применения преимущества и недостатки методов взрывных работ достаточно подробно описаны в литературе [2,3,5,10,15]

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ СКВАЖИННЫМИ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ И НАКЛОННЫМИ СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ

6. Рассчитать и принять удельный расход ВВ по двум из ниже приведённых методов.

Удельный расход ВВ – один из основных параметров взрывных работ, определяющих требуемое качество взрывной подготовки горных пород к выемке. Значение удельного расхода ВВ зависит от множества факторов. Эти факторы характеризуют: мощность заряда ВВ (плотность ВВ, идеальную работу взрыва, скорость детонации), горно-технологические свойства разрыхляемого массива горных пород (плотность, вязкость, крепость, трещиноватость, пространственное расположение трещин, обводненность), условия воздействия взрывной энергии на массив (высоту уступа и глубину скважины, величину перебура и забойки, диаметр и конструкцию заряда, количество рядов скважин, способ и метод взрывания, схему коммутации взрывной сети) и требования к результатам взрыва. Большое число влияющих факторов, широкая вариация и достаточно высокая неопределенность горно-технологических свойств разрабатываемых горных пород не позволяют обеспечить достаточно точный расчет удельного расхода ВВ для разработки конкретного месторождения. Однако существующие методы расчета позволяют определить базовое проектное (расчетное) значение удельного расхода ВВ ($q_{\text{р}}$), которое в процессе разработки месторождения уточняется и корректируется применительно к конкретному району – блоку разрабатываемого массива горных пород, с учетом условий его разработки.

Имеющиеся в настоящее время в отечественной практике проектирования и разработки месторождений открытым способом методы расчета удельного расхода ВВ можно объединить в три группы:

– расчет удельного расхода ВВ по прочностным характеристикам горной породы (пределам прочности на сжатие, растяжение и сдвиг) и её плотности – метод В. В. Ржевского;

– расчет удельного расхода ВВ в зависимости от одного – двух факторов (как правило, трещиноватости и крепости) по табличным данным, полученным на основании обобщения практического опыта, например, метод Гипроруды или «Союзвзрывпрома»;

– расчет удельного расхода ВВ по эмпирическим зависимостям.

Во всех трех группах определяется эталонный удельный расход для эталонных условий. Для условий отличных от эталонных удельный расход ВВ определяется с помощью переводных коэффициентов, учитывающих отклонение фактических условий от эталонных.

Метод В. В. Ржевского [2, 6] используется для расчета эталонного удельного расхода ВВ, а также для установления класса взрываемости пород при известных их физико-механических свойствах: $\sigma_{сж}$ – пределе прочности на сжатие, МПа; $\sigma_{сд}$ – пределе прочности на сдвиг, МПа; $\sigma_р$ – пределе прочности на растяжение, МПа (1 МПа = 10 кгс/см^2); γ – плотности горной массы, т/м^3.

Эталонный удельный расход ВВ определяется для условий: эталонный ВВ аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; разрыхляемый массив – 1 м^3 монолитной породы при шести свободных поверхностях (свободно подвешенный куб); заряд диаметром 200 мм в центре куба; средний размер куска разрыхленной породы – 0,5 м. Величина его ($q_э$, г/м^3) рассчитывается по формулам:

$$q_э = 0{,}2\left(\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_р\right) + 2{,}0\gamma\,. \qquad (2.1)$$

Для вязких пород (при $\sigma_{сд} > 0{,}2\sigma_{сж}$; $\sigma_р > 0{,}1\sigma_{сж}$) эталонный удельный расход ВВ рассчитывается так:

$$q_э = 0{,}36\left(\sigma_{сж} + \sigma_{сд} + \sigma_р\right) + 3{,}6\gamma\,. \qquad (2.2)$$

В формулах (2.1) – (2.2) величины $\sigma_{сж}$, $\sigma_{сд}$, $\sigma_р$ измеряются в мегапаскалях (МПа), а γ – в т/м^3; эмпирические коэффициенты 0,2 и 0,36 при значениях напряжений сжатия, растяжения и сдвига в кгс/см^2 принимаются равными 0,02 и 0,036 соответственно.

По удельному эталонному расходу ВВ горные породы подразделяются на 5 классов по взрываемости (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Характеристика горных пород по взрываемости

Класс	Характеристика взрываемости	Категория	Эталонный расход, г/м^3
1	Легковзрываемые породы…….	1 – 5	< 20
II	Средневзрываемые породы……..	6 – 10	20 – 40
III	Трудновзрываемые породы…….	11 – 15	40 – 60
IV	Весьма трудновзрываемые……..	16 – 20	60 – 80

V	Исключительно трудновзрываемые породы……	21 – 25	> 80

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, г/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_д K_т K_{сз} K_{об} K_{сп}, \qquad (2.3)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, г/м^3):

$$q_р = q_э K_{ВВ} K_д K_т K_{сз} K_{об} K_{сп} \text{ г/м}^3, \qquad (2.3')$$

где $K_{ВВ}$ – переводной коэффициент используемого ВВ по отношению к эталонному ВВ – аммониту № 6ЖВ. Определяется как величина обратно пропорциональная коэффициенту взрывной эффективности – табл. П. 3.3 и П. 3.4,

$K_д$ – коэффициент, учитывающий требуемую степень дробления породы,

$$K_д = 0{,}5/d_{ср.рац},$$

где $d_{ср.рац}$ – требуемый средний диаметр куска взорванной породы (лабораторная работа № 1 ф. 1.18, 1.19), м;

$K_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость взрываемого массива.

$$K_т = 1{,}2 l_{ср} + 0{,}2,$$

где $l_{ср}$ – средний диаметр отдельности в массиве (м), зависящий от категории пород по трещиноватости. Принять согласно п. 2.1 лабораторной работы 1 (может быть принято по фактическим данным или на основании табл. 2.1).

$K_{сз}$ – коэффициент, учитывающий фактическую форму и степень сосредоточения заряда по длине скважины (табл. 2.4);

$K_{об}$ – коэффициент, учитывающий объем взрываемой породы и зависящий от высоты уступа $H_у$;

$$K_{об} = \sqrt[3]{\frac{15}{H_у}} \text{ – для уступов высотой до 18 м;}$$

$$K_{об} = \sqrt[3]{\frac{H_у}{15}} \text{ – для уступов высотой более 18 м;}$$

$K_{сп}$ – коэффициент, учитывающий количество свободных поверхностей. При двух свободных поверхностях (взрывание на свободный откос) $K_{сп}$ = 8. При одной свободной поверхности (взрывание в зажатой среде) $K_{сп}$ = =10.

Таблица 2.4

Значения коэффициентов сосредоточенности зарядов ВВ ($K_{сз}$)

Диаметр скважин, мм	Классы и категории пород по взрываемости				
	I	II	III	IV	V
	1, 2, 3, 4, 5	6, 7, 8, 9, 10	11, 12, 13, 14, 15	16, 17, 18, 19, 20	21, 22, 23, 24, 25
100	0,95 – 0,93	0,92 – 0,90	0,89 – 0,86	0,85 – 0,83	0,82 – 0,80
150	0,98 – 0,97	0,96 – 0,95	0,95 – 0,94	0,94 – 0,93	0,93 – 0,92
200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
250	1,03 – 1,04	1,04 –1,05	1,05 – 1,06	1,06 – 1,07	1,07 – 1,08
300	1,06 – 1,07	1,08 – 1,10	1,10 – 1,11	1,12 –1,13	1,13 – 1,15
350	1,10 – 1,12	1,13 – 1,15	1,16 – 1,19	1,19 – 1,22	1,23 – 1,25

Полученное значение расчетного удельного расхода ВВ применяется для зарядов первого ряда. Для зарядов второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, оно увеличивается:

– для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;

– для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15% или в соответствии с табл. 2.5.

Метод института «Гипроруда» [11, 6]. Эталон ный удельный расход ($q_э$) для условий: эталонный ВВ – аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; породы V категории по трещиноватости с коэффициентом крепости по шкале М. М. Протодьяконова 6 – 10; заряд вертикальный диаметром 250 мм; размер кондиционного куска – 500 мм, установленный на основании обобщения практического опыта, приведен в табл. 2.6.

Таблица 2.5

Увеличение расхода ВВ для зарядов во втором и последующих рядах в зависимости от трещиноватости пород

Категория трещиноватости пород……	1	II	III	IV	V
Коэффициент увеличения заряда ВВ…….	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15

Таблица 2.6

Эталонный удельный расход ВВ (по методике Гипроруды), кг/м^3

Категория пород по трещиноватости	Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 – 6	6 – 10	10–14	> 14
I	0,20	0,25	0,3	0,35
II	0,30	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,50	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,90
V	0,90	1,00	1,1	1,20

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, кг/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_{дс} K_{др} K_β, \quad (2.4)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, кг/м^3):

$$q_Р = q_э K_{ВВ} K_{дс} K_{др} K_β, \quad (2.4')$$

где $K_{ВВ}$, $K_{дс}$, $K_{др}$, $K_β$ – коэффициенты, учитывающие соответственно тип ВВ, диаметр скважины (табл. 2.7), степень дробления (табл. 2.8) и угол наклона скважины к горизонту β при $β = 90°$ $K_β = 1$, при $β < 90°$ $K_β = 0{,}93 \div 0{,}95$.

Трещиноватость пород принимается по фактическим данным, либо по данным геологоразведки в соответствии с табл. 2.1. В учебном варианте задается в исходных данных.

Таблица 2.7

Величина поправочных коэффициентов, учитывающих размер диаметра скважины

Диаметр скважины, мм	100	125	160	200	250	320	350	400
Поправочный коэффициент ($K_{дс}$)….	0,92	0,93	0,95	0,98	1,0	1,05	1,07	1,10

Таблица 2.8

Величина поправочных коэффициентов на размер кондиционных кусков

Требуемый размер кондиционного куска, мм	100	250	500	750	1000	1250	1500	2000
Поправочный коэффициент **($K_{др}$)**….	1,90	1,30	1,00	0,85	0,75	0,70	0,65	0,55

Проектный расход ВВ для второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, увеличивается:

- для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;
- для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15%, или в соответствии с табл. 2.5.

Метод Союзвзрывпрома [11], [6]. Эталонный удельный расход ($q_э$) для условий: эталонный ВВ – аммонит № 6ЖВ или граммонит 79/21; вертикальный заряд, для пород различной крепости, установленный на основании обобщения практического опыта, приведен в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Удельный расход ВВ (аммонит № 6ЖВ) при взрывании вертикальных скважинных зарядов, кг/м^3

Группа пород по ЕНиР 1974 г. (коэффициент крепости пород)							
IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
(До 1)	(1,5–2)	(3–4)	(5–6)	(7–10)	(9–11)	(12–15)	(16–20)
0,30 – 0,40	0,35 – 0,50	0,40 – 0,55	0,55 – 0,65	0,60 – 0,75	0,60 – 0,75	0,70 – 0,80	0,85

Проектный (расчетный) расход эталонного ВВ ($q_р^э$, кг/м^3) вычисляется, исходя из следующего соотношения:

$$q_р^э = q_э K_\beta, \qquad (2.5)$$

а проектный (расчетный) расход выбранного (принятого) ВВ ($q_р$, кг/м^3):

$$q_р = q_э K_{ВВ} K_\beta, \qquad (2.5')$$

где $K_{ВВ}$, K_β – коэффициенты, учитывающие соответственно тип ВВ и угол наклона скважины к горизонту β при β = 90° K_β = 1, при β < 90° K_β = 0,93 ÷ 0,95.

Проектный расход ВВ для второго и последующих рядов, а также при взрывании на подпорную стенку, увеличивается:

- для пород I – III категории трещиноватости на 5 – 10 %;
- для пород IV – V категории трещиноватости на 12 – 15%, или в соответствии с табл. 2.5.

Метод расчета удельного расхода ВВ по эмпирическим зависимостям

Кутузовым Б. Н. предложена формула для определения удельного расчетного расхода ВВ (в кг/м^3) [8,14]. В расчете на выход негабарита не более 3 %:

$$q_р = 0{,}13\gamma K_{ВВ} \sqrt[4]{f} \sqrt[3]{\frac{l_д}{4d_{ср\ рац}}} \left(0{,}6 + 3{,}3 l_{ср} d_{ск}\right) \left(\frac{50}{l_д}\right)^{\frac{2}{5}}, \qquad (2.6)$$

где f – коэффициент крепости;

$l_{ср}$ – средний диаметр отдельности во взрываемом массиве, м;

$d_{ск}$ – диаметр скважины, м;

$l_д$ –величина негабаритного куска в развале взорванной горной массы, см;

γ – плотность взрываемой породы, т/м^3;

$d_{ср\ рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, см.

Репиным Н. Я. на основании опытно-экспериментальных исследований, проведенных на угольных разрезах, установлена эмпирическая модель удельного расчетного расхода ВВ при следующих исходных данных: высоте уступа, диаметре и угле наклона скважины, трещиноватости массива и среднем диаметре куска в развале горной массы.

$$q_р = \left(\frac{1}{d_{ср\ рац}} - \frac{1}{l_{ср}}\right) \frac{d_{ск} + \beta}{H_у + 250} \text{ кг/м}^3, \qquad (2.8)$$

где $H_у$ – высота уступа, м;

$d_{с.к}$ – диаметр скважины, мм;

β – угол наклона скважины к горизонту, градус;

$d_{ср\ рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, м.

В случае если допустимый процент выхода негабарита (см. приложение 1, таб. П.1.1) более 3%, удельный расчетный расход ВВ предлагается скорректировать по следующей формуле [14]:

$$q = q_{\text{р}} \frac{V_{\text{н.м}} - V_{\text{н}}}{V_{\text{н.м}}} \text{ кг/м}^3, \qquad (2.7)$$

где $V_{\text{н.м}}$ – содержание негабарита в массиве до взрыва, %; определяется в соответствии с категорией трещиноватости по табл. 2.1 в расчете на фракцию $+l_{\text{д}}$ мм;

$V_{\text{н}}$ – содержание негабарита в разрыхленном после взрыва массиве (допустимый процент выхода негабарита, табл. П.1.1), %.

Влияние обводненности пород на качество их взрывного дробления предлагается в соответствии с рекомендациями Кузнецкого филиала НИИОГР учитывать умножением расчетного расхода ВВ на коэффициент $K_{\text{вод}}$, учитывающий обводненность пород (табл. 2.10). Оценка обводненности пород производится по высоте столба воды в скважине $h_{\text{в}}$. Выделяется три степени обводненности пород: первая – высота столба воды в скважине не превышает величину перебура (условно сухие породы); вторая – высота столба воды не превышает половины высоты уступа (обводненные породы); третья – высота столба воды превышает половину высоты уступа (сильнообводненные породы).

Таблица 2.10

Коэффициент $K_{\text{вод}}$, учитывающий влияние обводненности пород на качество их взрывного дробления

Категория пород по блочности	Значение коэффициента, учитывающего обводненность пород при высоте столба воды в скважине		
	$h_{\text{в}} < 0{,}1H_{\text{у}}$	$h_{\text{в}} = (0{,}1 - 0{,}5)H_{\text{у}}$	$h_{\text{в}} > 0{,}5H_{\text{у}}$
I	1	1,0 – 0,90	0,90 – 0,85
II	1	1,0 – 1,05	1,04 – 1,07
III	1	1,0 – 1,04	1,07 – 1,13
IV	1	1,0 – 1,09	1,09 – 1,15
V	1	1,0 – 1,10	1,10 – 1,20

При взрывании условно сухих пород корректировка удельного расхода ВВ не производится. При $h_{\text{в}} > 0{,}1H_{\text{у}}$ осуществляется корректировка проектного значения удельного расхода ВВ с учетом коэффициента $K_{\text{вод}}$.

Корректировка величины удельного расхода ВВ производится и при взрывании вечномерзлых пород. В этом случае величина расчетного удельного расхода ВВ увеличивается на 15 %.

7. Учитывая исходные данные, **определить коэффициент сближения скважин и принять форму сетки скважин**.

В настоящее время в практике взрывных работ при определении и оценке параметров сетки скважин широко используется коэффициент сближения *m* – отношение расстояния между скважинами в ряду *a* к линии сопротивления по подошве уступа *W*. При короткозамедленном взрывании расстояние между рядами скважин *b* принимается обычно равным величине *W*. Поэтому в дальнейшем под коэффициентом сближения скважин понимается как отношение *a/W*, так и, в равной степени, отношение *a/b*.

Для каждого конкретного случая существует определенное значение *m*, при котором обеспечивается наиболее высокое разрушающее действие зарядов; оно принимается обычно за оптимальное и используется при определении размеров сетки скважин. На практике значение *m* изменяется от 0,3 до 1,9, а установленная экспериментально оптимальная его величина – от 0,7 до 1,6.

Форма сетки скважин влияет на качество дробления. В зависимости от условий взрывания лучшее дробление достигается при шахматной, прямоугольной или квадратной форме сетки.

Опытные данные о зоне дробления пород скважинными зарядами [10] показывают, что форма ее в плоскости перпендикулярной оси заряда эллипсовидная. Меньшая ось эллипса перпендикулярна направлению наиболее частой трещиноватости во взрываемом массиве. Установлено, что если размеры сетки скважин определяются абсолютными размерами зоны дробления, то форма сетки – ориентировкой осей эллипса по отношению к линии откоса уступа.

При этом оптимальная форма сетки скважин должна обеспечивать максимально равномерное насыщение массива объемами дробления и минимальное значение площади S_o, расположенной между касающимися зонами дробления (рис. 2.1). Это может быть обеспечено при условии, что коэффициент сближения скважин будет принят на основе расчета по формуле [10, с. 103]:

$$m = \frac{2K_{\text{ф}}}{\sqrt{3}\left[1+\left(K_{\text{ф}}^{2}-1\right)sin^{2}\varphi\right]}, \qquad (2.9)$$

где $K_ф$ – коэффициент формы зоны дробления;

$$K_{\text{ф}} = \frac{L_2}{L_1} = 0{,}5(1 + K_{\text{а}}); \qquad (2.10)$$

$K_а$ – коэффициент анизотропии взрываемого массива. Определяется либо по табл. 2.2, либо так:

$$K_{\text{а}} = \frac{r_{\text{г}}}{r_{\text{п}}}, \qquad (2.11)$$

где $r_г$ – наибольшая частота трещин; направление наибольшей частоты трещин это направление главной оси анизотропии, м$^{-1}$;

$r_п$ – частота трещин в направлении, перпендикулярном к главной оси анизотропии, $м^{-1}$;

ψ – угол между направлением наибольшей оси зоны дробления (направлением наиболее частых трещин) и направлением линии уступа, град.;

$$\psi = | \theta - \theta_o |,$$

где θ – азимут направления наибольшей оси зоны дробления (может быть определен опытным взрыванием скважинного заряда в данном массиве), град.;

θ_o – азимут направления линии откоса уступа, град.

Форма сетки скважин должна приниматься при этом в соответствии со значением угла ψ. При $0^o \le \psi \le 30^o$ или $60^o \le \psi \le 90^o$ следует принимать шахматную, а при $30^o \le \psi \le 90^o$ – прямоугольную сетку скважин.

Конкретные значения коэффициента сближения и форма сетки скважин на предприятии устанавливаются и корректируются на основе анализа опыта ведения взрывных работ и в процессе доразведки месторождения и уточнения пространственного расположения систем трещин в массиве.

При проектировании, если нет достаточной информации о трещиноватости горного массива, величину коэффициента сближения скважин возможно принять в соответствии с рекомендациями М. Ф. Друкованого [5]:

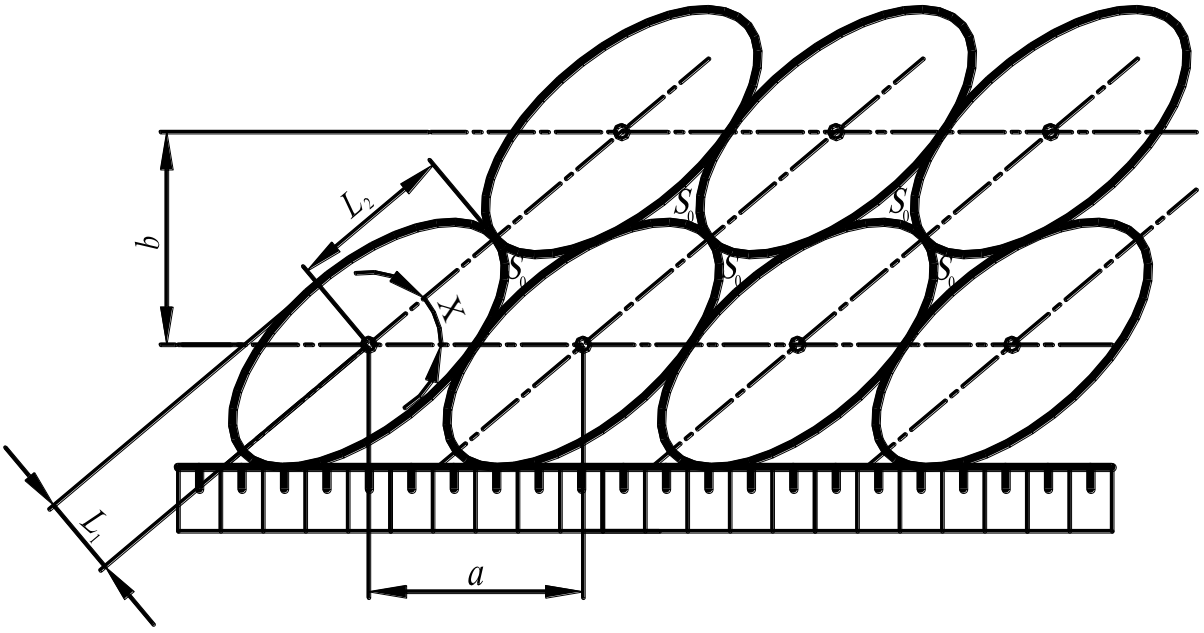


Рис. 2.1. Схема к определению коэффициента сближения и формы сетки скважин

1) при мгновенном взрывании серии скважин в ряду рекомендуется принимать квадратную сетку расположения скважин с коэффициентом сближения, равным единице;

2) при короткозамедленном взрывании зарядов в ряду коэффициент сближения должен составлять 1,2 – 1,4.

Если имеется информация о трещиноватости массива и о пространственном расположении трещин в нем, коэффициент сближения скважин и форма сетки могут быть приняты в соответствии с формулой (2.9) и рекомендациями [9, с. 104, 10, с. 105].

В качестве первичной исходной информации о трещиноватости массива могут быть использованы данные табл. П.1., 2.1.

8. Определить линию сопротивления по подошве (Л.С.П).

Линия сопротивления по подошве (Л.С.П.)– минимальное расстояние от скважины первого ряда до нижней бровки взрываемого уступа. По ней определяют положение первого ряда скважин. Различают расчетную линию сопротивления по подошве, минимально допустимую линию сопротивления по подошве, проектную и фактическую линию сопротивления по подошве.

Расчетная Л.С.П. ($W_р$, м) определяется по расчетным формулам.

Проектная Л.С.П. ($W_{пр}$, м) принимается на основе расчетной с учетом конкретных условий проектируемого карьера для составления проекта буровзрывных работ и должна быть не более расчетной.

Фактическая линия сопротивления по подошве ($W_ф$, м) – минимальное расстояние от скважины первого ряда до нижней бровки уступа, соответствующее его фактическим контурам. Определяется маркшейдерскими замерами, используется для корректировочных расчетов параметров взрывных работ и не должна быть больше расчетной Л.С.П.

Минимально допустимая линия сопротивления подошве ($W_{мин}$, м) определяется условием безопасности, которое исключает нахождение станка при бурении в призме возможного обрушения уступа:

$$W_{\text{мин}} = H_{\text{у}}\, ctg\, \alpha_{\text{р}} + C \geq H_y ctg\alpha_y, \qquad (2.12)$$

где α_y, $\alpha_р$ – углы откоса соответственно нерабочего и рабочего уступа, град.;

C – допустимое расстояние от верхней бровки уступа до скважин первого ряда (не менее ширины призмы возможного обрушения уступа)

$$C = H_{\text{у}}\left(ctg\, \alpha_{\text{у}} - \text{ctg}\, \alpha_{\text{р}}\right) \geq 2.$$

Расчетная линия сопротивления по подошве ($W_р$, м) определяется радиусом зоны дробления горной массы и зависит, в основном, от величины заряда в скважине, его конструкции и от взрываемости горных пород.

Азарковичем А. С. и Давыдовым С. А. предложена эмпирическая формула для определения расчетного предельного значения лини сопротивления по подошве для вертикальной одиночной скважины ($W_р^{од}$, м):

$$W_{\text{р}}^{\text{од}} = 53 k_{\text{т}} d_{\text{ск}} \sqrt{\frac{\Delta}{\gamma K_{\text{ВВ}}}}, \qquad (2.13)$$

где $k_т$ – коэффициент, учитывающий трещиноватость взрываемого массива и равный для монолитных пород единице; для трещиноватых – 1,1; для сильнотрещиноватых – 1,2;

Δ – плотность заряжания, кг/дм^3;

$d_{ск}$ – диаметр скважины, м.

Трест «Союзвзрывпром» рекомендует определять расчетную линию сопротивления по подошве для вертикальной одиночной скважины по формуле

$$W_{\mathbf{р}}^{\mathbf{од}} = \sqrt{\frac{p}{q_{\mathbf{р}}}}, \qquad (2.14)$$

где p – вместимость одного метра скважины, кг/м.

$$p = 1000\pi\frac{d_{ск}^2}{4}\Delta. \qquad (2.15)$$

При многорядном короткозамедленном взрывании, когда коэффициент сближения скважин $m > 1{,}2$, расчетная линия сопротивления по подошве определится: $W_р = W_р^{од}$. (2.16)

При мгновенном взрывании следует учитывать взаимодействие зарядов с помощью коэффициента равного $(1{,}6 – 0{,}5\,m)$.

При этом

$$W_р = W_р^{од}(1{,}6 – 0{,}5m). \qquad (2.17)$$

где k_w – коэффициент пропорциональности:

Категория трещиноватости	I	II	III	IV	V
k_w ……	45–50	40–45	35–40	30–35	25–30

Одно из полученных значений $W_р$ принять за проектное $W_{пр}$ и проверить условие: $W_{пр} \geq W_{мин}$. Если данное условие выполняется, то фактическая линия сопротивления по подошве ($W_ф$) должна отвечать условию $W_{пр} \geq W_ф \geq W_{мин}$. Если не выполняется, то необходимо по первому ряду скважин или по всему блоку перейти на наклонные, или на парносближенные вертикальные, или на котловые заряды.

Проектную линию сопротивления по подошве для наклонных скважин ($W_{пр}^{н}$, м) с углом наклона к горизонту β принимают равной: $W_{пр}^{н} = W_{пр}/\sin\beta$. А минимально допустимую линию сопротивления подошве ($W_{мин}$, м) равной:

$$W_{мин}, = C + H_y ctg\alpha_p - H_y ctg\beta$$

Для парносближенных вертикальных зарядов проектная линия сопротивления по подошве ($W_{пр}^{пс}$, м) принимается равной: $W_{пр}^{пс} = W_{пр}\sqrt{2}$

Для котловых зарядов проектная линия сопротивления по подошве ($W_{пр}^{н}$, м) принимается равной: $W_{пр}^{к} = (0{,}6 – 0{,}9)H_у$.

Значение проектной Л.С.П. должно удовлетворят условию $W_{\text{п р}} \geq W_{\text{мин}}$. Если это условие не выполняется, то необходимо для первого ряда скважин или для всего блока принять наклонные, или парносближенные (п. 16), или котловые заряды (п.13).

9. Определить параметры сетки скважин.

Расстояние между скважинами в ряду (a, м)

$$a = mW_{\text{пр}} \text{ м}; \tag{2.18}$$

Расстояние между рядами скважин (b, м)

$$b = (0{,}85 \div 1{,}0)W_{\text{пр}} \text{ м}, \tag{2.19}$$

где меньшее значение коэффициента применяется для трудновзрываемых пород, большее – для легковзрываемых.

Если первый ряд скважин наклонный, а остальные скважины вертикальные, то расстояние межу первым и вторым рядом составит:

$$b_{1-2} = (0{,}85 \div 1{,}0)W_{\text{пр}} - H_{\text{у}}\, ctg\, \beta.$$

10. Рассчитать параметры конструкции заряда.

10.1. **Определение перебура**. Назначение перебура – обеспечение и поддержание проектных отметок уступов путем достаточного разупрочнения его подошвы взрывом. Однако:

– перебур это увеличение длины скважины и, следовательно, снижение выхода горной массы с одного метра скважины;

– наличие большого заряда в перебуре приводит к формированию дополнительных сейсмических колебаний в массиве и системы трещин в верхней части нижележащего уступа, усложняющей бурение и управление результатами взрывания;

– если значительная часть заряда сосредоточена в перебуре при значительной его величине, то верхняя часть скважины недостаточно заполняется взрывчатым веществом, что приводит к повышенному выходу негабарита.

Все это определяет значимость правильного определения величины перебура как параметра конструкции заряда.

Практика ведения взрывных работ в карьере показывает, что величина достаточного перебура зависит от взрываемости пород в подошве уступа, высоты уступа, линии сопротивления по подошве, диаметра скважины (т. е. величины заряда в скважине), схемы коммутации взрывной сети. При этом увеличивать величину перебура свыше 3,0 – 3,5 м не рационально. В то же время, если нижняя часть уступа и его подошва представлены слабыми породами или недопустимо перемешивание пород верхнего и нижнего уступа, то заряд выполняется без перебура. При этом недобур в зависимости от крепости пород принимается равным 0,5 – 1,5 м.

В настоящее время величина перебура ($l_{\text{пер}}$, м) определяется по одной из следующих формул:

$$l_{\text{пер}} = (0{,}2 \div 0{,}3) W_{\text{пр}}; \qquad (2.20')$$

$$l_{\text{пер}} = (0{,}1 \div 0{,}2) H_y; \qquad (2.20'')$$

$$l_{\mathbf{пер}} = \sqrt{H_{\mathbf{у}}^2 + W_{\mathbf{пр}}^2} - H_{\mathbf{у}}; \qquad (2.20''')$$

$$l_{\text{пер}} = 0{,}5 q_{\text{р}} W_{\text{пр}}; \qquad (2.20'''')$$

$$l_{\text{пер}} = K_{\text{пер}}\, d_{\text{ск}}, \qquad (2.20''''')$$

где $K_{\text{пер}}$ – коэффициент перебура, учитывающий взрываемость пород.

Класс пород по взрываемости (по В. В. Ржевскому)	I	II	III	IV	V
$K_{\text{пер}}$ …….	6 – 8	8,1 – 10	10,1 – 12	12,1 – 14	14,1 – 16

Сотрудником ЦПЭССЛ «Союзвзрывпрома» В. М. Борычевым на основе статистической обработки теоретических и практических данных предложена следующая формула для определения рационального значения перебура:

$$l_{\text{пер}} = \frac{W_{\text{пр}}}{d_{\text{ск}}^{2/3}} \left(0{,}12F^2 - F + 6{,}5\right)\left(0{,}16 + 1{,}36 \lg H_{\text{у}}\right), \qquad (2.21)$$

где F – номер группы, к которой относятся породы по классификации СНиП определяется из соотношения:

$$f = \left(\frac{F}{2{,}5}\right)^2; \qquad F = 2{,}5\sqrt{f}.$$

При взрывании в зажатой среде и для врубовых рядов величина перебура увеличивается на 1,0 – 1,5 м. При бурении наклонных скважин она уменьшается на 30 – 40 %.

10.2. **Определение длины скважины** ($l_{\text{ск}}$, м)

$$l_{\text{ск}} = \frac{H_{\text{у}}}{\sin\beta} + l_{\text{пер}}. \qquad (2.22)$$

10.3. **Определение длины забойки.** Принято считать, что забойка обеспечивает:

– увеличение эффекта действия взрыва за счет уменьшения потерь энергии при детонации ВВ, увеличения длительности действия газов взрыва на стенки скважины;

– уменьшение силы воздушной ударной волны;

– уменьшение разброса кусков породы при взрыве;

– уменьшение количества ядовитых газов в продуктах взрыва.

Длина забойки должна быть рациональной, так как её увеличение приводит к снижению качества дробления верхней части уступа.

Длина забойки ($l_{\text{заб}}$, м) может быть определена по одной из следующих формул:

$$l_{\text{заб}} = (0{,}5 \div 0{,}75) W_{\text{пр}}; \qquad (2.23')$$

$$l_{\text{заб}} = (25 \div 35) d_{\text{ск}}. \qquad (2.23'')$$

При $d_{ск}$ равном 200 – 300 мм длина забойки определится:

для сильно трещиноватых пород

$$l_{заб} = (0{,}15 \div 0{,}20) l_{ск} \quad \text{при } H_у \le 15 \text{ м;} \qquad (2.24')$$

$$l_{заб} = 2 \div 3 \text{ м} \quad \text{при } H_у > 15 \text{ м.} \qquad (2.24'')$$

для пород средней трещиноватости

$$l_{заб} = (0{,}2 \div 0{,}3) l_{ск} \quad \text{при } H_у \le 15 \text{ м;} \qquad (2.25')$$

$$l_{заб} = 4 \div 5 \text{ м} \quad \text{при } H_у > 15 \text{ м.} \qquad (2.25'')$$

Для зарядов с воздушным промежутком длина забойки уменьшается на 20 – 30 %.

10.4. **Предельно допускаемая длина заряда** ($[l_{зар}]$, м).

$$[l_{зар}] = l_{ск} - l_{заб}. \qquad (2.26)$$

10.5. **Определение величины заряда в скважине.**

10.5.1.**Величина заряда, который можно разместить в скважине** (Q', кг):

$$Q' = p[l_{зар}]. \qquad (2.27)$$

10.5.2.**Величина заряда, который необходимо разместить в скважине** (Q, кг):

для первого ряда (Q_1, кг):

- вертикальных скважин $Q_1 = H_у W_{пр} a q_р$; (2.28)

- наклонных зарядов $Q_1 = H_у W_{пр}^{н} a q_р$

для второго и последующих рядов (Q_2, кг):

$$Q_2 = H_у b a q_{р2}. \qquad (2.29)$$

Если первый ряд наклонные скважины, а второй и последующие ряды вертикальные, то величина заряда скважин первого вертикального ряда ($Q_{1в}$, кг) определяется по формуле:

$$Q_{1в} = H_у W_{пр} a q_{р2}, \qquad (2.30)$$

а для скважин остальных вертикальных рядов по формуле (2.29) , где $q_р$– удельный расход ВВ для первого ряда скважин, кг/м^3; $q_{р2}$ – удельный расход ВВ для второго и последующих рядов скважин, кг/м^3.

10.6. **Если $Q < Q'$,** то рассчитывают проектную длину заряда для каждого ряда скважин, м

$$l_{зар} = \frac{Q}{p}. \qquad (2.31)$$

Затем корректируют длину забойки $l_{заб}^{к} = l_{ск} - l_{зар}$. Если откорректированная длина забойки выше рациональной (формулы (2.23′) – (2.25″)), то рассредоточивают заряд так, чтобы в нижней части скважины было 2/3 части всего

заряда. Разделение заряда производят либо забоечным материалом так, чтобы обеспечить ранее рассчитанную длину забойки, либо воздушным промежутком (см. п.п. 14).

10.7. **Если $Q_1 > Q'$,** то необходимо уменьшить линию сопротивления до значения ($W_{\text{пр}}^{\text{кор}}$, м):

$$W_{\text{пр}}^{\text{кор}} = \sqrt{\frac{Q'}{h_{\text{у}} m q_{\text{р}}}} \ . \qquad (2.32)$$

Если выполняется условие $W_{\text{пр}}^{\text{кор}} \geq W_{\text{мин}}$, то принимаем $W_{\text{пр}} = W_{\text{пр}}^{\text{кор}}$ и корректируем параметры сетки скважин по формулам (2.18) и (2.19) и с учетом ниже приведенной формулы, а также корректируем значение всех величин, зависящих от $W_{\text{пр}}$:

$$b_{\text{к}} = \frac{Q'}{H_{\text{у}} m W_{\text{пр}}^{\text{кор}} q_{\text{р2}}} \ . \qquad (2.33)$$

Если данное условие не выполняется, то необходимо по первому ряду скважин или по всему блоку перейти на наклонные, или на парносближенные (п. 16), или на котловые заряды (п.13).

11**.** Учитывая исходные данные, **выбрать схему коммутации взрывной сети.**

От правильно выбранной схемы коммутации зависит интенсивность и равномерность дробления, ширина, форма и направление развала взорванной горной массы, размеры сейсмобезопасной зоны, интенсивность заколообразования в глубь массива и безотказность взрывания.

Существуют примерно 40 вариантов различных схем коммутации. В основе их лежат четыре базовых схемы: с продольным (порядные продольные), поперечным (порядные поперечные), диагональным (диагональные) и радиальным (радиальные) расположением взрываемых рядов скважин. Выбор и применение конкретной схемы определяется совокупностью конкретных требований к результатам взрыва. Первые две применяются при рыхлении легко– и средневзрываемых пород, третья и четвертая при рыхлении средне– и труднодробимых пород.

Опыт взрывных работ в карьерах показывает, что при наличии широких рабочих площадок на уступах рационально применение диагонально-волновых схем, волновых и даже порядных схем с взрыванием зарядов через интервал в каждом ряду. Возможны схемы взрывания с врубовыми зарядами. При завышенной ЛСПП взрывание с замедлением через один ряд не обеспечивает преодоления сопротивления первого ряда, а поэтому рекомендуется взрывание групп скважин.

Для обеспечения высокой степени дробления и минимального развала горной массы при взрыве уступов с малыми площадками наиболее приемлемы диагональные или диагонально-волновые схемы взрывания.

При крутом падении пластов желательно, чтобы действие зарядов было направлено вкрест простирания пластов (слоев пород). Это же условие сохраняется в массивах с ориентированной системой трещин.

При однорядном взрывании применяются, в основном, схемы коммутации через один заряд или с замедлением на каждую скважину.

С точки зрения дробления горной породы и уменьшения ширины развала наиболее эффективной является схема с последовательным замедлением на каждую скважину.

Для выбора схемы коммутации взрывной сети применительно к заданному варианту расчетов рекомендуется использовать информацию [5, с. 240 –256], [8, с. 154–160], а также прил. 5.

По принятой схеме коммутации определяется угол φ_o между линией откоса уступа (её направление, как правило, совпадает с направлением рядов скважин он) и линией одновременно взрываемых зарядов (рис. 2.2). От этого угла зависит направление и ширина развала. При $\varphi_o = 0^o$ (порядная продольная схема) ширина развала максимальная; при $\varphi_o = 90°$ (порядная поперечная схема) ширина развала минимальная.

При оценке схемы коммутации сегодня, наряду с коэффициентом сближения скважин, используется коэффициент сближения зарядов ($m_з$) – отношение расстояния между одновременно взрываемыми зарядами к расстоянию между линиями расположения соседних групп одновременно взрываемых зарядов:

$$m_з = \frac{\sqrt{(K_a a)^2 + b^2}}{a \sin \varphi_o}, \qquad (2.34)$$

где K_a – количество межскважинных интервалов горизонтального ряда на отрезке горизонтального проложения линии между двумя одновременно взрываемыми зарядами диагональной группы.

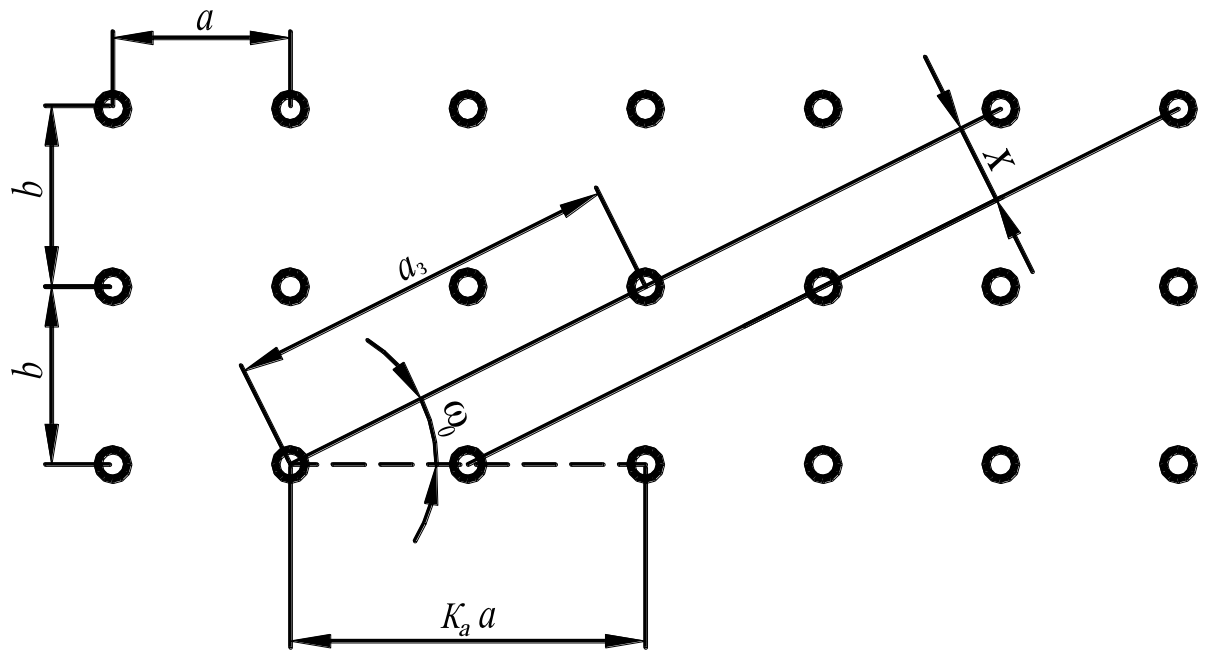


Рис. 2.2. К определению коэффициента сближения зарядов:

$$a_з = \sqrt{(K_а a)^2 + b^2}\,; \qquad x = a \sin \varphi_о$$

При порядных схемах взрывания обычно $m_з = m$, при диагональных схемах, при рыхлении трудных и исключительно трудных пород, рекомендуется обеспечивать величину $m_з$ до 4–8. Это, как показывает опыт, позволяет обеспечить независимость действия одновременно взрываемых зарядов и повысить их КПД, существенно снизить выход негабаритов, снизить ширину развала и зоны заколообразования.

Расчет интервалов замедления между взрывами скважных зарядов или отдельных групп зарядов (τ, мс) производится по формуле:

$$\tau = 2W_{пр}\sqrt{\frac{\gamma}{q_{\mathbf{р}}}}\,. \qquad (2.35)$$

При этом расстояние между линией одновременно взрываемых зарядов и ДШ последующей взрываемой секции должно отвечать условию

$$x' > (5 + 0{,}5\tau)d_{ск}, \qquad (2.35')$$

12**. Определить ожидаемые показатели взрывного рыхления горной массы и параметров взрывного блока.**

12.1. **Определить параметры развала взорванной горной породы**. Основными параметрами развала взорванной горной породы являются его ширины и высота. От величины и соотношения эти параметров зависит компактность развала, производительность и возможность селективной выемки пород. Значение этих параметров зависит в основном от горно-технологических свойств пород взрываемого массива, методов и параметров взрывных работ, способов взрывания зарядов. Формирование их носит случайный и достаточно неопределённый характер. Поэтому существуют несколько методов расчета параметров развала, результаты которых уточняются и корректируются в процессе практики эксплуатации карьера. Основные из них рассматриваются ниже.

Первый метод изложен в учебнике В. В. Ржевского. Согласно этому методу ширина развала взорванной горной массы ($B_р$, м) определяется как сумма ширин части развала от первого ряда скважин и оставшейся части ширины развала до границы взрывного блока:

$$B_р = B_1 + (n - 1)b = B_1 + A_{бл} - W_{пр}, \qquad (2.36)$$

где B_1 – ширина развала взорванной горной массы, начиная от первого ряда скважин;

n – количество рядов скважин в блоке;

$A_{бл}$ – ширина взрывного блока, м.

$$B_1 \approx K_в K_β K_з H_у \sqrt{q_{\mathbf{р}}}\,, \qquad (2.37)$$

где $K_в$ – коэффициент, характеризующий взрываемость пород ($K_в$ = 2,0; 2,5; 3,0 соответственно для легко–, средне– и трудновзрываемых пород);

K_β – коэффициент, учитывающий угол наклона скважины к горизонту β,

$$K_\beta = 1 + 0{,}5\sin 2\,(\pi/2 - \beta);$$

$K_з$ – коэффициент дальности отброса взорванной породы, зависящий от величины интервала замедления (τ).

Величина интервала замедления

τ, мс	0	10	25	50	75 и более
$K_з$	1	0,95	0,9	0,85	0,8

При порядной схеме взрывания для любых τ величина $K_з$ = 1.

Тогда количество рядов скважин в блоке (n) принимается как число

$$n = \frac{B_{р.тр} - B_1}{b} + 1,$$

округленное до ближайшего большего целого, если дробная часть больше или равна 0,5, и до ближайшего меньшего целого, если дробная часть меньше 0,5, где $B_{р.тр}$ – требуемая ширина развала, м (лабораторная работа № 1) .

Ширина взрывного блока:

$$A_{бл} = (n - 1)b + W_{пр}. \qquad (2.38)$$

Проектная величина развала ($B_р$, м)

$$B_р = B_1 + (n - 1)b. \qquad (2.39)$$

При *однорядном* взрывании на дробление вертикальными нормальными зарядами ($q_р = q_ф$) развал имеет форму, близкую к треугольнику, а при взрывании наклонными зарядами или вертикальными усиленными зарядами – трапециевидную. При этом длина верхнего основания трапециевидного профиля $l_{в.о} \approx 0{,}3(B_1 - W_ф) + 3{,}5$ м. Коэффициент разрыхлении ($K_р$) породы в развале составляет 1,4 – 1,6 для пород в отброшенной части развала и 1,2 – 1,3 для пород, расположенных в пределах взрываемого блока. Высота развала при вертикальных нормальных зарядах составляет $H'_{р.о} = 2H_у W_{пр} K_р / B_1$, а при наклонных и вертикальных усиленных – $H''_{р.о} = 2H_у W_{пр} K_р / (B_1 + l_{в.о})$.

При *многорядном* взрывании на свободную поверхность коэффициент разрыхления взорванных пород составляет: в пределах первого ряда – такой же как при однорядном взрывании, для второго и третьего рядов он уменьшается на 8 – 10 %, для четвертого-пятого – на 12 – 15 %, для шестого-восьмого – на 20 – 30%. При взрывании в зажатой среде в нижней части развала коэффициент разрыхления $K_р$ = 1,03÷1,1, в средней части развала $K_р$ = 1,12÷1,2, а в верхней части $K_р$ = 1,3÷1,5. Высота развала при многорядном взрывании без подпорной стенки, когда n = 2÷3, составляет $H_{р.мн} \approx (0{,}6 \div 1{,}0)H_у$, при $n > 3$ высота развала

$H_{\text{р.мн}} \approx (1{,}05 \div 1{,}30) H_{\text{у}}$, а при взрывании в зажатой среде высота развала $H_{\text{р.мн}} \approx (1{,}15 \div 1{,}40) H_{\text{у}}$.

В реальной практике четкое разделение зон развала с различной степенью разрыхлённости невозможно. Само значение коэффициента разрыхления зависит от множества факторов: физических и горно-технологических свойств пород, параметров буровзрывных работ, и не поддается достаточно адекватному описанию с помощью функциональных или статических математических моделей. Поэтому в расчетах его целесообразно определять с учетом вышеизложенных рекомендаций и здравого смысла. Для определения среднего по развалу коэффициента разрыхления можно использовать следующий алгоритм:

$$K_{\text{р.ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{p_i}}{n}, \tag{2.40}$$

где i – порядковый номер ряда скважин;

n – количество рядов скважин во взрываемом блоке;

$K_{\text{р}i}$ – коэффициент разрыхления взорванных пород в пределах i-го ряда скважин.

Второй метод изложен в «Нормативном справочнике по буровзрывным работам» [15] и в научных трудах, посвященных технологии буровзрывной подготовки горной массы на угольных разрезах [9]. Согласно этому методу ширина развала взорванной горной массы ($B_{\text{р}}$, м) определяется как сумма ширин части развала от нижней бровки взрываемого уступа и оставшейся части ширины развала до границы взрывного блока (ширины взрывного блока):

$$B_{\text{р}} = B_{\text{о}} + W_{\text{пр}} + (n - 1)\, b = B_{\text{о}} + A_{\text{бл}}, \tag{2.41}$$

где $B_{\text{о}}$ – ширина развала взорванной горной массы, начиная от нижней бровки взрываемого уступа, м;

В [8] величина $B_{\text{о}}$ определяется так:

$$B_{\text{о}} = 3{,}5 K_{\text{н}} K_{\text{сх}} H_{\text{у}} \sqrt[4]{F} \sqrt[3]{\frac{q_{\text{р}}}{H_{\text{у}}}}; \tag{2.42}$$

$$K_{\text{н}} = 1 + 0{,}5\left[1 - \left(\frac{\beta}{45} - 1\right)^2\right];$$

$$K_{\text{сх}} = 1 - 0{,}5\left[1 - \left(\frac{\varphi_0}{90} - 1\right)^2\right],$$

где $\varphi_{\text{о}}$ – угол между линией откоса уступа и линией одновременно взрываемых зарядов, град.

Согласно [9] $B_{\text{о}}$ определяется так:

$$B_o = P_1 + \sqrt{P_1^2 + \frac{2v_o^2 h_o \sin^2\beta}{g}}(0{,}73 + 0{,}27\cos 2\varphi_o), \qquad (2.43)$$

где v_o – начальная скорость кусков взорванной породы, м/с;

h_o – высота откольной зоны над подошвой уступа, м;

$$h_o = 0{,}5 l_{зар} - l_{пер};$$

$$P_1 = \frac{1}{g} v_o^2 \operatorname{ctg}\beta \sin^2\beta;$$

$$V_o = 2v_c \sqrt{\left(\frac{q_p}{\pi\rho K_з}\right)^{\gamma}},$$

где v_c – скорость смещения частиц на стенке зарядной полости, м/с.

для мелкоблочных пород v_c = 3570 м/с, r = 1,3;

для среднеблочных – v_c = 3100 м/с, r = 1,28;

для крупноблочных – v_c = 2700 м/с, r = 1,25;

для весьма крупноблочных – v_c = 2260 м/с, r = 1,23;

для исключительно крупноблочных – v_c = 1880 м/с, r = 1,21;

g = 9,81 м/с^2;

ρ – плотность ВВ, кг/м^3;

$K_з$ – коэффициент заполнения скважин; $K_з = \frac{l_{зар}}{l_{ск}}$;

q_p – расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3.

Количество рядов скважин в блоке (n) принимается как число

$$n = \frac{B_{р.тр} - B_o - W_{пр}}{b} + 1, \qquad (2.44)$$

округленное до ближайшего большего целого, если дробная часть больше или равна 0,5, и до ближайшего меньшего целого, если дробная часть меньше 0,5.

Ширина взрывного блока:

$$A_{бл} = (n - 1)\, b + W_{пр}. \qquad (2.45)$$

Проектная величина развала ($B_р$)

$$B_р = B_o + W_{пр} + (n - 1)b. \qquad (2.46)$$

При необходимости максимально приблизить значения $B_{р.тр}$ и $B_р$ путем изменения схемы коммутации взрывной сети соответствующим образом изменяют угол φ_o.

Средний коэффициент разрыхления пород в развале ($K_{р.ср}$) рекомендуется определять согласно логике, изложенной при описании первого метода.

Максимальная высота развала взорванной горной массы ($H_р$, м) согласно [8]:

$$H_{\text{р}} = \frac{K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}}}{1 + \dfrac{B_{\text{о}} - W_{\text{пр}}}{2A_{\text{бл}}}}. \qquad (2.47)$$

По [9] линия поверхности развала определяется согласно схеме на рис. 2.3 и ниже приведенным формулам:

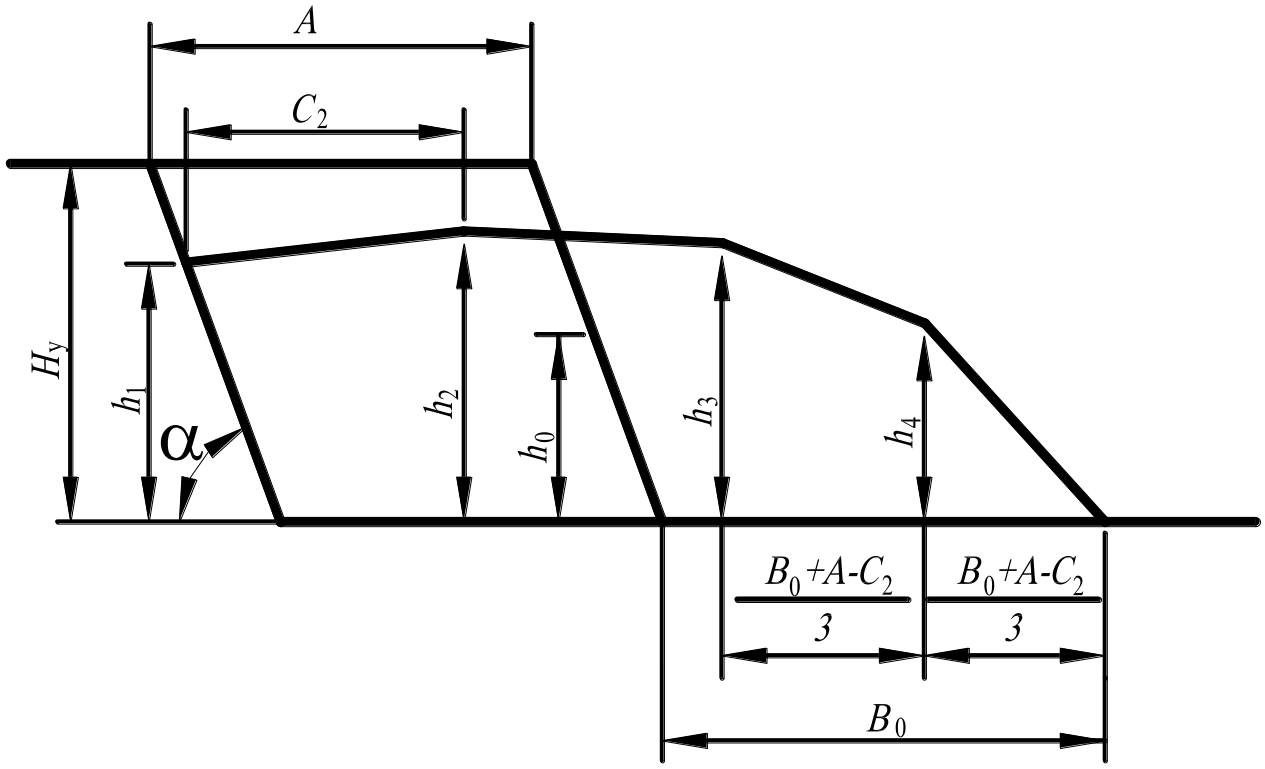


Рис. 2.3. Форма и параметры развала

$$H_{\text{р}} = h_2 = K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}} \left[1 - \frac{1}{\left(1 + \dfrac{K_{\text{р.ср}} H_{\text{у}} A_{\text{бл}}}{B_{\text{о}}^2} \right)^2} \right];$$

$$C_2 = 1{,}12 / A_{\text{бл}} q_{\text{р}};$$

$$h_1 = \frac{2{,}8 A_{\text{бл}} H_{\text{у}}^2}{\left(A_{\text{бл}} + H_{\text{у}} \right)\left(0{,}8 B_{\text{о}} + H_{\text{у}} \right)};$$

$$h_3 = \frac{1{,}125 H_{\text{у}}}{0{,}8 + 0{,}3 \left(\dfrac{B_{\text{о}}}{A_{\text{бл}}} \right)^2};$$

$$h_з = \frac{0{,}75 H_у}{0{,}8 + 0{,}3\left(\frac{B_о}{A_{бл}}\right)^2}.$$

12.2. **Определение параметров взрывного блока.** С учетом принятого в лабораторной работе 1 количества заходок ($n_з$) экскаватора для выемки разрыхленной взрывом горной массы уточняется ширина одной экскаваторной заходки ($A_{з.р}$, м):

$$A_{з.р.} = \frac{B_р}{n_з} \le A_з.$$

Длина взрывного блока ($L_{бл}$, м) составляет:

$$L_{бл} = \frac{V_{бл}}{A_{бл} H_у}, \qquad (2.48)$$

где $V_{бл}$ – объем взрывного блока, м (дается в исходных данных).

Количество скважин в блоке:

$$N_{скв} = n\frac{L_{бл}}{a}. \qquad (2.49)$$

Выход горной массы с одного метра скважины ($V_{г.м}$, м^3/м)

$$\frac{V_{г.м} = aH_у[W_{пр} + (n-1)\,b]}{\sum_{i=1}^{n} l_{ск.i}}, \qquad (2.50)$$

где i – порядковый номер ряда скважин;

$l_{ск.i}$ – длина скважин i-го ряда.

Средний по блоку удельный расход выбранного (принятого) ВВ ($q_{ср.бл}$, кг/м^3):

$$q_{ср.бл} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{aH_у\left[W_ф + (n-1)b\right]}, \qquad (2.51)$$

где Q_i – величина заряда в скважине i-го ряда, кг.

Общий расход выбранного (принятого) ВВ по взрываемому блоку ($Q_{бл}$, кг) составляет:

$$Q_{бл} = q_{ср.бл}\, V_{бл}. \qquad (2.52)$$

12.3. **Определить степень дробления взорванной горной массы** (i):

$$i = \frac{l_{ср}}{d_{ср\ рац}}, \qquad (2.53)$$

где $l_{ср}$ – средний диаметр отдельности во взрываемом массиве, м. Принимается по результатам расчетов в лабораторной работе № 1, п.2.1;

$d_{ср\ рац}$ – средний размер (диаметр) куска взорванной горной массы, м. Если допустимый выход негабарита согласно приложение 1, таб. П.1.1 ме-

нее или равен 3%, то $d_{\text{ср рац}}$ принимается согласно п. 3.4 лаб. раб. 1. Если нет, то рассчитывается по ниже приведенной формуле.

$$d_{\text{ср рац}} = \frac{1}{\frac{1}{l_{\text{ср}}} + \frac{H_{\text{у}} + 250}{d_{\text{ск}} + \beta} q_{\text{р}}}, \qquad (2.54)$$

где β– угол наклона скважины к горизонту, град;

$d_{\text{ск}}$ – диаметр скважины, мм;

$q_{р}$ – расчетный удельный расход ВВ, кг/м^3.

12.4. **Определить ожидаемый выход негабарита** ($P_{\text{нг}}$, %). Выход негабаритных кусков – один из отрицательных, но неизбежных результатов взрывного разрыхления горных пород. Величина его на некоторых карьерах, как правило, при добыче строительных материалов достигает 15 – 20 %. Однако эффективное применение современных методов управления взрывными работами позволяет снизить выход негабаритов до 0,5 – 1,5 %. Подбор наиболее эффективных методов управления взрывом осуществляется в процессе практики по мере накопления опыта.

Для проектных расчетов Репин Н. Я., исходя из конкретной наиболее вероятной закономерности распределения по крупности кусков в развале взорванной горной породы, предлагает следующую формулу:

$$\text{P}_{\text{нг}} = 100e^{-0,8\lambda^{5/2}} \text{ %}, \qquad (2.55)$$

где $e = 2,72$; $\lambda = \frac{l_{\text{д}}}{d_{\text{ср.рац}}}$.

Кроме того, рекомендуемое для расчетов значение выхода негабаритов в зависимости от технологических свойств пород и минимальных размеров негабаритных кусков приведено в нормах проектирования железорудных карьеров (табл. П. 3.9 или П. 3.10) и в других нормативах.

Для определения объема работ и материалов на вторичное взрывание для учебных целей необходимо применять наибольшее значение ожидаемого выхода негабарита ($P_{\text{нг}}$) согласно приложению 1.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ СКВАЖИННЫМИ КОТЛОВЫМИ, РАССОСРЕДОТОЧЕННЫМИ И ПАРНОСБЛИЖЕННЫМИ ЗАРЯДАМИ И МЕТОДОМ ВЗРЫВАНИЯ В ЗАЖАТОЙ СРЕДЕ (НА ПОДПОРНУЮ СТЕНКУ)

13. **Рассчитать параметры взрывания котловыми зарядами.**

Котловыми являются сосредоточенные заряды, размещаемые в полостях («котлах»), образованных в результате простреливания шпуров или скважин (рис. 2.4).

При методе котловых зарядов на забое шпура или скважины взрывают небольшие заряды ВВ, в результате чего их нижняя часть разрушается и образуется эллипсовидная камера. В эту камеру после ее охлаждения в течение не менее 15 мин. помещают значительно больший заряд ВВ.

Метод котловых зарядов применяют для одиночного и серийного взрывания, когда метод шпуровых или скважинных зарядов не обеспечивает качественного дробления пород или проработки подошвы взрываемых уступов, преимущественно при разработке трещиноватых достаточно устойчивых пород IV – VIII групп по СНиП, допускающих возможность взрывного образования котловых расширений.

Масса котловых зарядов ($Q_{з.к}$, кг) рассчитывается согласно [8] по формуле:

$$Q_{\mathbf{з.к}} = q_{\mathbf{р}}(W_{\mathbf{пр}}^{\mathbf{к}})^3, \tag{2.56}$$

согласно [5]

$$Q_{\mathbf{з.к}} = q_{\mathbf{р}} W_{\mathbf{к}}^{\mathbf{3}} \left(\frac{W_{пр}^{к} + 1}{2W_{пр}^{к}} \right)^{3/2}, \tag{2.57}$$

где $W_{пр}^{к}$ – линия наименьшего сопротивления для котлового заряда (рассчитывается как (0,6 – 0,9)$H_у$.

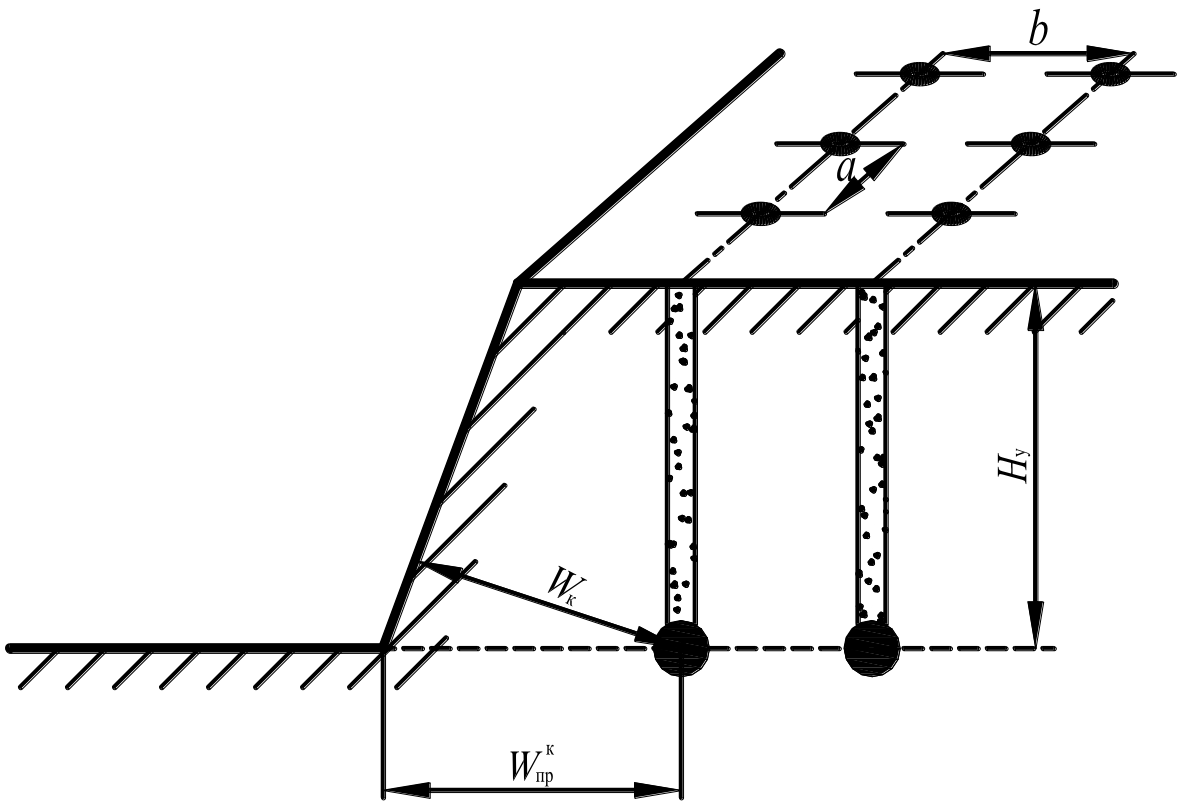


Рис. 2.4. Схема расположения котловых зарядов в уступе

Объем котла ($V_к$, дм^3) должен соответствовать массе заряда, намечаемого по расчету, и составлять:

$$V_к = \frac{Q_{з.к}}{\Delta}, \qquad (2.58)$$

где Δ – плотность заряжания, кг/дм^3.

Масса прострелочного заряда ($Q_к$, кг) для образования котла требуемого объема:

$$Q_к = \frac{V_к}{П_р}, \qquad (2.59)$$

где $П_р$ – показатель простреливаемости взрываемых пород в дм^3/кг, численно равный отношению объема полученной котловой полости в дм^3 от заряда в 1 кг (табл. П. 3.11).

Диаметр котла ($D_к$, дм) ориентировочно определяется по формуле

$$D_к = 1{,}24 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta}}. \qquad (2.60)$$

Тогда, исходя из предположения об эллипсовидной форме котловой полости, высота котла ($h_к$, дм) определится:

$$h_к = 1{,}72 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta}}. \qquad (2.61)$$

Исходя из того, что центр котлового заряда должен находиться на уровне подошвы уступа, глубина котловой скважины ($l^к_{ск}$, м)

$$l^к_{ск} = H_у + 0{,}05h_к,$$

В крепких породах с низким коэффициентом простреливаемости для формирования котла приходится выполнять более одного прострелочного взрыва.

Согласно [8] максимально допустимая величина первого прострелочного заряда определяется из условия, что его длина в скважине должна быть не более двух диаметров котла. Учитывая формулу (2.59), максимальная величина первого ($Q_{к1}$, кг) прострелочного заряда должна отвечать условию:

$$Q_{к1} = 1{,}93 \sqrt[3]{\frac{Q_{з.к}}{\Delta^4}} d^2_{ск} \le [Q_{к1}]. \qquad (2.62)$$

Величина второго и последующих прострелочных зарядов $Q_{к2}$, кг:

$$Q_{к2} = \frac{Q_{зк}}{(П_р \Delta)^n}, \qquad (2.63)$$

где n – порядковый номер простреливания.

Для улучшения дробления породы верхней части уступа в верхнюю часть скважины вводят дополнительный заряд ВВ, расположенный на высоте (0,7 –

0,8) $W_{\text{пр}}^{\text{к}}$ от центра котлового заряда. Величина дополнительного заряда ВВ ($Q_{\text{д}}$, кг) определяется по формуле:

$$Q_{д} = \left[l_{ск}^{к} - \left(0{,}7W_{пр}^{к} + l_{заб.к}\right)\right]p, \qquad (2.64)$$

где $l_{\text{заб.к}}$ – величина забойки в котловой скважине, м.

$$l_{\text{заб.к}} = (15 \div 25)d_{\text{ск}}.$$

Расстояние между котловыми зарядами в ряду:

$$a_{\text{к}} = (1{,}1 \div 1{,}4)\, W_{\text{пр}}^{\text{к}}.$$

Расстояние между рядами зарядов:

$$b_{\text{к}} = (1{,}0 \div 1{,}1)\, W_{\text{пр}}^{\text{к}}.$$

Котловые полости могут быть созданы механическим расширителем или станком огневого бурения. Тогда диаметр таких полостей должен быть не менее двух диаметров основной скважины, а высота не более пяти диаметров котловой полости. Расстояние между полостями по линии скважины не более 1,0 – 1,5 высоты котловой полости. Исходя из этого, должны устанавливаться конкретные размеры и количество полостей для одной скважины с учетом количества ВВ, необходимого для размещения в ней.

14**. Рассчитать параметры рассредоточенных зарядов**.

Под рассредоточенным зарядом понимается удлиненный скважинный заряд, разделенный по его длине на две или более частей воздушными, водновоздушными, породными и водяными промежутками. Рассредоточенные заряды целесообразно применять, когда емкость скважины используется не полностью. Применение такого заряда обеспечивает хорошую проработку и снижение выхода негабарита из верхней части уступа, а также более рациональное размещение ВВ по высоте уступа в зависимости от крепости слагающих его пород. Использование воздушных промежутков обеспечивает более равномерное дробление и уменьшение степени переизмельчения.

Расчет зарядов с воздушными промежутками и активной забойкой. Масса заряда ВВ в скважине i-го ряда (Q_i) определяется по общепринятым методикам (п. 10.5)

В тех случаях, когда размещение заряда при оптимальных соотношениях воздушных промежутков и частей заряда приводит к уменьшению длины забойки (незаряженной части скважины), а последняя регламентирована требованиями техники безопасности, масса заряда (Q_i, кг) уменьшается до значений, позволяющих иметь требуемую длину забойки:

$$Q_{\text{пр}.i} = \left([l_{\text{зар}}] - \sum h_{\text{в.п.}}\right)p, \qquad (2.65)$$

где $Q_{\text{пр}.i}$ – фактическая масса заряда в скважине i-го ряда, кг;

$\sum h_{в.п.}$ – суммарная длина воздушных промежутков в скважине (за вычетом длины воздушного промежутка между зарядом и забойкой), м;

$[l_{зар}]$ – предельно допускаемая длина заряда (формула (2.26), м.

Суммарная длина воздушных промежутков ($\sum h_{в.п.}$, м) определяется по следующим формулам:

для пород с f > 10

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}15 \div 0{,}20) l_{зар}; \qquad (2.66')$$

для пород с f = 8÷10

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}20 \div 0{,}25) l_{зар}; \qquad (2.66'')$$

для пород с f = 6÷8

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}25 \div 0{,}30) l_{зар}; \qquad (2.66''')$$

для пород с f = 2÷6

$$\sum h_{в.п.} = k(0{,}30 \div 0{,}35) l_{зар}, \qquad (2.66'''')$$

где k – коэффициент, учитывающий направление скважин (для вертикальных скважин k = 1, для наклонных скважин, параллельных откосу уступа, в породах с f > 8 k = 1,2÷5÷1,3, а в породах с f > 8 k = 1,4÷5,0÷1,5.

Суммарная длина воздушных промежутков может быть вычислена также из следующих выражений:

для вертикальных скважин

$$\sum h_{в.п.} = 0{,}05(9 - 0{,}5 f) l_{зар}; \qquad (2.67')$$

для наклонных скважин

$$\sum h_{в.п.} = 0{,}00125(340 - f - f^2) l_{зар}. \qquad (2.67'')$$

Количество частей заряда принимается в зависимости от горно-геологических условий и высоты уступа. Для улучшения дробления при высоте уступа 10 – 20 м достаточно рассредоточить заряд на две-три части.

Длина каждого промежутка $h_{в.п.}$ (м) определяется в зависимости от диаметра заряда $d_{зар}$ и категории пород по взрываемости:

для трудновзрываемых

$$h_{в.п.} \approx (8 \div 9) d_{зар}; \qquad (2.68')$$

для средневзрываемых

$$h_{в.п.} \approx (9 \div 10) d_{зар}; \qquad (2.68'')$$

для легковзрываемых

$$h_{в.п.} \approx (10 \div 12) d_{зар}; \qquad (2.68''')$$

Длина каждого промежутка может быть определена также из выражения:

$$h_{в.п.} \approx (13{,}5 - 0{,}5 f) d_{зар}. \qquad (2.68'''')$$

Число промежутков в скважине ($n_{\text{пром}}$) определяется делением суммарной высоты воздушных промежутков на длину одного воздушного промежутка:

$$n_{\text{пром}} = \frac{\sum h_{\text{в.п.}}}{h_{\text{в.п.}}}. \qquad (2.69)$$

Оптимальная длина промежутка и их число для конкретных условий уточняются опытным путем.

При рассредоточении скважинного заряда на две части одним промежутком масса нижней части заряда в скважине i-го ряда (кг):

$$Q_{\text{н.ч.}i} = (0{,}6 \div 0{,}7) Q_{\text{пр.}i}; \qquad (2.70')$$

масса верхней части заряда в скважине i-го ряда (кг):

$$Q_{\text{в.ч.}i} = (0{,}4 \div 0{,}3) Q_{\text{пр.}i}. \qquad (2.70'')$$

В случае рассредоточения вертикального скважинного заряда на три части и более масса нижней части ($Q_{\text{н.ч.}i}$) может быть уменьшена до 50 % массы заряда в скважине, а в наклонных скважинах до 30 – 40 % массы заряда. Оставшаяся часть заряда распределяется на равные доли Q_n (кг) пропорционально принятому числу воздушных промежутков ($n_{\text{пр}}$):

$$Q_{\text{п}} = \frac{Q_i - Q_{\text{н.ч.}i}}{n_{\text{пр}}}. \qquad (2.71)$$

Если водный промежуток, то его длина:

$$h_{\text{вод.п}} = (0{,}17 \div 0{,}28)\, l_{\text{зар}}. \qquad (2.72)$$

Если вводно-воздушный промежуток, то его длина:

$$h_{\text{вод.-взд.п.}} = (0{,}23 \div 0{,}38)\, l_{\text{зар}}, \qquad (2.73)$$

при этом 30 – 50 % приходится на воздушную часть.

15**. Рассчитать параметры взрывания в зажатой среде** (на подпорную стенку).

Метод взрывания в зажатой среде имеет несколько вариантов, различающихся между собой числом открытых поверхностей, их расположением, характером подпорной стенки и схемами взрывания.

Наиболее простым и распространенным методом является взрывание на неубранную горную массу.

Этот метод взрывания применим в породах любой крепости и трещиноватости. Наибольшая эффективность его обеспечивается при многорядном коротькозамедленном взрывании и наличии не менее четырех-пяти рядов скважин, а также при применении порядных врубовых, диагональных или радиальных схем взрывания.

Благодаря подпорной стенке и меньшей скорости перемещения взрываемого массива в горизонтальной плоскости, увеличивается продолжительность

действия взрыва на среду и повышается коэффициент полезного использования его энергии.

В результате такой способ взрывания обеспечивает улучшение качества дробления горных пород, возможность управления формой и параметрами развала взорванной горной массы и селективной выемки, сокращение подготовительно-восстановительных работ (перемещение забойных железнодорожных путей, уборка контактных линий и линий электропередач, зачистка горизонта после взрыва и др.), независимость процессов бурения и взрывания от экскавации и транспортирования.

При расчете данного метода взрывных работ, кроме выше рассмотренных параметров, необходимо рассчитать требуемую ширину подпорной стенки и ширину ограниченного подпорной стенкой развала.

Ширина подпорной стенки может изменяться от максимальной, исключающей возможность горизонтального перемещения пород при взрыве, до минимальной, не препятствующей перемещению пород. Конкретные предельные значения ширины подпорной стенки определяются физическим состоянием (разрушенная горная масса или монолитная среда) и физико-механическими свойствами горных пород подпорной стенки, высотой уступа, конструкцией и величиной заряда, параметрами сетки скважин, схемой взрывания. Опытным путем установлено, что в зависимости от конкретных условий они составляют от 5 до 10 м и от 35 до 45 м соответственно для минимальной и максимальной границы.

Оптимальная ширина подпорной стенки определяется целевым требованием к результату взрыва и на практике устанавливается опытным путем на основе предварительных расчетов. Если основная цель – сокращение ширины развала, то ширина подпорной стенки увеличивается. Если необходимо уменьшить степень дробления, то следует принимать уменьшенную ширину подпорной стенки.

В проектных расчетах для определения ширины подпорной стенки предлагается использовать следующие формулы:

- для максимальной ширины подпорной стенки ($B_{\text{п.с.max}}$, м) [15]

$$B_{\text{п.с.max}} = \frac{B_{\text{о}}}{1 + \frac{50}{F^3}}\ , \qquad (2.74)$$

где B_o - ширина развала взорванной горной массы, начиная от нижней бровки взрываемого уступа, м (рассчитывается по ф. 2.42 или 2.43);

- для расчетной ширины подпорной стенки, обеспечивающей минимальное смещение пород при дроблении ($B_{\text{п.с.р}}$, м) [5]

$$B_{\text{п.с.р}} = K_{\text{р}} W_{\text{пр}} \left(\frac{\sqrt{2k_{\text{иэ}} q_{\text{р}} eE}}{\sigma_{\text{сж}}} - 1 \right), \qquad (2.75)$$

где $k_{\text{иэ}}$ – эмпирический коэффициент, учитывающий использование энергии взрыва на дробление и перемещение горной массы. Опытные иссле-

дования показывают, что в зависимости от величины удельного расхода ВВ этот коэффициент колеблется в пределах от 0,004 до 0,2;

e – удельная энергия взрыва выбранного (принятого) ВВ - теплота взрыва (табл. П. 3.3 – П. 3.5), Дж/кг;

E – модуль упругости взрываемой горной породы, Па (определяется по экспериментальным данным или по Кадастру горных пород);

$\sigma_{сж}$ – предел прочности пород при одноосном сжатии, Па.

Исследованиями на карьерах Кривбасса установлено, что оптимальное по фактору минимума затрат значение ширины подпорной стенки различно для цели регулирования интенсивного дробления и для цели регулирования ширины развала. Применительно к экономике Советского Союза (до 1990 г.) значение оптимальной ширины подпорной стенки для целей регулирования дробления на 40 – 50 % меньше, чем для регулирования ширины развала. Поэтому ширина подпорной стенки должна приниматься в зависимости от поставленных целей и конкретных технико-экономических условий.

Величину развала взорванной горной массы от нижней бровки подпорной стенки ($B_{о.с}$, м) (рис. 2.5) рекомендуется определять по формуле (2.76):

$$B_{о.с} = \left(1 - \frac{B_{п.с}}{k_{р.с} W_{пр} + B_{п.с}} b_{п} \sqrt{B_{п.с}}\right) B_{о}, \qquad (2.76)$$

или по формуле (нормативный справочник по БВР [15]):

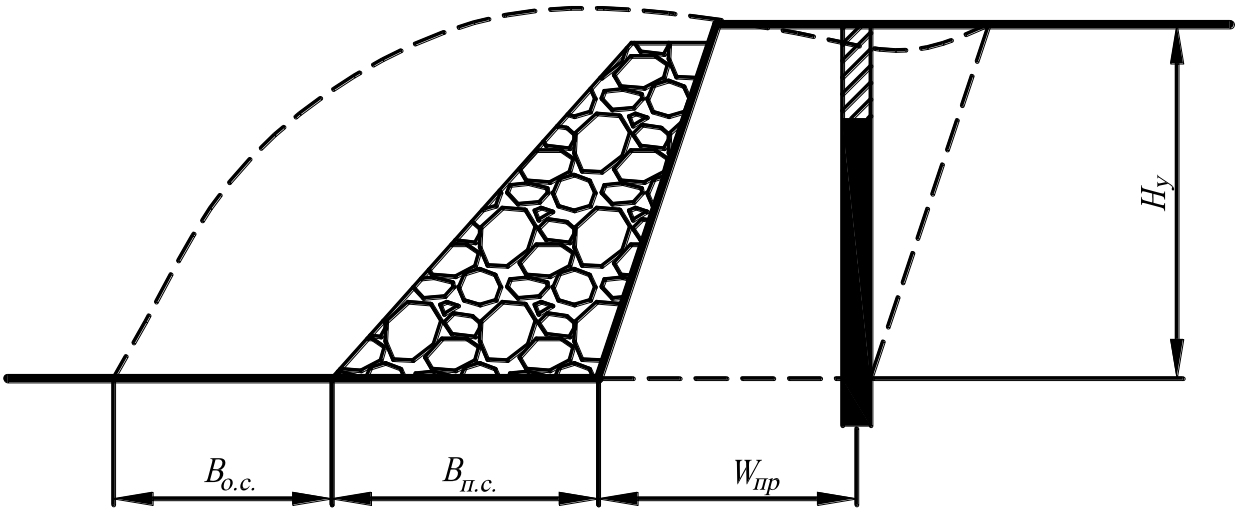
$$B_{о.с} = \left(1 - \frac{B_{п.с.}}{B_{п.с.max}}\right) B_{о}, \qquad (2.77)$$

где $B_{п.с}$ – принятая ширина подпорной стенки, м;

$k_{р.с}$ – коэффициент разрыхления пород подпорной стенки ($k_{р.с}$ = 1,05÷1,1);

$b_{п}\sqrt{B_{п.с}}$ – величина учитывающая влияние сил сопротивления подпорной стенки смещению породы.

$$b_{n} = \frac{k_{\mathbf{р.с}} W_{\mathbf{пр}} + B_{\mathbf{п.с.max}}}{B_{\mathbf{п.с.max}} \sqrt{B_{\mathbf{п.с.max}}}}.$$



Р

ис. 2.5. Схема к расчету влияния ширины подпорной стенки на ширину развала горной массы

Если задана требуемая ширина развала взорванной горной массы от нижней бровки подпорной стенки, то размер подпорной стенки может быть приближенно определён с помощью графика на рис. 2.6.

Полная ширина развала взорванной горной массы без учета ширины подпорной стенки может рассчитываться по формуле:

$$B_{\text{р}} = B_{\text{о.с}} + W_{\text{пр}} + b(n-1). \qquad (2.78)$$

16. Определить параметры парносближенных скважинных зарядов.

Парносближенные скважины обеспечивают изменение формы волны напряжений от цилиндрической при одиночном заряде до плоской. В результате интенсивность энергии взрывной волны по мере ее удаления от парносближенных зарядов в направлении перпендикулярном линии, соединяющей центры, зарядов снижается меньше, чем при одиночных зарядах в $\sqrt{2}$ раз. Промышленные испытания показывают, что парносближенные заряды обеспечивают увеличение фактической линии сопротивления по подошве, снижение глубины законтурного действия взрыва, улучшение равномерности дробления и снижение выхода негабарита.

Расстояние между парносближенными зарядами ($a_{\text{п.сбл}}$, м) колеблется от четырех до восьми диаметров одиночного скважинного заряда и в среднем составляет: $\boldsymbol{a_{п.сбл} = 6d_з}$, где $d_з$ – диаметр заряда, м.

Расчетный эквивалентный диаметр скважинного заряда группы парносближенных скважин ($d_э$, м) составляет:

$$d_э = d_з\sqrt{2},$$

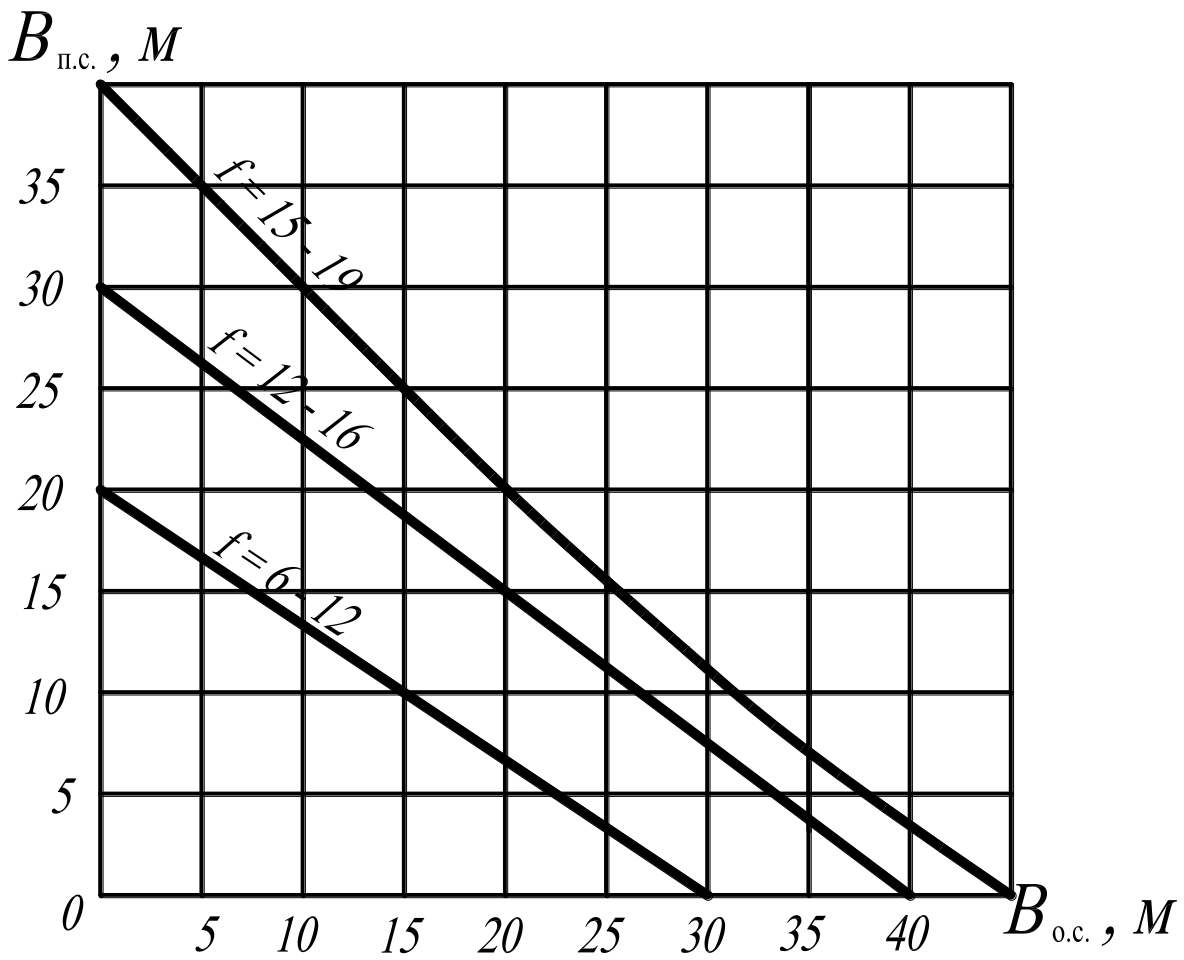


Рис. 2.6. Зависимость ширины развала взорванной горной массы ($B_{о.с}$, м) от ширины подпорной стенки ($B_{п.с}$) для пород с различными физико-механическими свойствами

Линия сопротивления пород по подошве уступа для парносближенных зарядов ($W_{п.с}$, м) составляет:

$$W_{\text{п.с}} = K_{\text{п.с}} W_{\text{пр}} \sqrt{2},$$

где $K_{п.с}$ = 1,1 – коэффициент, учитывающий повышение эффективности действия взрыва парносближенных зарядов по сравнению с одиночным зарядом равной потенциальной энергии ВВ;

$W_{пр}$ – проектная линия сопротивления по подошве для одиночного скважинного заряда, м.

Расстояние между группами парносближенных зарядов в ряду ($a_{п.с}$, м) и между рядами групп зарядов ($b_{п.с}$, м):

$$a_{\text{п.с}} = mW_{\text{п.с}};\ b_{\text{п.с}} = W_{\text{п.с}}.$$

В случае квадратной сетки расположения пар скважинных зарядов:

$$a_{\text{п.с}} = b_{\text{п.с}} = W_{\text{п.с}}.$$

Масса заряда ВВ ($Q_{п.с}$, кг) в группе парносближенных скважин:

$$Q_{\text{п.с}} = q_{\text{р}} a_{\text{п.с}} W_{\text{п.с}} H_{\text{у}}.$$

Масса одиночного скважинного заряда в группе ($Q_{\text{о}}$, кг):

$$Q_{\text{о}} = \frac{Q_{\text{п.с}}}{2} \text{ кг.}$$

17. Рассчитать параметры вторичного дробления.

17.1.1. Рассчитать объем негабарита ($V_{\text{нг. бл}}$, м^3) на взрывной блок и на годовой объем взрывных работ ($V_{\text{нг.год}}$, м^3):

$$V_{\text{нг.бл}} = P_{\text{нг}} V_{\text{бл}} /100; \quad (2.79')$$

$$V_{\text{нг.год}} = P_{\text{нг}} V_{\text{год}} /100, \quad (2.79'')$$

где $P_{\text{нг}}$ – выход негабаритных кусков, % (см. п. 3.9, 3.10).

17.1.2. Рассчитать объем «порогов» ($V_{\text{пор.бл}}$, м^3) на взрывной блок и на годовой объем взрывных работ ($V_{\text{пор.год}}$, м^3):

$$V_{\text{пор.бл}} = P_{\text{пор}} V_{\text{бл}} /100; \quad (2.80')$$

$$V_{\text{пор.год}} = P_{\text{пор}} V_{\text{год}} /100, \quad (2.80'')$$

где $P_{\text{пор}}$ – объем не проработанной части подошвы во взрывном блоке, % (принять от 0,5 до 2,0 %).

17.2. Выбрать способ дробления негабаритных кусков и рассчитать параметры вторичного дробления.

17.2.1. Рассчитать параметры негабаритных кусков:

– рассчитать показатель распределения кусков взорванной горной массы по крупности ($K_{\text{д}}$) из условия эффективной работы экскаватора:

$$\text{при } E \le 6 \text{ м}^3 \qquad K_{\text{д}} = 0{,}7\left(1 - \frac{E}{10{,}6}\right); \quad (2.81')$$

$$\text{при } E > 6 \text{ м}^3 \qquad K_{\text{д}} = 0{,}3. \quad (2.81'')$$

– рассчитать максимальный размер куска во взорванной горной массе ($d_{\max}$. м):

$$d_{\max} = \frac{l_{\text{Д}}}{\left(1 - k_p / 100\right)^{1/K_{\text{Д}}}}; \quad (2.82)$$

– рассчитать средний размер куска негабаритной части развала ($d_{\text{ср.нг}}$, м):

$$d_{\text{ср.нг}} = l_{\text{ср}} \left[\frac{1 - \left(l_{\text{д}} / d_{\max}\right)^{1+K_{\text{д}}}}{1 - \left(l_{\text{д}} / d_{\max}\right)^{K_{\text{д}}}} \right]; \quad (2.83)$$

– рассчитать объем среднего негабаритного куска ($V_{\text{нг.к}}$, м^3):

$$V_{\text{нг.к}} = d^3_{\text{ср.нг}}; \quad (2.84)$$

– рассчитать размеры среднего негабаритного куска в м:

длина $a = \sqrt[3]{2{,}86V_{\text{нг.к}}}$; (2.85′)

ширина $b = 0{,}7a$; (2.85″)

толщина $c = 0{,}5a$. (2.85‴)

– рассчитать среднее количество негабаритных кусков в блоке ($N_{\text{нг.бл}}$):

$$N_{\text{нг.бл}} = V_{\text{нг.бл.}}/V_{\text{нг.к}}. \quad (2.86)$$

17.2.2. Выбрать способ дробления негабаритных кусков. В настоящее время наибольшее распространение для дробления негабаритов в карьере имеют взрывные и механические способы дробления.

Взрывные способы дробления применяются при разрушении крупных негабаритов и негабаритов из крепких, труднодробимых пород при большом объеме работ.

Механические способы дробления негабаритов применяются при разрушении негабаритов небольших объемов из некрепких хрупких пород при небольших объемах работ.

В данной работе предлагается выбрать взрывной способ дробления негабаритов, который может быть реализован с помощью шпуровых или накладных (насыпных или кумулятивных) зарядов.

Накладные заряды используют при крепких, но хрупких породах. Применение их не требует больших трудозатрат и отличается простотой формирования зарядов.

Однако такие заряды характеризуются высоким удельным расходом ВВ, в десятки раз превышающим удельный расход ВВ при шпуровых зарядах. При этом наблюдается чрезвычайно сильный звуковой эффект и сильная воздушная волна. Опасная зона при взрывании насыпных зарядов составляет не менее 300 м.

Применение кумулятивных зарядов, вес которых согласно табл. П. 3.13 составляет от 0,1 до 4,0 кг, позволяет несколько сократить расход ВВ при дроблении негабарита за счет концентрации энергии и соответственно увеличения разрушающего действия взрыва, а также уменьшить разлет кусков породы и снизить энергию воздушной взрывной волны.

При взрывании негабаритных кусков шпуровыми зарядами расход ВВ значительно снижается. Такие заряды обычно применяются при взрывании крупных негабаритных кусков.

К недостаткам взрывания шпуровыми зарядами относятся: высокая себестоимость, вредные и тяжелые условия работы при бурении.

17.2.3. В зависимости от принятого способа вторичного взрывного дробления рассчитать его параметры.

Насыпные заряды располагают на поверхности негабарита слоем толщиной $h_{\text{ВВ}} = 35 \div 50$ мм, при этом толщина забойки, которой присыпается накладной заряд, должна быть не менее толщины укрываемого слоя ВВ, т. е.

$$h_{\text{заб}} > h_{\text{ВВ}}. \quad (2.87)$$

Сам забоечный материал не должен содержать крупных кусков породы во избежание их разлета при взрыве.

Тип ВВ выбрать по табл. П. 3.12.

Количество ВВ для дробления негабаритов насыпными зарядами:

– в расчете на один взрывной блок ($Q_{н.бл}$, кг):

$$Q_{н.бл} = q_н\, V_{нг.бл}, \qquad (2.88')$$

– на годовой объем взрывных работ:

$$Q_{н.год} = q_н V_{нг.год}, \qquad (2.88'')$$

где $q_н$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов насыпными накладными зарядами, кг (табл. 2.11).

Вес кумулятивного заряда (кг) может быть рассчитан по формуле:

– для негабаритных кусков максимального размера

$$Q_{к.max} = 0{,}73 d_{max}; \qquad (2.89')$$

– для негабаритных кусков среднего размера

$$Q_{к.ср} = 0{,}73 d_{ср.нг}. \qquad (2.89'')$$

По табл. П. 3.13, исходя из массы кумулятивного заряда, выбрать тип заряда для максимальных и средних кусков

Количество ВВ для дробления негабаритов кумулятивными зарядами:

– в расчете на один взрывной блок

$$Q_{к\ бл} = q_к\, V_{нг.бл}; \qquad (2.90')$$

– на годовой объем взрывных работ

$$Q_{к.\ год} = q_к V_{нг.год}, \qquad (2.90')$$

где $q_к$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов кумулятивными накладными зарядами (табл. 2.11).

Среднее количество кумулятивных зарядов для дробления негабаритов ($N_{к.}$):

– в расчете на один взрывной блок:

$$N_{к..бл} = Q_{к.бл}/q_{к.з}; \qquad (2.91')$$

– на годовой объем взрывных работ:

$$N_{к..год} = Q_{к.год}\ /q_{к.з}, \qquad (2.91'')$$

где $q_{к.з}$ – величина принятого по табл. П. 3.13 кумулятивного заряда.

При использовании шпуровых зарядов разбуривание негабаритов осуществляется на глубину

$$h_{\,ш} = (0{,}25 \div 0{,}5)c. \qquad (2.92)$$

Глубина бурения шпуров и вес заряда в них при дроблении негабаритных кусков с разными линейными размерами могут быть также приняты по данным табл. П. 3.14. Как правило, на негабаритный кусок приходится 1 шпур диамет-

ром 32 – 60 мм, однако при уничтожении достаточно крупных негабаритов заряды рассредоточиваются по объему взрываемой горной массы. Количество шпуров для дробления негабарита ($n_ш$) в зависимости от его объема приведены в табл. П. 3.15. При этом расстояние между зарядами ($a_ш$, м) обычно не превосходит

$$a_ш = (0{,}5 \div 0{,}9) h_ш. \quad (2.93)$$

Среднее количество шпуров (шпуровых зарядов) для дробления негабаритов с одного взрывного блока ($N_{ш.бл}$) составит:

$$N_{ш.бл} = n_ш N_{нг.бл}. \quad (2.94)$$

Мелкошпуровые заряды применяются и для ликвидации "порогов" (завышений подошвы уступа). Рекомендуемые при этом параметры взрывных работ приведены в табл. П. 3.16. Среднее количество шпуров для ликвидации «порогов» с одного взрывного блока ($N^{бл}_{ш.пор}$) определится:

$$N^{бл}_{ш.пор} = \frac{V_{пор.бл}}{W a_{шп} h_{пор}}, \quad (2.95)$$

где W – сопротивление по подошве, м (принимается по табл. П. 3.16.);

$a_{шп}$ – расстояние между шпурами при дроблении порогов, м;

$h_{пор}$ – высота завышения порога, м.

Глубина шпуров для ликвидации «порогов»:

$$l_{пор} = h_{пор} + h_{пер}, \quad (2.96)$$

где $h_{пер}$ – глубина перебура, м (принимается по табл. П. 3.16.).

Количество ВВ для вторичного дробления шпуровыми зарядами в расчете:

– на один взрывной блок:

для дробления негабаритов $Q_{ш.бл} = q_н V_{нг.бл.}$; (2.97)

для ликвидации порогов $Q_{пор.бл} = q_н V_{пор.бл.}$; (2.98)

– на годовой объем взрывных работ:

для дробления негабаритов $Q_{ш.год} = q_н V_{нг.год}$; (2.99)

для ликвидации порогов $Q_{пор.год} = q_н V_{пор.год}$, (2.100)

где $q_н$ – удельный расход ВВ при дроблении негабаритов насыпными накладными зарядами (табл. 2.11).

Ожидаемый удельный расход ВВ на вторичное взрывание и расход бурения при разделке негабаритов может быть принят по данным табл. 2.11.

Таблица 2.11

Показатели различных взрывных способов разделки негабарита

Метод дробления негабарита	Удельный расход ВВ, кг/м^3	Расход бурения, м/м^3
Накладными насыпными зарядами……	2,0–3,0	–
Накладными кумулятивными зарядами	1,3–2,0	–
Шпуровыми зарядами…….	0,1–0,3	0,2–1,0

18. Результаты расчета свести в итоговую таблицу. По результатам выполнить графическое изображение в стандартном масштабе в пределах формата А4 (или А3) конструкции заряда рис 2.7 и паспорта взрывных работ: профиль взрывного блока с расположением скважин в нем и расчетного контура развала взорванной массы рис 2.8 и план взрывного блока с расположением скважин и со схемой коммутации взрывной сети рис 2.9.

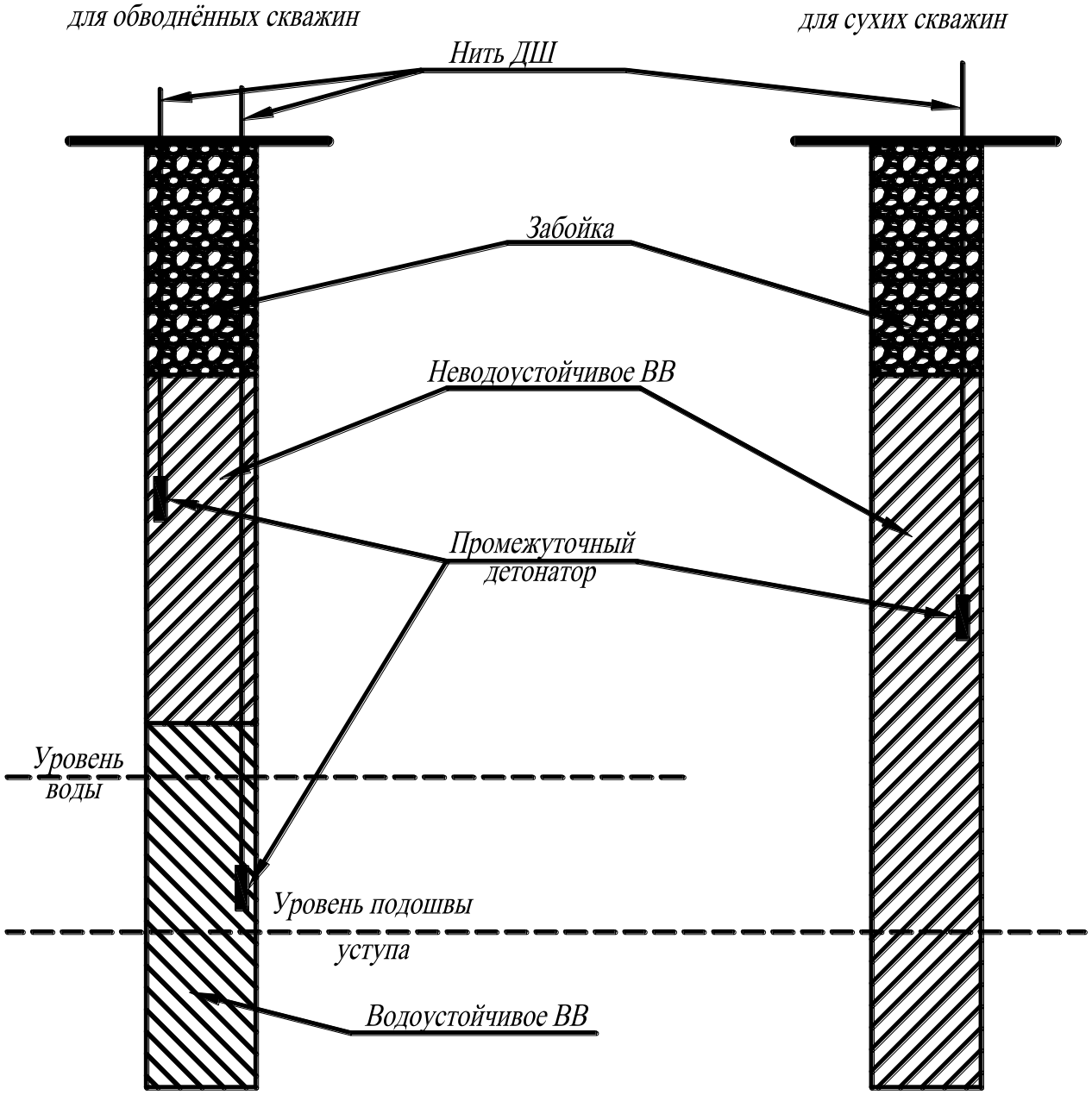


Рис. 2.7. Пример конструкции заряда

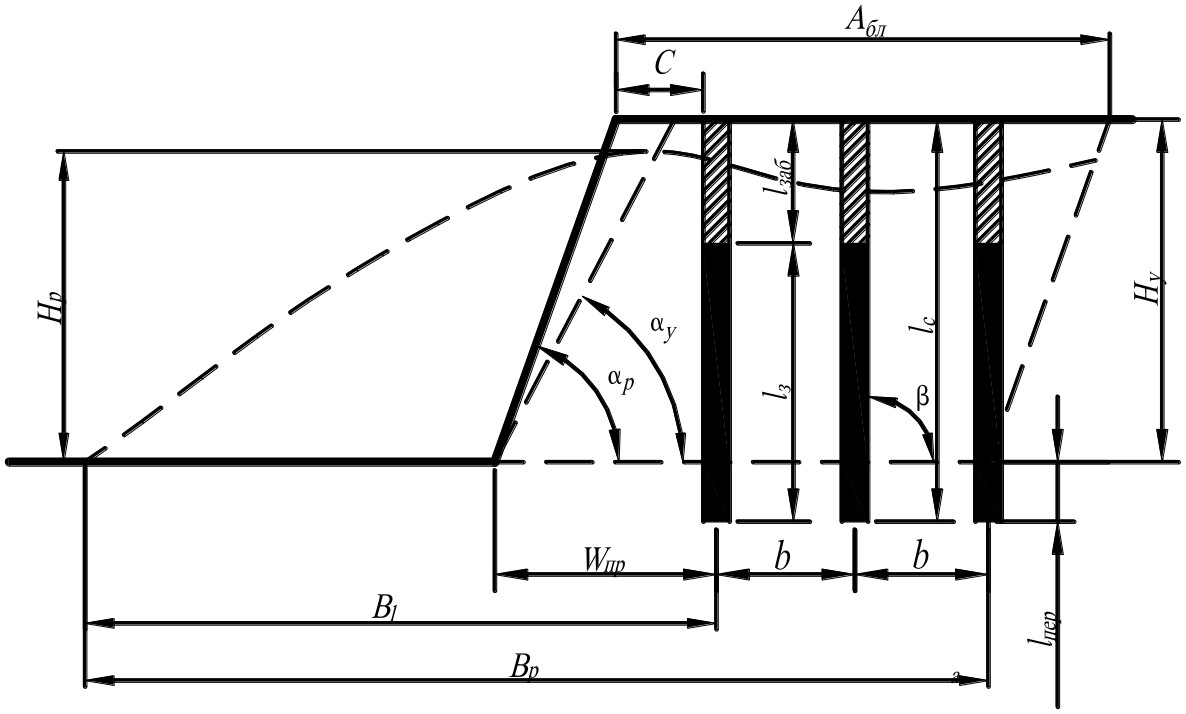


Рис. 2.8. Пример профиля взрывного блока с расположением скважин и расчетного контура развала взорванных пород

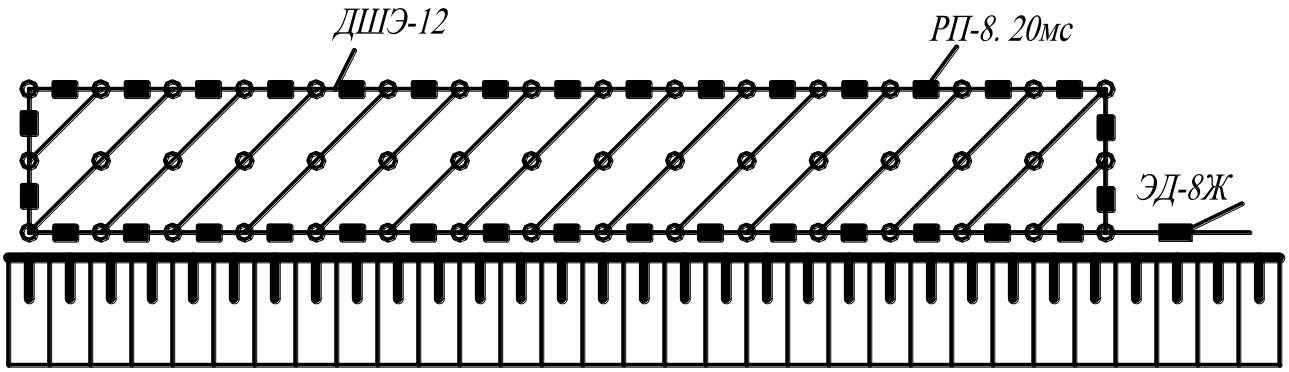


Рис. 2.9. План взрывного блока с расположением скважин и схема коммутации взрывной сети

Контрольные вопросы

1. Дать определение взрываемости горных пород.
2. От каких свойств горных пород зависит их взрываемость?
3. По какому критерию определяется взрываемость горных пород?
4. Что такое удельный эталонный расход ВВ?
5. От каких факторов зависит удельный эталонный расход ВВ?
6. В каких единицах измеряется удельный эталонный расход ВВ?
7. Приведите формулу для расчета удельного эталонного расхода ВВ.
8. Приведите классификацию пород по взрываемости в зависимости от удельного эталонного расхода ВВ.
9. Как удельный эталонный расход ВВ приводится к расчетному (проектному) удельному расходу ВВ?
10. Назовите основные схемы коммутации взрывной сети.
11. В каких условиях рационально применять порядную схему коммутации взрывной сети?
12. В каких условиях рационально применять диагональную схему коммутации взрывной сети?
13. В каких условиях рационально применять радиальную схему коммутации взрывной сети?
14. В каких условиях рационально применять волновую схему коммутации взрывной сети?
15. Какому условию должна удовлетворять принятая к расчету величина линии сопротивления по подошве?
16. Какие возможные решения следует принять, если расчетная линия сопротивления по подошве меньше минимально допустимой по условиям безопасности?
17. В каких единицах измеряется вместимость скважины (вес заряда в одном погонном метре скважины), от каких факторов она зависит?
18. Коэффициент сближения скважин – это отношение?
19. Какие характеристики трещиноватости массива влияют на коэффициент сближения скважин и форму сетки скважин?
20. Как определить величину a, если известны значения величин H_y, W, q_n?
21. Как определить величину b, если известны значения величин H_y, a, q?
22. Дайте описание алгоритма расчета параметров БВР по методу В.В. Ржевского.
23. Какие ВВ принимаются за эталонные при расчете удельного расхода ВВ?
24. Почему увеличивается удельный расход ВВ при взрывании второго и последующих рядов скважин?
25. От каких факторов зависит ширина развала при однорядном взрывании?
26. От каких факторов зависит ширина развала при многорядном взрывании?
27. От чего зависит ширина бурового блока?

28. Как определить средний выход горной массы с одного погонного метра скважины?
29. Как определить необходимое количество рядов скважин?
30. В каких пределах изменяется интервал замедления при короткозамедленном взрывании и отчего он зависит?
31. От каких факторов зависит величина заряда в скважине?
32. От каких факторов зависит длина заряда?
33. Когда рационально применять котловые заряды?
34. Когда рационально применять заряды, рассредоточенные воздушным промежутком?
35. В каких пределах изменяется удельный расход ВВ при дроблении негабаритов накладными зарядами?
36. В каких пределах изменяется удельный расход ВВ при дроблении негабаритов шпуровыми зарядами?
37. Какой глубины бурятся шпуры при дроблении негабаритов?

Лабораторная работа 3

Расчет потребности во взрывчатых материалах

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий*)*

Цель работы: Освоить методику и рассчитать потребность во взрывчатых материалах на годовой объем взрывных работ.

Исходные данные: горно-технологические свойства горных пород согласно заданию и другие исходные данные, приведенные в Прил. 1; условия производства и требования к качеству взрывных работ согласно лабораторной работе № 1.

Задачи работы:

1. Изучить методику расчёта потребности во взрывчатых веществах и средствах инициирования на заданный объем взрывных работ.
2. Рассчитать потребность во взрывчатых веществах на годовой объем взрывных работ.
3. Выбрать средства инициирования и рассчитать потребность в них на годовой объем взрывных работ.

Порядок выполнения работы

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы.

1. Для подготовки к выполнению работы необходимо **изучить соответствующий материал лекций и литературу**: [5, с.126 – 140], [6, с. 53 – 62], [7, с. 312 – 366], [11, с. 62 – 106], [15, с. 53 – 230].

2. Повторить содержание исходных данных к работе (Прил. 1) и результатов расчетов предыдущих занятий.

3. Прочитать и изучить нижеизложенный материал.

4. Рассчитать потребность во взрывчатых веществах.

Общий расход ВВ на первичное взрывание (в кг):

– в расчете на один взрывной блок $Q_{бл} = q_{ср.бл} V_{бл}$, (3.1′)

– на годовой объем работ $Q_{год} = q_{ср.бл} V_{год}$. (3.1″)

Количество ВВ для дробления негабаритов (в кг) в расчете на один взрывной блок ($Q_{нг.бл}$) и на годовой объем взрывных работ ($Q_{нг.год}$) в зависимости от принятого способа дробления, а также количество ВВ для ликвидации порогов ($Q_{пор.бл}$ и $Q_{пор.год}$) принимается согласно п. п. 17.2.3. (формулы (2.88′), (2.88″), (2.90′), (2.90″), (2.97), (2.98), (2.99), (2.100)) лабораторной работы № 2.

Тогда общий объем взрывчатых веществ, необходимых на годовой объем взрывных работ, составит:

$$Q_{год.\ общ} = Q_{год} + Q_{нг.год} + Q_{пор.год}. \qquad (3.2)$$

Среднее количество кумулятивных зарядов, необходимое на годовой объем взрывных работ, составит, согласно пункту 17.2.3 (формула (2.91″) лабораторной работы № 2) – $N_{к..год}$ шт.

5. Рассчитать потребность в средствах инициирования.

В соответствии с применяемой на карьерах технологией взрывания для подготовки блока требуются следующие средства инициирования (СИ) зарядов: детонирующий шнур или волноводы, электродетонаторы и пиротехнические реле времени, промежуточные детонаторы (патроны-боевики, прессованные шашки из тротила или смеси тротила с гексогеном табл. П. 4.3).

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *в скважинах*, зависит от принятой схемы взрывания, размеров взрывного блока, параметров сетки скважин, их глубины и количества.

Общее количество ДШ ($L_{дш}$, м) на взрывной блок может быть определено из соотношения:

$$L_{дш} = k_{зап}(L_{маг} + L_{сек} + L_{скв}), \qquad (3.3)$$

где $L_{маг}$ – длина магистрального шнура, м;

$L_{сек}$ – суммарная длина секционных шнуров, м;

$L_{скв}$ – суммарная длина ДШ в скважинах, м;

$k_{зап}$ – коэффициент запаса, $k_{зап} = 1{,}1 \div 1{,}2$.

Как правило, для коммутации и инициирования скважинных зарядов применяют детонирующие шнуры ДШЭ-12, а для коммутации и инициирования шпуровых зарядов - ДШЭ-6 или ДШЭ-6ВДТ.

В соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах нитка детонирующего шнура при взрывании скважин глубиной более 15 м должна дублироваться. Кроме того, в этом случае рекомендуется применять комбинированное инициирование зарядов в скважине (одновременно прямое и обратное). При этом нижний промежуточный детонатор размещается, как правило, на 1,5 – 2,5 м выше уровня подошвы уступа, а верхний на расстоянии от дна скважины, равном примерно 80 % от длины заряда. Если применяется взрывание рассредоточенными зарядами, то каждая часть заряда инициируется отдельным промежуточным детонатором.

При взрывании скважин менее 15 м положение промежуточного детонатора в скважине определяется принятой схемой инициирования заряда, а вопрос о дублировании скважинного детонирующего шнура решается исходя из требований обеспечения безопасности и конкретного опыта взрывных работ на карьере.

После заряжания скважинный детонирующий шнур должен выходить из скважины на длину не менее 1,0 – 1,5 м, чтобы обеспечить возможность соединения его с секционным или магистральным шнуром.

Исходя из вышеизложенного, определяется длина шнура на каждую скважину, а затем полная длина скважинного шнура ($L_{скв}$) на весь блок. Необходимо иметь в виду, что длина ДШ в серийно выпускаемых бухтах равна 50 м. Оставшиеся от бухты отрезки длиной менее, требуемой для одной скважины, после проведения взрывных работ уничтожаются, но учитываются при

определении требуемого расхода как скважинного, так и секционного и магистрального детонирующих шнуров.

Магистральные и секционные шнуры с целью обеспечения минимальной вероятности отказа дублируются путем использования двойных ниток шнура или закольцовывания магистральных нитей. Длина секционного ($L_{сек}$, м) и магистрального ($L_{маг}$, м) детонирующего шнура определяется по принятой схеме коммутации, вычерченной в масштабе, или по фрагменту этой схемы, содержащему хотя бы одну полную секцию одновременно взрываемых зарядов, путем непосредственного измерения с учетом масштаба схемы, или по следующим формулам.

Для магистрального шнура:

$$L_{маг} = c_1 n_{м.л} L_{бл} + c_2 A_{бл} \text{ м}, \quad (3.4)$$

где c_1, c_2 – коэффициенты, равные соответственно 2 и 0, при дублировании двойной нитью детонирующего шнура, и 1 и 1 при дублировании закольцовыванием магистральных нитей;

$n_{м.л}$ – количество магистральных линий (при порядной схеме $n_{м.л} = n$, где n – количество рядов скважин; при диагональных схемах $n_{м.л} = 1$, если дублирование осуществляется двойной нитью детонирующего шнура и $n_{м.л} = 2$ если дублирование осуществляется закольцовыванием магистральных линий);

$L_{бл}$ – длина взрывного блока, м;

$A_{бл}$ – ширина взрывного блока, м.

Длина секционного детонирующего шнура на взрывной блок при диагональной схеме коммутации определится по формуле:

$$L_{сек} = 2(n-1)\sqrt{(K_a a)^2 + b^2}\,\frac{L_{бл}}{a}\,. \quad (3.5)$$

При трапециевидной схеме коммутации и четном количестве рядов:

$$L_{сек} = 2(1 + \sqrt{2(n-2)})L_{бл}\,. \quad (3.6)$$

При клиновой или волновой схеме коммутации и нечетном количестве рядов

$$L_{сек} = 2\sqrt{2}\,(n-1)L_{бл}\,. \quad (3.7)$$

Годовая потребность в ДШ на годовой объём работ по первичному взрыванию горной массы рассчитывается по формуле:

$$L^{г}_{дш.} = \frac{L_{дш.}}{V_{бл}} V_{год}\,. \quad (3.8)$$

Для выбора конкретной марки детонирующего шнура предлагается использовать табл. П. 4.1.

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *при дроблении негабаритов*, зависит от способа взрывания и от схемы складирования негабаритов.

Обычно негабариты складируются в зависимости от их количества в два – четыре ряда при расстоянии между ними не менее одного метра. Тогда длина площадки складирования негабаритов ($L_{\text{пл.нг}}$, м):

$$L_{\text{пл.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(c + 1)/n_{\text{р.нг}}, \qquad (3.9)$$

где $n_{\text{р.нг}}$ – количество разложенных рядов негабаритных кусков;

$N_{\text{нг.бл}}$ – количество негабаритов в блоке;

c – толщина среднего негабаритного куска.

Длина детонирующего шнура (в м) для взрывания негабаритов с одного блока:

– накладными зарядами:

$$L^{\text{н}}_{\text{дш.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(2c + 1); \qquad (3.10)$$

– шпуровыми зарядами:

$$L^{\text{н}}_{\text{дш.нг}} = N_{\text{нг.бл}}(2c + 1) + N_{\text{нг.бл}} h_{\text{ш}}. \qquad (3.11)$$

Длина детонирующего шнура для взрывания негабаритов в расчете на годовой объем работ:

$$L^{\text{г}}_{\text{дш.нг}} = \frac{L_{\text{дш.нг}}}{V_{\text{бл}}} V_{\text{год}}. \qquad (3.12)$$

Количество детонирующего шнура, необходимое для коммутации и инициирования зарядов *при ликвидации «порогов»*:

Длина детонирующего шнура для ликвидации «порогов» с одного взрывного блока ($L_{\text{дш.пор}}$, м) определится:

$$L_{\text{дш.пор}} = N^{\text{бл}}_{\text{ш.пор}} a_{\text{шп}} + N^{\text{бл}}_{\text{ш.пор}} l_{\text{пор}}, \qquad (3.13)$$

где $a_{\text{шп}}$ – расстояние между шпурами, м;

$l_{\text{пор}}$ – глубина шпура, м (лабораторная работа № 2, п. 16.2.3, формула (2.96)).

Длина детонирующего шнура для ликвидации «порогов» в расчете на годовой объем взрывных работ ($L^{\text{г}}_{\text{дш.пор}}$, м) определится:

$$L^{\text{г}}_{\text{дш.пор}} = \frac{L_{\text{дш.пор}}}{V_{\text{бл}}} V_{\text{год}}. \qquad (3.14)$$

При расчете количества детонаторов исходить из нижеследующего.

Монтаж взрывных сетей при открытой разработке для обеспечения коротко-замедленного взрывания производится с применением пиротехнические реле времени, как правило, двустороннего действия – РП-8.

Инициирование всей сети ДШ взрывного блока производят в соответствии с Едиными правилами безопасности при взрывных работах электрическим спо-

собом не менее чем двумя электродетонаторами (ЭД) мгновенного действия типа ЭД-8-Э или ЭД-8-Ж.

Количество пиротехнических реле времени ($N_{кз}$) зависит от принятой схемы коммутации зарядов и в расчете на взрывной блок составляет:

– при порядной схеме коммутации количество пиротехнических реле времени

$$N_{кз} = n - 1; \tag{3.15}$$

– при порядно-секционной схеме взрывания, ограничивающей вес одновременно взрываемого ВВ в ряду по условиям снижения сейсмического действия взрыва

$$N_{кз} = n\, n_{с} - 1, \tag{3.16}$$

где $n_{с}$ – количество секций одновременно взрываемых скважин в ряду;

– при диагональных, клиновых, волновых и трапециевидных схемах взрывания количество пиротехнических реле зависит от длины взрываемого блока и определяется по формуле:

$$N_{кз} = \frac{L_{бл}}{a}. \tag{3.17}$$

В тех случаях, когда взрываемые диагонали закольцовываются, дублирующий магистральный ДШ проводится по блоку в одну нитку; при этом количество реле времени удваивается, т. е.

$$N_{кз} = 2\frac{L_{бл}}{a}. \tag{3.18}$$

Количество детонаторов короткозамедленного действия при использовании систем НОНЕЛЬ или ЭДИЛИН соответствует количеству разъединителей на поверхности блока и количеству донных детонаторов, т. е. удвоенному количеству скважин

$$N_{кз} = 2N_{скв}. \tag{3.19}$$

Годовая потребность в электродетонаторах мгновенного действия ($N_{д.год}$) для первичного рыхления взрывом горной массы определится:

$$N_{д.год} = 2V_{год}/V_{бл}. \tag{3.20}$$

Годовая потребность в пиротехнических реле времени ($N_{кз.год}$) для первичного рыхления взрывом горной массы:

$$N_{кз.год} = N_{кз}V_{год}/V_{бл}. \tag{3.21}$$

При разделке негабаритов и ликвидации «порогов» допускается применение огневого и электрического взрывания. Для огневого и электроогневого инициирования ДШ наиболее часто используются порядные схемы взрывания накладных или шпуровых зарядов. Огневое инициирование ДШ производится с помощью капсуля-детонатора КД-С8 (ГОСТ 6254-85) в комплексе с детонирующим шнуром ДШЭ-6, или капсуля-детонатора ДУ-6 (ТУ 7287-045-07513406-97) в комплексе с детонирующим шнуром ДШЭ-6ВДТ.

При инициировании шпуровых зарядов ВВ детонирующим шнуром количество детонаторов как для разделки негабаритов, так и для ликвидации «порогов» определяется, исходя из количества рядов взрываемых негабаритов или шпуров по аналогии с расчетами для скважинного порядного взрывания.

При использовании накладных зарядов схема коммутации взрывной сети должна в соответствии с правилами безопасности обеспечивать вес одновременно взрываемого ВВ не более 20 кг.

При электрическом способе инициирования каждый заряд (шпуровой или накладной) подрывается отдельным электродетонатором короткозамедленного действия (табл. П. 4.2); количество их в расчете на один взрывной блок ($N^{\text{бл}}_{\text{эд.нг}}$ и $N^{\text{бл}}_{\text{эд.пор}}$) равно количеству негабаритных кусков и количеству шпуров в блоке ($N_{\text{нг.бл}}$ и $N^{\text{бл}}_{\text{ш.пор}}$) . В расчете на годовой объем работ:

– по дроблению негабаритов $$N^{\text{год}}_{\text{эд.нг}} = N^{\text{бл}}_{\text{эд.нг}}\, V_{\text{год}}/V_{\text{бл}}, \qquad (3.22)$$

– по ликвидации «порогов» $$N^{\text{год}}_{\text{эд.пор}} = N^{\text{бл}}_{\text{эд.пор}}\, V_{\text{год}}/V_{\text{бл}}. \qquad (3.23)$$

В среднем, согласно практике, расход электродетонаторов на 1000 м^3 дробимого негабарита составляет 580 – 800 шт.

Максимальное количество детонаторов, взрываемых от одной машинки, зависит от общего сопротивления взрывной сети, и допустимое количество электродетонаторов, соединяемых в цепь последовательно, ($[N_{эд}]$) не должно превышать:

$$[N_{\text{эд}}] \le (R_{\text{о}} - l_{\text{м}}\, r_{\text{м}})/r_{\text{эд}},$$

где $l_{\text{м}}$, $r_{\text{м}}$ – соответственно длина (м) и удельное сопротивление магистральных и соединительных (участковых и концевых) токоведущих проводов (Ом/м). Наиболее распространенные концевые провода для электровзрывания – ПВ-0,5 имеют сопротивление r = 0,09 Ом/м. Магистральные и участковые провода ВП-0,8 и ВП-0,7·2 имеют меньшее сопротивление, однако при расчетах этим можно пренебречь, принимая то же удельное сопротивление (т. е. $r_{\text{м}}$ = 0,09 Ом/м);

$r_{\text{эд}}$ – сопротивление электродетонатора, Ом (табл. П. 4.2);

$R_{\text{о}}$ – максимально допустимое сопротивление взрывной сети, Ом (табл. 3.1).

Для разделки негабаритов на одном взрывном блоки потребуется $N^{\text{бл}}_{\text{эд.нг}}/[N_{\text{ЭД}}]$ взрывов.

Величина общего сопротивления сети рассчитывается по общепринятым формулам в зависимости от принятого соединения ЭД. При наиболее эффективной и надежной последовательной схеме соединения общее сопротивление взрывной сети ($R_{\text{общ}}$, Ом) определяется так:

$$R_{\text{общ}} = N_{\text{эд}}\, r_{\text{эд}} + L_{\text{м}} r_{\text{м}}.$$

Во всех случаях необходимо проверять силу тока в отдельных ветвях смонтированной сети на гарантийную величину, при которой срабатывает электродетонатор.

Сила тока ($I_м$, А) в магистрали и отдельных участках при последовательном соединении:

$$I_м = U/R_{общ}$$

где U – напряжение источника тока, В.

Должно выполняться условие:

$$I_м > I_{гар},$$

где $I_{гар}$ – величина гарантийного тока, А.

При одновременном взрывании до 200 ЭД величина постоянного гарантийного тока принимается равной 1,3А; гарантийная величина переменного тока – 2,5 А.

Таблица 3.1

Техническая характеристика взрывных приборов для открытых работ

Наименование машинки	Напряжение на конденсаторе, В	Максимальное сопротивление взрывной сети при последовательном соединении ЭД, Ом	Число одновременно взрываемых детонаторов, шт.
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3…….	1600	600	200
Конденсаторная взрывная машинка ЗМК-500……..	3000	2100	800

Количество промежуточных детонаторов на взрывной блок ($N_{пд}$) при одностороннем инициировании соответствует числу взрываемых скважин ($N_{скв}$) в блоке. При двустороннем инициировании (комбинированном – прямом и обратном) или при взрывании рассредоточенных зарядов количество промежуточных детонаторов удваивается.

Комбинированное инициирование применяется при взрывании скважин глубиной более 15 м. При взрывании скважин глубиной менее 15 м расположение промежуточного заряда определяется принятой схемой инициирования.

Характеристика отечественных промежуточных детонаторов, используемых на Российских карьерах, приведена в табл. П. 4.3.

Как правило, в нижнюю часть скважины помещают промежуточные детонаторы из одной шашки весом 800 – 1000 г или из двух шашек по 400 – 600 г; в верхнюю часть закладывается по одной шашке весом 400 – 700 г.

Тротиловые Т-400Г и тротил-гексогеновые ГТП-500КГ, ТГ-500, а также тротиловые повышенной прочности шашки Т-900Г наиболее целесообразно применять в сухих или малообводненных скважинах в неагрессивных средах (т. е. в массивах, где нет сульфидсодержащих пород и руд). Шашки-детонаторы ДПУ из поротола и ББТ из баллистического ракетного твердого топлива (БРТТ)

применимы для инициирования низкочувствительных горячельющихся эмульсионных ВВ и в неэлектрических системах типа «Эделин», «Нонель»

Количество потребных для взрывания шашек Т-400Г или Т-900Г рассчитывается по формуле:

$$N_{\text{пд}} = sN_{\text{скв}}, \tag{3.24}$$

где s – количество шашек в скважине.

Потребное количество шашек в расчете на годовой объем работ:

$$N_{\text{пд.год}} = N_{\text{пд}} V_{\text{год}}/V_{\text{бл}}. \tag{3.25}$$

Результаты расчета необходимо свести в итоговую таблицу. По результатам расчетов лабораторной работы дополнить графическое изображение паспорта взрывных работ и конструкции заряда (лабораторная работа № 2) конкретными средствами инициирования.

Контрольные вопросы

1. Как определить потребность в ВВ на годовой объем взрывных работ?
2. Какие промежуточные детонаторы могут применяться для инициирования основного заряда скважины?
3. Какие схемы короткозамедленного взрывания обеспечивают минимальный расход ДШ?
4. Какие схемы короткозамедленного взрывания требуют максимального расхода ДШ?
5. Как дублируются магистральные и секционные детонирующие шнуры с целью обеспечения минимальной вероятности отказа?
6. Какие пиротехнические реле используются при инициировании детонирующего шнура?
7. От каких факторов зависит потребное количество пиротехнические реле на взрывной блок?
8. От каких факторов зависит потребное количество детонирующего шнура на взрывной блок?

Лабораторная работа 4

Расчёт безопасных расстояний при ведении взрывных работ

(2 часа аудиторных и 4 часа самостоятельных занятий)

Цель работы: Рассчитать безопасные расстояния при ведении взрывных работ.

Задачи работы:

1. Освоить ниже изложенную методику расчёта безопасных расстояний при ведении взрывных работ.
2. Рассчитать безопасные расстояния по разлету кусков взорванной горной массы.
3. Рассчитать безопасные расстояния по действию ударных, воздушных волн;.
4. Рассчитать безопасные расстояния по сейсмическому действию.
5. Рассчитать безопасные расстояния по действию ядовитых газов.

Общие положения:

Для обеспечения безопасности ведения взрывной подготовки горной массы к выемке необходимо рассчитывать и обеспечивать безопасные расстояния от места ведения взрывных работ – радиусы опасных зон.

Различают опасные зоны (ОЗ) для людей и опасные зоны для оборудования и сооружений.

Радиусы опасных зон для людей рассчитываются с учетом следующих воздействий от взрыва:

- по разлету кусков взорванной горной массы;
- по действию ударных, воздушных волн;
- по действию ядовитых газов при одновременном взрывании зарядов выброса общей массой более 200 т.

Безопасные расстояния для людей обеспечиваются путем удаления их из опасных зон.

Радиусы опасных зон для оборудования и сооружений рассчитываются с учетом следующих воздействий от взрыва:

- по разлету кусков взорванной горной массы;
- по действию ударных воздушных волн;
- по сейсмическому действию.

Безопасные расстояния для оборудования и сооружений обеспечиваются, как правило, путем ограничения массы одновременно взрываемого ВВ и путем применения соответствующих конструкций зарядов и схем взрывания.

При этом, если карьер проектируется в неосвоенном районе, то расположение оборудования и сооружений предусматривается с учетом расчетных

размеров опасных зон. Если карьер проектируется или эксплуатируется в районе уже существующей инфраструктуры (уже существующих промышленных или жилых строений и других сооружений, например Шарташский карьер), то устанавливаются требуемые границы опасных зон, расчетно-экспериментальным методом определяются конструкции зарядов и схемы взрывания, обеспечивающие требуемые размеры опасных зон. При невозможности обеспечить параметры буровзрывных работ, гарантирующие соблюдение требуемых размеров опасных зон, могут быть применены специальные устройства – перемещаемые укрытия-локализаторы, ликвидирующие разлет кусков и гасящие ударную воздушную волну. А также, при соответствующем обосновании, могут быть снесены или перемещены из опасных зон находящиеся там оборудование и сооружения.

Радиусы опасных зон необходимо принимать наибольшие из рассчитанных по выше приведенным поражающим факторам и с учетом других ограничений, если таковые имеются.

Расчет безопасных расстояний осуществляется в строгом соответствии с Едиными правилами безопасности (ЕПБ) при взрывных работах. В соответствии с п. 5 главы VII этих правил безопасные расстояния для людей при взрывных работах в карьерах следует принимать не менее величин, указанных в табл. 4.1.

Размеры опасной зоны определяются характером распределения энергии взрыва в окружающей среде и критериями опасности воздействия взрыва на рассматриваемый объект.

Характер распределения энергии взрыва определяется, прежде всего, величиной его первоначального импульса, то есть удельной мощностью и величиной заряда (Q), а также свойствами среды распространения энергии взрыва и условиями взрывания.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные для людей расстояния от места взрыва при взрывной подготовке горной массы к выемке в карьерах

Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
Метод наружных зарядов, в том числе кумулятивных…..	300 по проекту
Метод шпуровых зарядов……..	200*
Метод котловых шпуров……	200*
Метод малокамерных зарядов (рукавов)…….	200*
Метод скважинных зарядов……...	Не менее 200**
Метод котловых скважин……..	Не менее 300
Метод 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.

Критерием опасности воздействие взрыва на человека является возможная утрата жизни, здоровья и работоспособности.

Критерий опасности воздействия взрыва на механизмы, оборудование и сооружения зависит от значимости объекта и определяется возможностью утраты или снижения его работоспособности, прочности и надежности.

Порядок выполнения работы

Исходные данные:

- параметры БВР при первичном и вторичном дроблении;
- количество скважин во взрываемом блоке;
- принятая схема коммутации взрывной сети.

Расчеты выполнять из предположения, что карьер работает в неосвоенном районе.

Для достижения цели занятия выполнить следующие этапы:

1. Для подготовки к выполнению работы изучить соответствующий материал лекций и литературу: [1, с. 359 – 362], [4, с. 31 – 52], [6, с. 94 - 110], [7, с. 368 – 418], [9, с. 241 – 245], [13, глава VII].

2. Прочитать и изучить нижеизложенный материал.

3. Определить безопасные расстояния по разлету кусков породы.

3.1. Размеры безопасных расстояний для людей при взрывании скважинных зарядов рыхления.

При ведении взрывных работ на ровной местности радиус разлета кусков определится:

$$r_{\text{р}} = 1250\eta_{\text{з}}\sqrt[3]{\frac{fd}{(1+\eta_{\text{заб}})a}}\,, \qquad (4.1)$$

где представлены: характеристика зарядов - коэффициентом заполнения скважины взрывчатым веществом ($\eta_{\text{з}}$), диаметром взрываемой скважины (d, м; свойства среды - коэффициентом крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова (f); условия взрывания - коэффициентом заполнения скважины забойкой ($\eta_{\text{заб}}$), расстоянием между скважинами в ряду (a, м).

Иногда для оценки прочностных свойств используют не коэффициент крепости f, а номер группы F, к которой относятся породы по классификации СНиП. Связь между этими характеристиками определяется следующим соотношением:

$$f = \left(\frac{F}{2{,}5}\right)^2.$$

Коэффициент заполнения скважин взрывчатым веществом $\eta_{\text{з}}$ равен отношению длины заряда в скважине $l_{\text{з}}$ (м) к глубине пробуренной скважины L (м).

$$\eta_{\text{з}} = l_{\text{з}}/L.$$

Коэффициент заполнения скважины забойкой $\eta_{заб}$ равен отношению длины забойки $l_{заб}$ (м) к длине свободной от заряда верхней части скважины $l_н$ (м).

$$\eta_{заб} = l_{заб}/l_н.$$

При полном заполнении забойкой свободной от заряда верхней части скважины $\eta_{заб} = 1$, при взрывании без забойки – $\eta_{заб} = 0$.

При взрывании серии скважинных зарядов одинакового диаметра с переменными параметрами a, $\eta_з$, $\eta_{заб}$ расчет радиуса разлета кусков по формуле (4.1) должен проводиться по наименьшим значениям параметров a, $\eta_{заб}$ и наибольшему параметру $\eta_з$ из всех имеющихся в данной серии зарядов.

Если взрываемый участок массива представлен породами с различной крепостью, при расчете $r_р$ следует принимать максимальное значение коэффициента крепости грунта f. При взрывании парносближенных (кустов, пучков) скважинных зарядов диаметром d в расчетах учитывается их эквивалентный диаметр

$$d_э = d\sqrt{N_c},$$

где $N_с$ – число парно сближенных скважин в кусте.

При определении опасных расстояний необходимо учитывать возможные в процессе производства взрывных работ отклонения отдельных параметров a, $\eta_{заб}$, $\eta_з$ скважинных зарядов от принятых проектных значений. Поэтому расчет $r_р$ по формуле (4.1) следует проводить с определенным запасом, принимая, исходя из этого, минимально возможные при производстве взрывных работ значения параметров a, $\eta_{заб}$ и максимально возможное значение параметра $\eta_з$.

При производстве горных работ на косогорах, а также при превышении отметки поверхности взрываемого блока над отметкой одного из участков границы опасной зоны более чем на 30 м размеры опасной зоны $r_р$ в направлении вниз по склону должны определяться по формуле:

$$R_р = r_р K_р, \qquad (4.2)$$

где $R_р$ – опасное расстояние по разлету отдельных кусков породы в сторону уклона косогора или в сторону участка границы, расположенного на 30 м ниже поверхности взрываемого блока, м;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий превышение поверхности взрываемого блока над пониженным участком границы опасной зоны.

Если известен угол (β, град.) между горизонтом и направлением от места взрыва до пониженного участка границы опасной зоны, определенной по ф. 4.1. (обычно это угол откоса борта карьера), то значение $K_р$ определится так

$$K_р = 1 + \operatorname{tg}\beta, \qquad (4.3)$$

В тех случаях, когда вместо угла β известно превышение (H, м) места взрыва над границей опасной зоны , значение $K_р$ определится так:

$$K_{\text{р}} = 0{,}5\left(1+\sqrt{1+\frac{4H}{r_{\text{р}}}}\right). \qquad (4.4)$$

Если в каком-либо направлении граница опасной зоны, рассчитанная по формуле (4.1) или (4.2), проходит по уклону (склону), необходимо учесть возможное скатывание отдельных кусков породы и увеличить в этом направлении безопасное расстояние.

Также необходимо учитывать влияние силы ветра на возможное увеличение дальности разлета кусков породы с помощью коэффициента, рассчитанного по формуле Б. Н. Кутузова:

$$K_{\text{в}} = 1+\frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{р}}}, \qquad (4.5)$$

где $V_{\text{в}}$ – средняя скорость ветра или его порывов в момент взрыва, м/с. Определяется по данным метеослужбы;

$V_{\text{р}}$ – средняя скорость разлета кусков, м/с. Определяется по формуле:

$$V_{\text{р}} = 3\sqrt{r_{\text{р}}}\ .$$

Таким образом, расчетное значение опасного расстояния для людей по разлету кусков взорванной горной массы ($R_{\text{р}}$, м) определяется:

$$R_{\text{р}} = r_{\text{р}} K_{\text{р}} K_{\text{в}}. \qquad (4.6)$$

Полученный результат округляется в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое при этом безопасное расстояние не должно быть меньше минимальных расстояний, указанных в табл. 4.1.

3.2. Размеры безопасных расстояний при взрывании сосредоточенных зарядов рыхления (котловых, камерных).

Радиусы зон, опасных по разлету отдельных кусков породы, при взрывах сосредоточенных зарядов рыхления ($n < 1$) определяют следующим образом. Из всех зарядов данной серии выбирается заряд с наибольшей линии наименьшего сопротивления – $W_{\max}$. Для этого заряда рассчитывают длину той условной линии наименьшего сопротивления ($W_{\text{нв}}$), при которой он явился бы зарядом нормального выброса ($n = 1$).

$$W_{\text{нв}} = 5W_{\max}/7.$$

Полученное значение $W_{\text{нв}}$ является отправным для определения безопасных расстояний по разлету отдельных кусков для людей. Искомые значения радиусов $r_{\text{р}}$ находятся в табл. 4.2, по значению $W = W_{\text{нв}}$ и $n = 1$.

Найденное значение $r_{\text{р}}$ корректируется в соответствии с п. 3.1 и с учетом рельефа местности и скорости ветра, предполагаемой в период взрыва, и другими требованиями этого пункта.

3.3. Размеры безопасных расстояний при взрывании накладных и шпуровых зарядов определяются по табл. 4.2.

4. Безопасные расстояния по разлету кусков породы для механизмов, зданий и сооружений согласно Едиными правилами безопасности при взрывных работах определяются в проекте на взрыв с учетом конкретных условий.

5. Определение безопасных расстояний (радиусов опасны зон) по действию ударной воздушной волны (УВВ).

5.1. Размер зоны, опасной для людей.

Безопасное для человека расстояние от места взрыва по действию ударной воздушной волны (r_{min}, м) определяется при взрывании наружного заряда. Это расстояние, если по условиям работ необходимо максимальное приближение к месту взрыва персонала, производящего взрывание, рассчитывается по формуле:

$$r_{min} = 15\sqrt[3]{Q}, \quad (4.7)$$

где Q – масса взрывчатых веществ взрываемого наружного заряда, кг.

В остальных случаях полученное по формуле (4.7) расстояние следует увеличивать в 2 – 3 раза. При наличии блиндажей расстояние, рассчитанное по этой формуле, может быть сокращено не более чем в 1,5 раза.

Под массой взрывчатых веществ, взрываемого наружного заряда понимается сумма массы ВВ одновременно взрываемых наружных (накладных) зарядов и ВВ детонирующих шнуров, расположенных на поверхности взрываемого блока (магистральных и секционных).

Взрыв заряда в воде на глубине, меньшей 1,5 высоты заряда, следует рассматривать как взрыв наружного заряда.

Таблица 4.2

Безопасные расстояния по разлету кусков породы при взрывании на выброс и сброс

Линия наименьшего сопротивления W, м	Радиус опасной зоны (м) для людей при значении показателя действия взрыва заряда (n)			
	1,0	1,5	2,0	2,5 - 3,0
1,5	200	300	350	400
2	200	400	500	600
4	300	500	700	800
6	300	600	800	1000
8	400	600	800	1000
10	500	700	900	1000
12	500	700	900	1200
15	600	800	1000	1200
20	700	800	1200	1500
25	800	1000	1500	1800
30	800	1000	1700	2000

5.2. Размер зоны, опасной для механизмов, зданий и сооружений.

Едиными правилами безопасности при взрывных работах при определении расстояний, безопасных по действию ударной воздушной волны на механизмы, оборудование и сооружения, рассматриваются следующие два критерия опасности воздействия взрыва:

– нарушение целостности здания или сооружения в целом;

– нарушение целостности застекления.

При этом в зависимости от значимости объекта различают пять степеней допускаемого нарушения его целостности (табл. 4.3).

Свойства среды распространения УВВ учитываются наличием преград на пути УВВ, ограниченностью пространства распространения УВВ (ущелье, улица) и температурой окружающего воздуха.

Условия взрывания учитываются степенью заглубления заряда, схемой коммутации взрывной сети, интервалами замедления.

Размеры опасной зоны по критерию целостности здания или сооружения в целом рассчитываются по формулам:

$$r_B = K_B \sqrt[3]{Q}\,; \tag{4.8}$$

$$r_B = k_B \sqrt{Q}\,, \tag{4.9}$$

где r_B – безопасное расстояние, м;

Q – масса взрывчатых веществ одновременно взрываемых зарядов, кг;

K_B, k_B – коэффициенты пропорциональности, значения которых зависят от условий расположения и массы заряда, а также от степени допускаемых повреждений зданий или сооружений (табл. 4.3).

Формулы (4.8) и (4.9) следует применять для определения относительно безопасных расстояний до зданий (сооружений) от мест изготовления взрывчатых веществ, хранения взрывчатых материалов на складах (хранилища, площадки и т. п.), от мест погрузки, разгрузки и переработки взрывчатых материалов, а также отстоя транспортных средств с ними, от мест взрывов наружных зарядов и зарядов выброса.

Взрыв заряда в воде на глубине, меньшей 1,5 высоты заряда, следует рассматривать как взрыв наружного заряда.

Формула (4.8) должна применяться при допустимости первой – третьей степеней повреждений для открытых (наружных) зарядов массой больше 10т и для зарядов, углубленных на свою высоту, массой больше 20 т при допустимости первой – второй степеней повреждений. Формулу (4.9) нужно применять при допустимости первой – третьей степеней повреждений для открытых зарядов массой менее 10 т и первой – второй степеней повреждений – для зарядов, углубленных на свою высоту, с массой менее 20 т, а также для соответствующих зарядов выброса. Кроме того, формула (4.9) применима при допустимости четвертой – пятой степеней повреждений независимо от массы и расположения заряда.

В Единых правилах безопасности при взрывных работах указывается, что при пользовании табл. 4.3 необходимо руководствоваться следующим:

а) при выборе степени повреждения и значений коэффициентов должна учитываться вся совокупность местных условий, причем в сложных случаях в выборе степени безопасности должны участвовать руководитель взрывных работ организации, представители заинтересованных организаций, владеющих охраняемым объектом, и представитель органа Госгортехнадзора;

в) при определении расстояний до линии электропередачи следует исходить из значений радиуса разлета кусков выбрасываемой взрывом породы, поскольку линии электропередачи относятся к категории конструкций, стойких по отношению к действию ударной воздушной волны;

д) коэффициенты в табл. 4.3 указаны неоднозначно. То или иное значение следует выбирать в зависимости от состояния объекта, для которого устанавливаются безопасные расстояния: чем прочнее этот объект, тем меньшее значение коэффициента может быть принято при расчете в пределах значений, указанных в табл. 4.3;

е) свойства взрывчатых веществ при расчете безопасных расстояний не учитываются.

Таблица 4.3

Значения коэффициентов k_B и K_B для расчета расстояний, безопасных по действию УВВ при взрыве

Степень повреждения	Возможные последствия	Наружный заряд			Заряд, углубленный на свою высоту			n = 3
		Q, т	k_B	K_B	Q,т	k_B	K_B	k_B
1	Отсутствие повреждений	< 10 > 10	50-150 –	– 400	< 20 > 20	20-50 –	– 200	3-10 –
2	Случайные повреждения застекления	< 10 > 10	10-30 –	– 60-100	< 20 > 20	5-12 –	– 50	– 1-2
3	Полное разрушение застекления. Частичное повреждение рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок	< 10 > 10	5-8 –	– 30-50	– –	– 204	– –	– 0,5-1
4	Разрушение внутренних перегородок, рам дверей, барков, сараев и т. п.	–	2-4	–	–	1-2	–	Разрушение в пределах воронки
5	Разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнодорожных составов	–	1,5-2	–	–	0,5-1	–	–

Примечание: при выполнении реальных расчётов степень повреждения необходимо принимать с учетом рекомендаций приведенных в [13] п. 5.1.2.

Если защищаемый объект расположен непосредственно за преградой (на опушке густого леса, у подножия холма), стоящей на пути распространения воздушной ударной волны, то безопасное расстояние, определенное по приведенным формулам, может быть уменьшено, но не более чем в 2 раза.

При производстве взрыва в ограниченном пространстве - в узкой долине (ущелье) или между домами улицы, безопасное расстояние должно быть увеличено в 2 раза.

Если за местом взрыва в радиусе $1{,}5\sqrt{Q}$ имеются прочные преграды в виде стен, валов и т. п., в направлении, противоположном этим преградам, безопасное расстояние должно увеличиваться: при расчете по формуле (4.8) – в 1,3, а по формуле (4.9) – в 1,4 раза.

Размеры опасной зоны (в м) по критерию нарушения целостности застекления при взрывании наружных зарядов и скважинных (шпуровых) зарядов рыхления для пород VI – VIII групп по классификации строительных норм (СНиП) определяют по формулам:

$$r_B = 200\sqrt[3]{Q_э} \text{ при } 1000 \text{ кг} \le Q_э < 5000 \text{ кг}, \quad (4.10)$$

$$r_B = 65\sqrt{Q_э} \text{ при } 2 \text{ кг} \le Q_э < 1000 \text{ кг}, \quad (4.11)$$

$$r_B = 63\sqrt[3]{Q_э^2} \text{ при } Q_э \le 2 \text{ кг}, \quad (4.12)$$

где $Q_э$ – эквивалентная масса заряда, кг.

При взрывании пород IX группы и выше по строительным нормам радиус опасной зоны, определенный по формулам (4.10) – (4.12), должен быть увеличен в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы и ниже радиус опасной зоны может быть уменьшен в 2 раза.

Эквивалентную массу заряда определяют следующим образом:

а) для наружных зарядов (высотой $h_{зар}$ с засыпкой слоем грунта $h_{заб}$), взрываемых одновременно

$$Q_э = K_H Q, \quad (4.13)$$

где Q – суммарная масса зарядов, кг;

K_H – коэффициент, значение которого зависит от отношения $h_{заб}/h_{зар}$.

Значение коэффициента K_H для расчета эквивалентной массы заряда при взрывании наружных зарядов, засыпанных грунтом

$h_{заб}/h_{зар}$	0	1	2	3	4
K_H	1	0,5	0,3	0,1	0,03

б) для группы в количестве N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной менее 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_э = P l_{зар} K_з N, \quad (4.14)$$

где P – вместимость взрывчатых веществ 1м скважины (шпура), кг;

$l_{зар}$ – длина заряда, м;

$K_з$ – коэффициент, значение которого зависит от отношения длины забойки $l_{заб}$ к диаметру скважины (шпура) d (при отсутствии забойки – зависит от отношения длины свободной от заряда части скважины $l_{св}$ к d);

Значение коэффициента $K_з$
в зависимости от отношения $l_{заб}/d$ или $l_{св}/d$

$l_{заб}/d$	0	5	10	15	20
$K_з$	1	0,15	0,02	0,003	0,002

$l_{св}/d$	0	5	10	15	20
$K_з$	1	0,3	0,07	0,02	0,004

в) для группы из N скважинных (шпуровых) зарядов (длиной более 12 своих диаметров), взрываемых одновременно:

$$Q_э = 12PdK_зN. \quad (4.15)$$

Во всех случаях, когда заряды инициируются детонирующим шнуром, суммарная масса взрывчатых веществ в сети детонирующего шнура добавляется к значениям $Q_э$ вычисленным по формулам (4.14) – (4.15).

В случае короткозамедленного взрывания под $Q_э$ и N следует понимать соответственно массу эквивалентного заряда и число зарядов одной группы одновременно взрываемых зарядов. При наличии нескольких групп зарядов, взрываемых с замедлениями, к расчету принимается группа с максимальным $Q_э$. Если интервал замедления между группами 50 мс и более, безопасное расстояние определяется по формулам (4.10) – (4.12). При интервале замедления от 30 до 50 мс безопасное расстояние, рассчитанное по формулам (4.10) – (4.12), должно быть увеличено в 1,2, от 20 до 30 мс – в 1,5 и от 10 до 20 мс – в 2 раза.

Суммарная масса зарядов и число групп замедлений не ограничиваются.

Если взрывные работы проводятся при отрицательной температуре воздуха, минимальное безопасное расстояние, определенное по формулам (4.10) – (4.12), должно быть увеличено не менее чем в 1,5 раза.

При взрывах вблизи лечебных, детских учреждений и зданий с большой площадью застекления, значительным скоплением людей и т. п. вопрос определения безопасных расстояний следует решать с привлечением специализированных организаций.

Для уменьшения поражающей способности УВВ могут быть использованы следующие способы:

а) засыпка (забойка) наружного заряда слоем грунта. При слое засыпки, равном не менее пяти высот заряда над всей площадью его основания, безопасное расстояние может быть уменьшено в 4 раза. Материал засыпки не должен содержать тяжелых предметов (камней, гальки и т. п.);

б) удаление створок оконных рам или открывание окон и закрепление их в открытом положении; закрывание оконных проемов прочными щитами и т. п.;

в) защита мешками или ящиками, заполненными песком;

г) применение перемещаемых укрытий-локализаторов, гасящих ударную воздушную волну.

6. Определение размера безопасных расстояний по сейсмическому действию взрыва (сейсмически безопасных расстояний).

При определении расстояний, безопасных по сейсмическому действию взрыва на механизмы, оборудование и сооружения, в ЕПБ за критерий опасности принято считать появление повреждений, нарушающих их нормальное функционирование (когда вероятность появления в отдельных зданиях и сооружениях легких повреждений составляет около 0,1). Значимость подвергаю-

щегося воздействию взрыва объекта учитывается коэффициентом $K_с$, зависящим от типа здания и характера застройки

Свойства среды распространения сейсмических колебаний (грунта в основании охраняемого здания) учитываются коэффициентом $K_г$, зависящим от свойств грунта в основании охраняемого здания.

Условия взрывания учитываются характером взрыва, средой и местом расположения заряда, взаимным расположением зарядов (когда их несколько) относительно охраняемого объекта, схемой коммутации взрывной сети, в том числе интервалами замедления.

При взрыве наружных зарядов на поверхности земли сейсмическое действие не учитывается.

Расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда взрывчатых веществ, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяются по формуле:

$$r_с = K_г K_с \alpha \sqrt[3]{Q}\,, \qquad (4.16)$$

где $r_с$ – минимальное безопасное расстояние от места взрыва до охраняемого здания (сооружения), м;

$K_г$ – коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого здания (сооружения);

$K_с$ – коэффициент, зависящий от типа здания (сооружения) и характера застройки;

α – коэффициент, зависящий от условий взрывания;

Q – масса заряда, кг.

Значения коэффициента $K_г$

Скальные породы плотные, ненарушенные	5
Скальные породы, нарушенные, неглубокий слой мягких грунтов на скальном основании	8
Необводненные песчаные и глинистые грунты глубиной более 10 м	12
Почвенные обводненные грунты и грунты с высоким уровнем грунтовых вод	15
Водонасыщенные грунты	20

Примечание. В тех случаях, когда характеристика грунта не в полной мере соответствует приведенной выше или известна ориентировочно, следует для расчета принимать ближайшее большее значение коэффициента $K_г$.

Значения коэффициента $K_с$

Одиночные здания и сооружения производственного назначения с железобетонным или металлическим каркасом	1,0
Одиночные здания высотой не более двух-трех этажей с кирпичными и подобными стенами	1,5
Небольшие жилые поселки	2,0

Примечание. При взрывании на расстоянии менее 100 м от зданий или сооружений сейсмическое действие взрыва имеет локальный характер, и поэтому определенная с помощью формулы (4.16) предельно допустимая масса заряда

получается заниженной. Допускается при необходимости увеличение этой массы.

Значения коэффициента α

Камуфлетный взрыв и взрыв на рыхление	1,0
Взрыв на выброс	0,8
Взрыв полууглубленного заряда	0,5

Примечание. При размещении заряда в воде или в водонасыщенных грунтах значения коэффициента следует увеличить в 1,5 – 2,0 раза.

При одновременном (без замедления) взрывании группы из N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q в тех случаях, когда расстояния от охраняемого объекта до ближайшего заряда и до наиболее удаленного заряда различаются не более чем на 20 %, минимальное безопасное расстояние (м):

$$r_{\text{с}} = N^{1/6} K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha \sqrt[3]{Q}\,. \tag{4.17}$$

При большем различии в расстояниях охраняемый объект будет находиться вне сейсмически опасной зоны, если будет соблюдаться условие:

$$\left(K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha\right)^3 \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_i^3} \le 1, \tag{4.18}$$

где N – число зарядов взрывчатых веществ;

q_i – масса отдельного заряда взрывчатых веществ, кг;

r_i – расстояние от отдельного заряда взрывчатых веществ до охраняемого объекта, м.

При неодновременном взрывании N зарядов взрывчатых веществ общей массой Q со временем замедления между взрывами каждого заряда не менее 20 мс безопасное расстояние (м):

$$r_{\text{с}} = \frac{K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha}{N^{1/4}} Q^{1/3}. \tag{4.19}$$

При определении N и Q можно не учитывать заряды, масса которых в 3 и более раза и меньше массы максимального заряда взрываемой группы.

В тех случаях, когда в группе неодновременно взрываемых зарядов расстояния от охраняемого объекта до ближайшего и до наиболее удаленного зарядов различаются более чем на 20 %, охраняемый объект будет находиться вне сейсмически опасной зоны при соблюдении условия:

$$\left(\frac{K_{\text{г}} K_{\text{с}} \alpha}{N^{1/4}}\right)^3 \sum_{i=1}^{N} \frac{q_i}{r_i^3} \le 1. \tag{4.20}$$

При определении N не учитываются заряды, для которых величина q_i / r_i в 3 и более раза меньше максимальной для остальных зарядов из всей взрываемой группы.

При взрывании взрывного блока, состоящего из групп зарядов с замедлениями между взрывами зарядов в отдельной группе менее 20 мс, каждую такую группу следует рассматривать как отдельный заряд с общей массой, равной

сумме зарядов в группе, а безопасное расстояние от взрывного блока (r_c) определять по формулам (4.19), (4.20), где число зарядов N равно числу групп.

Для поврежденных зданий (трещин в стенах и т. п.) безопасные расстояния, определенные по формулам (4.16) – (4.20), должны быть увеличены. Это увеличение устанавливается по заключениям специализированных организаций. При отсутствии таких заключений безопасные расстояния должны быть увеличены не менее чем в 2 раза.

Приведенная методика рассматривает не все факторы, определяющие радиус опасной по сейсмическому действию зоны. В частности, не учитываются направленность сейсмического действия группы зарядов большой протяженности, наличие повреждений зданий при повторяющихся взрывах, особенности сейсмического действия мощных (1000 т взрывчатых веществ и более) взрывов. При необходимости учета дополнительных факторов следует привлекать специализированные организации.

Специализированные организации необходимо привлекать и при определении безопасных расстояний для зданий и сооружений уникального характера (здания атомных электростанций, башни, высотные здания, монументальные общественные здания и т. п.) и для ответственных и сложных инженерных сооружений (мосты, реакторы различного назначения, гидротехнические сооружения, радиомачты и т. п.).

Сейсмическое действие взрыва тем меньше, чем больше его энергии используется в зоне дробления. Поэтому важнейшим условием обеспечения сейсмической безопасности является наиболее полное использование энергии взрыва на дробление горных пород.

Основным методом снижения сейсмического действия взрыва является применение замедленного и короткозамедленного взрывания.

Для уменьшения сейсмического действия взрыва используют также создание экранов из разрушенных пород. Для предохранения сооружений при взрывании зарядов на небольших расстояниях (до 100 радиусов заряда) создают защитные щели, оконтуривающие взрываемый массив на глубину, превышающую глубину фундамента здания в 1,2 – 1,5 раза.

На общее сейсмическое действие зарядов ВВ влияет также ориентировка взрываемых блоков относительно охраняемых объектов. Так, при расположении объекта на фланге взрываемого блока заряд может быть увеличен в два раза, если направление детонации в сторону объекта, и в 5 – 6 раз, если направление детонации от объекта. Если объект расположен со стороны фронта блока, а детонация направлена вдоль блока, то заряд может быть увеличен в два раза.

7. Определение размера опасной зоны по действию ядовитых газов.

При одновременном взрывании зарядов выброса общей массой более 200 т должна быть учтена газоопасность взрыва и установлено безопасное расстояние $r_г$, за пределами которого содержание ядовитых газов (в пересчете на условную окись углерода) не должно превышать предельно допустимых концентраций.

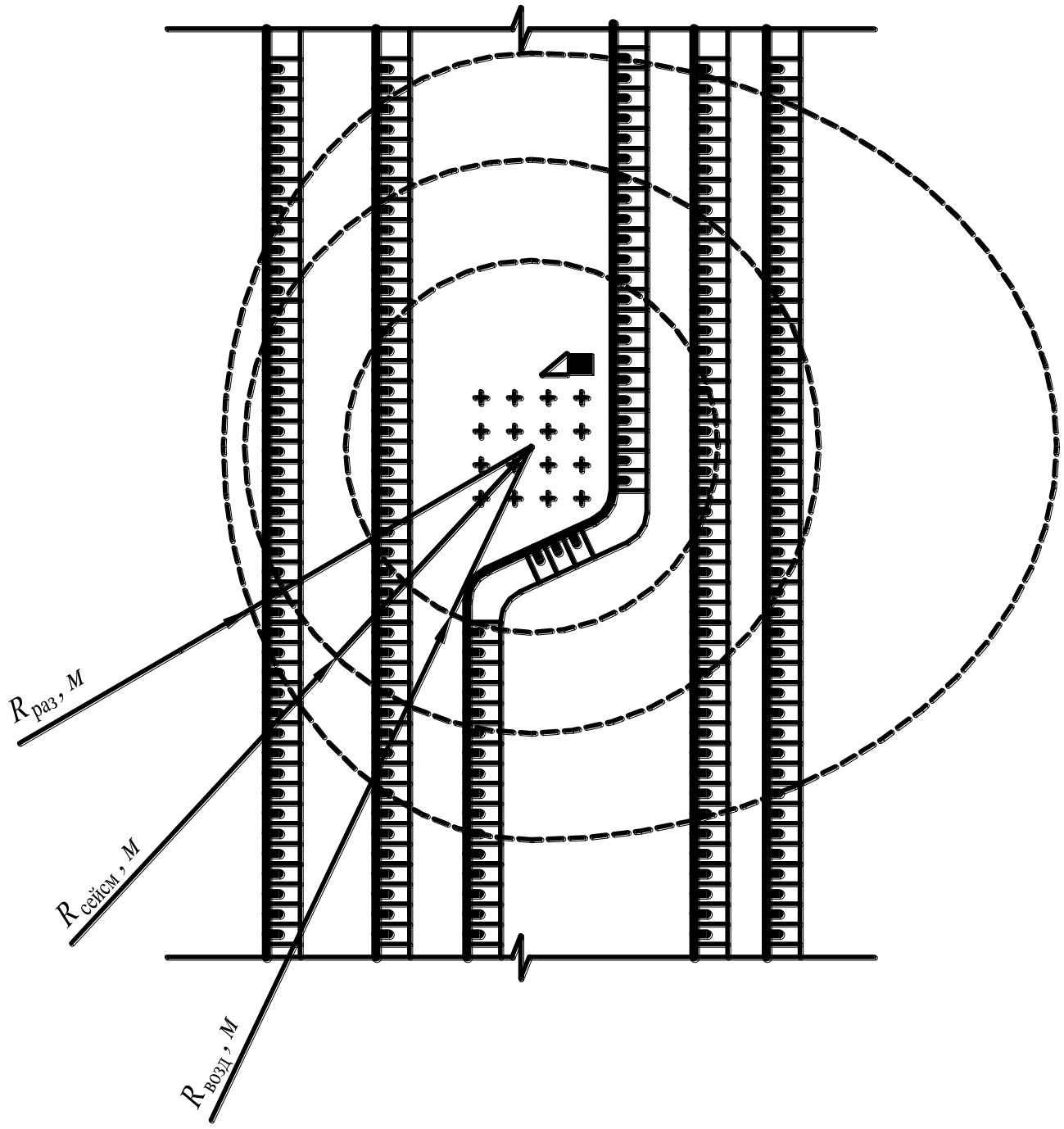


Рис. 4.1. Пример графического изображения схемы взрываемого блока и контуров опасных зон

Безопасное по действию ядовитых газов расстояние $r_г$ (м) в условиях отсутствия ветра или в направлении, перпендикулярном к распространению ветра, при взрыве зарядов на выброс определяется по формуле

$$r_г = 160\sqrt[3]{Q}, \qquad (4.21)$$

где Q – суммарная масса взрываемых зарядов, т.

В направлении, противоположном распространению ветра, радиус газоопасной зоны следует принимать также равным $r_г$. По направлению ветра радиус газоопасной зоны $r_{г1}$ определяется по формуле:

$$r_{г1} = 160\sqrt[3]{Q}(1+0{,}5V_в), \qquad (4.22)$$

где $V_в$ – средняя скорость ветра или его порывов в момент взрыва, м/с.

8. Результаты расчета свести в итоговую таблицу. По результатам выполнить графическое изображение в стандартном масштабе на формате А4 схемы взрываемого блока и контуров опасных зон рисунке.

Контрольные вопросы

1. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные расстояния при взрывных работах?
2. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные для людей расстояния при взрывных работах?
3. По каким воздействиям от взрыва рассчитываются безопасные для механизмов и оборудования расстояния при взрывных работах?
4. Какими факторами определяются размеры опасной зоны?
5. Какими факторами определяются характер распределения энергии взрыва в массиве?
6. Какие критерии используются для оценки опасности воздействия взрыва на человека?
7. Какие критерии используются для оценки опасности воздействия взрыва на механизмы, оборудование и сооружения?
8. От каких факторов зависит радиус разлета кусков при взрыве?
9. При взрывании какого заряда рассчитываются размеры опасной для людей зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ)?
10. Сколько степеней допускаемого нарушения целостности сооружения учитываются при оценке радиуса опасной зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ)?
11. По какому критерию опасности воздействия взрыва оцениваются размеры опасной зоны по действию ударной воздушной волны (УВВ) при взрыве скважных и шпуровых зарядов на рыхление?
12. Когда рассчитываются размеры опасной зоны по критерию целостности здания или сооружения в целом?
13. Как рассчитывается эквивалентная масса N скважных зарядов для оценки размеров опасной зоны от действия УВВ по критерию нарушения целостности застекления?
14. При взрыве каких зарядов не учитывается сейсмическое действие взрыва?
15. По какому критерию опасности определяется радиус опасной по сейсмическому действию взрыва зоны?
16. От каких факторов зависит радиус опасной по сейсмическому действию взрыва зоны?
17. Когда рассчитываются размеры опасной зоны по действию ядовитых газов?

Список использованных и рекомендуемых источников

1. *Хохряков В. С.* Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: Учебник для техникумов. М.: Недра 1991. 336 с.
2. *Ржевский В. В.* Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: Учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 509 с.
3. *Томаков П. И., Наумов И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.
4. *Беляков Ю. И.* Проектирование экскаваторных работ. М.: Недра, 1983. 349 с.
5. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах. М.: Недра, 1990. 367 с.
6. *Корнилков С. В., Стенин Ю. В.. Стариков А. Д.* Расчет параметров буровзрывных работ при скважинной отбойке на карьерах: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. 112 с.
7. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом. М: МГИ, 1992. 516 с.
8. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологи и в промышленности). Ч. II.: Учебник для вузов. М.: Недра, 1994. 446 с.
9. Буровзрывные работы на угольных разрезах /Репин Н.Я., Богатырев В. П., Буткин В. Д. и др. /Под ред. Н. Я. Репина. М.: Недра, 1987. 254 с.
10. *Репин Н. Я.* Подготовка и эксплуатация вскрышных угольных разрезов. М.: Недра, 1978. 256 с.
11. *Угольников В.*К. Оптимизация параметров буровзрывных работ на карьерах. Учебное пособие. Магнитогорск: МГМА,1997. 84 с.
12. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП-13-1-86/МЧМ СССР. Л.: СКБ НТО АН СССР, 1986. 264 с.
13. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. 244 с.
14. Безопасность при взрывных работах: Сборник документов. Серия 13. Выпуск 1 /Колл. авторов /Отв. составители: А. И. Субботин, Н. И. Гаврилов, С. В. Колесникова. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001. 244 с.
15. Справочник. Открытые горные работы /К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Виницкий, Н. Н. Мельников и др. М.: Горное бюро, 1994. 590 с.
16. Нормативный справочник по буровзрывным работам /Ф. А. Авдеев, В. Л. Барон, Н. В. Гуров и др. М.: Недра, 1986. 511 с.
17. *Стенин Ю.В.* Расчеты параметров буровзрывной подготовки горной массы к выемке: Руководство по выполнению лабораторных работ по разделу «Подготовка горной массы к выемке» дисциплины «Процессы открытых горных работ. Часть I. Расчет параметров буровых работ. Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2001. 30 с.
18. Сытенков В.Н., Давронбеков У.Ю., Бибик И.П.Проектирование скважинных зарядов при взрывном рыхлении пород в карьерах. Навоий. Информационный центр Центрального рудоуправления НГМК, 2004. 72 с.

Приложения

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Таблица П.1.1

Исходные данные

Характеристика горных пород					Температура воздуха t,°C	Угол откоса рабочего уступа $\alpha_р$, град	Угол откоса нерабочего уступа α_v, град.	Годовой объем взрываемой горной массы $V_{год}$ млн. м^3	Объем взрываемого блока $V_{бл}$ тыс. м^3	Угол откоса рабочего борта ($\gamma_{р.б.}$), град.	Высота столба воды в скважине $h_в$, м	Азимут линии откоса уступов (направление фронта работ) $\theta_о$, град	Азимут направления наиболь шей оси зоны дробления θ, град.	Допустимый процент выхода негабарита, V_H, %
Предел прочности, МПа			Плотность γ, т/м^3	Категория трещиноватости										
$\sigma_{сж}$	$\sigma_{сд}$	$\sigma_р$												
180	18	9	3,2	IY	0	80	70	2.0	40,0	12	1	90	90	2
20	3.0	1	1,3	IY	+25	75	60	5,0	50,0	12	1	90		2
100	25	15	2,0	III	+7	80	65	10,0	200	17	5	45	120	3
170	21	8	2,9	Y	0	75	65	20,0	400	21	6	60	30	3
50	15	10	2,3	II	10	70	60	8,0	200	18	6	45	Н. д.	2
30	3	1	1,5	III	-20	65	55	1,5	30,0	10	3	30	75	5
120	12	5	2,7	III	-15	70	65	7,0	140	18	2	30	60	5
80	20	10	2,7	IY	+12	75	65	15,0	300	20	2	90	90	10
160	15	8	2,3	II	+18	75	65	0,8	20,0	11	2	60	120	10
70	7	3	2,0	II	-10	70	60	3,0	60,0	15	1	60	180	0,5
40	6	2	1,9	I	-17	65	55	2,0	40,0	15	5	33	Н. д.	1
130	13	5	2,4	I	0	65	60	1,5	20,0	20	5	40	Н. д..	7
90	10	4	2,4	III	+15	70	65	25,0	400	22	7	90	Н. д.	3
110	10	4	2,7	IY	+20	75	70	7.0	150	13	4	0	45	3
40	10	6	2,5	IY	+7	70	65	12,0	200	12	4	0	70	2
20	3	1	1,4	III	0	70	55	1,0	30,0	11	4	0	90	7
20	5	3	1,6	II	-21	65	55	3$_7$0	60,0	11	4	25	90	5
180	18	9	3,0	Y	-12	80	70	15,0	300	21	1	30	90	3
100	12	4	2,2	III	-7	70	60	10,0	200	20	1	30	100	5
80	8	3	2,2	IY	0	70	65	2,0	40,0	15	12	30	45	10
60	5	3	2,6	IY	+17	70	65	1,5	30,0	13	3	60	30	10

Окончание табл П.1,1

Вариант	Характеристика горных пород					Температура воздуха t,°C	Угол откоса рабочего уступа $\alpha_р$, град	Угол откоса нерабочего уступа α_v, град.	Годовой объем взрываемой горной массы $V_{год}$ млн. м^3	Объем взрываемого блока $V_{бл}$, тыс. м^3	Угол откоса рабочего борта ($\gamma_{р.б.}$), град.	Высота столба воды в скважине $h_в$, м	Азиму линии откос уступо (напра ление фронт работ ($\theta_о$), гр
	Предел прочности, МПа			Плотность γ, т/м^3	Категория трещиноватости								
	$\sigma_{сж}$	$\sigma_{сд}$	$\sigma_р$										
22	140	20	7	2,7	III	+21	75	65	8,0	160	24	4	60
23	30	7	4	2,0	III	+5	70	60	0,6	20,0	10	2	45
24	60	6	3	2,5	III	0	70	60	1,5	40,0	12	5	45
25	160	20	8	3,0	II	-15	70	60	5,0	100	25	4	30
26	110	10	5	2,8	IY	-10	75	70	30,0	600	23	3	30
27	90	15	5	2,3	III	-30	70,	60	10,0	200	20	2	90
28	130	15	6	2,7	III	+18	75	65	8,0	150	23	1	90
29	150	15	7	2,4	Y	+24	80	75	15,0	300	17	1	150
30	50	8	2	2,1	III	+7	70	60	1,5	40,0	12	2	200
31	30	7	4	1,6	11	-25	65	55	2,0	60,0	13	2	240
32	40	7	3	1,8	III	-25	65	60	2,0	60.0	13	1	180
33	80	8	4	2,0	IY	0	70	65	5,0	100	15	1	200
34	140	15	5	2.5	111	0	75	65	7,0	150	20	3	270
35	20	2	1	1,2	III	-17	65	55	2,5	50,0	13	1	270
36	180	20	6	2,9	Y	+19	80	70	0,6	24,0	13	2	200

Примечание. А – автомобильный, К – конвейерный, Ж-Д – железнодорожный транспорт;

*$B_л$ = 1,2 м; **$B_л$ = 1,6 м

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1

Таблица П.2.1

Размеры элементов рабочих площадок

Экскаватор	C_1	T	C_2	$П_1$	$П_2$
При автотранспорте					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б; ЭКГ-8И	1,5 – 2,0	12 - 14	1,5 – 2,0	6	
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус; ЭГ-12	1,5 – 2,0	15 - 17	1,5 – 2,0	6	
ЭКГ-12,5; ЭКГ-15; ЭКГ-8Ус; ЭКГ-10Ус; ЭКГ-20	2,0 – 2,5	17 – 20	2,0 – 2,5	6	
При железнодорожном транспорте (одноколейный рельсовый путь)					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б; ЭКГ-8И	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус; ЭГ-12	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-12,5; ЭКГ-15; ЭКГ-8Ус; ЭКГ-10Ус; ЭКГ-20	1,5 – 2,0	3,5 – 4,0	1,5 – 2,0	6	6
При конвейерном транспорте					
ЭКГ-5А; ЭКГ-4,6Б;	1,5 – 2,0	2,5 – 3,0	1,5 – 2,0	6	6
ЭКГ-8И; ЭКГ-6,3Ус;	1,5 – 2,0	3,0 – 3,5	1,5 – 2,0	6	6

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КАРЬЕРОВ

Таблица П. 2.2

Рабочие параметры экскаваторов

Емкость ковша, м^3 основного	Максимальный радиус черпания, м		Максимальный радиус черпания на уровне стояния, м	Максимальная высота черпания, м	Максимальный радиус разгрузки, м	Максимальная высота разгрузки, м	Рабочая масса экскаватора, т	Продолжительность цикла при угле поворота на 90°, с	
	основного	дополнительного							
ЭКГ-5А	5,2	3,2-7,0	14,5	9,04	10,3	12,65	6,7	196	23
ЭКГ-8И	8	10	18,2	12,2	12,5	15,5	9,2	370	26
ЭКГ-12	12	10 – 6	21,0	14,3	16,9	15,0	10,0	600	26
ЭКГ-20А	20	16 – 30	23,4	14,2	18,0	17,0	11,5	1040	28

Таблица П. 2.3

Годовая производительность одноковшовых экскаваторов на угольных разрезах, тыс. м^3

Объединение	ЭКГ-4У; ЭКГ-5	ЭКГ-8И; ЭКГ-10	ЭКГ-12,5; ЭКГ-15
Башкируголь……	1404	1372	–
Вахрушевуголь……	1347	1672	–
Востсибуголь……	646	1540	–
Дальвостуголь…….	624	–	–
Красноярскуголь……..	580	1756	2358
Кемеровоуголь…….	819	1297	1567
Приморскуголь…….	954	1499	–
Тулауголь……..	108	–	–
Челябинскуголь……	1279	1083	–
Якутуголь……..	550	1342	–
Александрияуголь……...	690	–	–
Экибастузуголь……	506	1523	2514
Средазуголь…….	841	1719	–

Таблица П. 2.4

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с гидромеханической трансмиссией

Показатели	БелАЗ-540А	БелАЗ-7540	БелАЗ-7526	БелАЗ-548А	БелАЗ-7523	БелАЗ-7548	БелАЗ-7555
Грузоподъемность, т….	27	30	30	40	42	42	55
Масса снаряженного автомобиля, т……	21	21,75	21,475	28,8	29,48	29,5	40,5
Объем кузова геометрический, м^3……..	15	15	19	21	21	21	25
Объем кузова с "шапкой", м^3……	18	18	23,5	26	26	26	34,2
Ширина, м……..	3,48	3,48	3,48	3,79	3,79	3,79	5,24

Таблица П. 2.5

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ с электромеханической трансмиссией

Показатели	БелАЗ-7509	БелАЗ-75091	БелАЗ-7519	БелАЗ-75191	БелАЗ-75199	БелАЗ-7512	БелАЗ-7521	БелАЗ-75213, 75214	БелАЗ-75202
Грузоподъемность, т…..	75	75	110	120	105	120	180	180	200
Масса снаряженного автомобиля, т…….	67,48	67,68	85	85,5	90	90	145	157	143
Объем кузова геометрический, $м^3$……	35	35	41	41	82	47	80	80	85
Объем кузова с "шапкой", $м^3$……..	46	46	56	56	—	62	108	108	115
Ширина, м……	5,36	5,36	6,10	6,10	6,98	6,10	7,64	7,70	7,78

Таблица П. 2.6

Рекомендации по рациональному сочетанию экскаваторов и диаметров скважин (по Н. Я. Репину)

Породы	Легковзрываемые				Средней взрываемости				Трудновзрываемые			
Экскаватор	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12	ЭКГ-20А
Высота уступа, м...	10	15	15	20	10	15	15	20	10	15	15	20
	15	20	20	25	15	20	20	25	15	20	20	25
			25	30			25	30			25	30
Диаметр скважин, мм	190	190	215	244	142	165	190	215	120	132	146	190
	190	190	215	269	146	165	190	244	120	142	146	190
			244	269			215	244			165	215

Таблица П. 2.7

Рациональное сочетание оборудования при использовании железнодорожного транспорта

Выемочно-погрузочное оборудование			Характеристика горных пород			Буровое оборудование			Транспортное оборудование				
											думпкары		
экскаватор	условия работы	емкость ковша экскаватора, $м^3$	коэффициент крепости пород	взрываемость	средняя объемная масса, $т/м^3$	тип станка	диаметр скважины, мм	модель станка	полезная масса поезда, т	сцепной вес тяговых средств, тс	грузоподъемность, т	коэффициент тары	модель
ЭКГ-5	Легкие	6,3	2-6	Легковзрываемые	2,1	СБР	160	СБР-160	700—800	150—180	100—105	0,35—0,4	—
	Средние	5	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	160	СБР-160	600—700	120—150	100—105	0,.35—0,4	—
	»	5	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	200	2СБШ-200Н	600—700	120—150	100—105	0,4 -0,45	2ВС-105
	»	5	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	250	СБШ-250	600—700	120—150	100—105	0,45—0,5	2ВС-105
ЭКГ-8	Легкие	10	2-6	Легковзрываемые	2,1	СБР	200	СБР-200	900—1000	180—240	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	Средние	8	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	200	СБР-200	800—900	150—200	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	»	8	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	250	СБШ-250	800—900	150—200	105—140	0,4 —0,45	ВС-140
	»	8	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	300	СБШ-320	800—900	150—200	105—140	0,4 —0,45	ВС-140
ЭКГ-12,5	Легкие	16	2-6	Легковзрываемые	2.1	СБР	250	СБР-250	1100—1400	240—360	140—180	0,35—0,40	ВС-180
	Средние	12,5	2-6	Средневзрываемые	2,1	СБР	250	СБР-250	1100—1400	240—36	140—180	0,35-0,40	ВС-180
	»	12,5	6-10	Средневзрываемые	2,7	СБШ	300	СБШ-320	1100—1400	240—36	140—150	0,4 —0,45	ВС-140
	»	12,5	10-15	Средневзрываемые	3,0	СБШ	320	СБШ-320	1100—1400	240—36	140—150	0,4 —0,45	ВС-140

Таблица П. 2.8

Техническая характеристика думпкаров

Показатели	6ВС-60	ВС-85	2ВС-105	ВС-145	ВС-170
Грузоподъемность, т……..	60	85	105	145	170
Объем кузова, м^3……..	30	38	50	68	80
Тара вагона, т…….	27	35	48,5	78	75
Количество осей……..	4	4	6	8	8
Нагрузка от колесной пары на рельсы, кН……	213	294	256	273	300
Габариты, мм:					
длина по осям автосцепок	11830	12170	14900	17630	16950
ширина……	3210	3520	3750	3500	—
высота……..	2867	3236	3241	3635	—
Способ разгрузки……	Двусторонняя				Односторонняя

Таблица П. 2.9

Ориентировочные параметры конвейеров для расчета размеров негабаритных кусков в развале взорванной горной массы

Глубина карьера, м	Годовая производительность конвейера, млн. т									
	10		15		20		25		30	
	Параметры конвейеров									
	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м	тип става и роликоопор	ширина ленты, м
150	Ж	1,0	Ж	1,2	Ж	1,2-1,4	К	1,4-1,6	К	1,6-1,8
250	Ж	1,0-1,2	Ж	1,2-1,4	К	1,4	К	1,6	К	1,8

Примечание: Ж – с жестким ставом и роликоопорами; К – с канатным ставом и гибкими роликоопорами

Таблица П. 2.10

Рекомендуемые значения $H_{заб.max}/h_{коп.max}$ для карьерных мехлопат (с канатным приводом) при различных свойствах горной массы

Взорванная масса	Разрыхление горной массы	Тип обрушения		Угол откоса забоя после обрушения, град.	Отношение $H_{заб.max}/h_{коп.max}$			
		характерный	расчетный		при кусковатости $d_{ср}$, см			при негабаритных кусках (5 – 8 %)
					5—20	20—40	40—60	
Связная ($K_р$=l,02÷l,15)	Довольно равномерное или неравномерное	Одной волной	Одной волной	75—87	1,15	1,1	1,05	1,0
Связносыпучая ($K_р$=1,2÷1,35)	Неравномерное	Несколькими волнами	То же	60—80	1,4	1,3	1,15	1,05
Связносыпучая ($K_р$=1,3÷1,4)	Довольно равномерное	Течение	Несколькими волнами	50—70	1.7	1,5	1,3	1,1
Сыпучая ($K_р$=1,4÷1,5)	То же	То же	То же	32—50	2,5	2,1	1,5	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

Таблица П. 3.1

Сопоставление методов эффективного дробления взрывом различных пород с учетом горнотехнических условий разработки

Качественная характеристика массива	Соотношение размера максимальной отдельности к размеру кондиционного куска	Требуемый характер воздействия на массив для получения высокой степени дробления при взрыве	Наиболее эффективные методы регулирования дробления
Мелкоблочный ……	До 1	Разделение отдельностей практически без их дробления	Большой диаметр скважин (250 мм). Средние удельные расходы ВВ. Порядные схемы КЗВ, ВВ пониженной и средней энергии
Среднеблочный ……..	1–2	Дробление крупных отдельностей минимум на две части	Средний диаметр скважин (200-250 мм) . Средние и повышенные удельные расходы ВВ средней энергии. Врубовые схемы КЗВ
Крупноблочный ……..	Свыше 2	Интенсивное дробление крупных отдельностей на много частей	Малый диаметр скважин (150 мм). Высокие удельные расходы ВВ средней и повышенной энергии врубовые схемы КЗВ. Большие диаметры скважин в сочетании с высокими удельными расходами мощных ВВ.

Таблица П.3.2

Характеристика схем соединения скважинных зарядов и условия их применения

Номер группы	Группа схемы	Индекс	Вариант схемы	Кратность воздействия зарядов на призму разрушения	Условия применения
1	2	3	4	5	6
I	Порядные	А	Сплошными рядами:		Фронтальный забой, подобранный откос уступа, легковзрываемые породы:
			при однорядном мгновенном взрывании	1	Один ряд скважин
			при шахматной сетке	2—3	Два-три ряда скважин
			при квадратной сетке	2	То же
		Б	Двусторонняя	2	Четыре-пять рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		В	Секционная	2	То же, и значительная протяженность взрываемого блока

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
II	Порядные врубовые	А	Секционная с однорядным врубом	2-3	Фронтальный или траншейный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, необходимость уменьшения развала, не менее трех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости
		Б	Секционная с двухрядным врубом	2-3	То же, но не менее четырех рядов скважин, возможность взрывания пород средней крепости и крепких
III	Порядные «через скважину»	А	Однорядная	2	Фронтальный забой, подобранный откос уступа, породы средней и ниже средней крепости, однородные по свойствам, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, один ряд скважин
		Б	Продольными рядами	3—4	То же, но большее число рядов скважин
		В	Продольными рядами с обособленными магистралями	4	То же, но более сложное строение массива горных пород
IV	Поперечными рядами	А	С однорядными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, не менее четырех рядов скважин, породы средней и ниже средней крепости, необходимость уменьшения развала
		Б	С двухрядным врубом	2-3	То же, но более сложное строение массива и более высокая крепость горных пород
		В	Последовательными рядами	3—4	То же, но меньшая протяженность взрываемого блока и обнажение откоса уступа на фланге
V	Диагональные	А	С клиновым врубом	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы со сложным геологическим освоением, не менее четырех рядов скважин, необходимость уменьшения развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва, трудновзрываемые породы
		Б	С трапециевидным врубом фланговым и центральным	2—3	То же, весьма трудновзры4ваемыо породы
		В	Диагонально-клиновые: простая клиновая и клиновая с оконтуривающим звеном	2	Траншейные забои, породы с однородными свойствами, средней и ниже средней крепости, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншей
		Г	Диагональными рядами и последовательным врубом	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, сложное строение массива, не менее четырех рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
VI	Диагонально-волновые	А	С прямолинейным опережающим врубом	2—3	Траншейные забои значительной ширины, трудновзрываемые породы, необходимость сохранения сплошности массива в бортах траншеи
		Б	С трапециевидными врубами	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, трудновзрываемые породы со сложной структурой, не менее четырех рядов скважин
		В	С объемными врубами	2-3	То же, но небольшая протяженность блока
		Г	С ломаным фронтом отбойки: при отсутствии зажима на фланге	2	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы средней и ниже средней крепости, не менее четырех рядов скважин
		Д	С оконтуривающей группой зарядов	2—3	То же, но имеется необходимость сохранения сплошности массива за линией последнего ряда (приконтурные взрывы), не менее четырех рядов скважин
		Е	Со щелевым опережающим врубом	2—3	Траншейный забой, породы средней и ниже средней крепости, необходимость получения компактного развала, не менее четырех-пяти рядов
		Ж	С опережающим врубом	2—3	То же, взрывание легкодробимых пород
VII	Радиальные	А	Односекционная	2—3	Специальные забои, неподобранный откос уступа, весьма крепкие трудновзрываемые породы, необходимость направленного и концентрированного перемещения пород, расположение скважин по концентрическим полуокружностям
		Б	Многосекционная	2—3	Фронтальный забой, неподобранный откос уступа, значительная протяженность взрываемого блока, весьма крепкие породы, не менее четырех рядов скважин, расположенных по концентрическим полуокружностям
		В	Секторная	2—3	То же, но значительное ограничение сейсмического действия взрыва
VIII	Волновые	А	Экранирующая	2—3	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы различной крепости со сложным геологическим строением, не менее двух-четырох рядов скважин, необходимость компактного развала, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		Б	Развернутая	2—4	То же, но подобранный откос уступа
		В	С переменным направлением взрывания групп зарядов	2-4	Траншейный забой, весьма крепкие, трудно-взрываемые породы, сложное строение массива, не менее пяти рядов скважин, ограничение по сейсмическому действию взрыва
		Г	Двусторонняя	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, породы различной крепости, значительное число рядов скважин (не менее шести-семи), ограничение по сейсмическому действию взрыва

Окончание табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6
IX	Комбинированные	А	Радиально-волновая	2-4	Фронтальный забой, подобранный и неподобранный откосы уступа, наличие участков пород с различными свойствами, не менее пяти рядов скважин
		Б	Порядно-волновая	2—4	То же, но различное число рядов скважин на отдельных участках
		В	Порядно-диагональная	2—3	То же

Таблица П.3.3

Промышленные ВВ для буровзрывной подготовки горной массы в карьерах (для первичного дробления)

№ п.п.	Наименование ВВ	Теплота взрыва, кДж/кг	Плотность заряжания, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Объемная концентрация энергии, кДж/см^3	Кислородный баланс, %	Коэффициент врывной эффективности	Условия применения (водоустойчивость), назначение
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Взрывчатые вещества гранулированные и порошкообразные, а также пороха и изделия из них предназначенные для использования на земной поверхности								
1	Алюмотол	$\frac{5200*}{5600}$	0,9	$\frac{5,5*}{6,5}$	$\frac{7,7}{6,9}$	-76,2	$\frac{0,83*}{0,77}$	Сухие и обводненные скважины
2	Гранулотол	$\frac{3450*}{4100}$	0,95-1,0	$\frac{5,5*}{6,5}$	$\frac{4,6}{2,11}$	-74	$\frac{1,25*}{1,05}$	То же
3	Аммонал скальный № 3	4950	1,0-1,15	4,0-4,45	6,11	+0,78	0,87	«
Гелекс								
4	Р-80 (230 долл./т)	3330	1,2-1,3	3,6-4,2		-0,1	1,3	Сухие и обводненные скважи-
5	Р-100 (260 долл./т)	3975	1,2-1,4	3,8-4,5		-0,06	1,1	То же
6	230М (300 долл./т)	4140	1,2-1,3	4,6		-0,08	1,04	«
7	650М (430 долл./т)	4800	1,2-1,4	4,9		-0,9	0,89	«
Граммониты								
8	А (180 долл./т)	3930				-0.21	1,1	
9	50/50	3700	0,9-0,95	3,6-4,2	4,25	-27,2	1,16	Сухие скважины
10	30/70	4350	0,95	5,2-5,6	4,06	-45,9	1,0	То же
11	79/21 (290долл./т)	4300	0,9-1,0	3,5-4,2	4,80	+0,02	1,0	«

Продолжение табл. П. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	РЗ-ЗОПР, 79/21ПР, 82/18ПР	4300	0,9-1,0	3,5-4,2	4,80	+0,02	1,0	Обводненные скважины (заряды в полиэтиленовых рукавах)
	Гранипоры							
13	БП-1	3350	1,2	5,5-6,5	4,2	-45	1,28	Обводненные скважины (специализированные организации) и разрез «Листвянский» концерна «Кузбассразрезуголь»
14	ФМ							Обводненные скважины
	Гранулиты							
15	Гранулит, игданит	3800	0,9	2,2-2.7	3,8	+0,12	1,14	Сухие скважины
16	М	3850	1,0	2,5-3,6	3,9	+0.14	1.11	Сухие шпуры (скважины)
17	АС-4	4552	0,90	2,6-3,5	4,1	+ 0,41	0,94	Сухие шпуры (скважины)
18	АС-4В	4552	0,90	2,6-3,5	4,1	+ 0,41	0,94	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
19	АС-8	5200	1,0	3,0-3,6	6,1	+0,34	0,83	Сухие шпуры (скважины)
20	АС-8В	5200	1,0	3,0-3,6	6,1	+0,34	0,83	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
21	НК – А (126 долл./т)	3400				-2,1÷0	1,26	Сухие скважины
22	НК – Б (126 долл./т)	3090				-0,3÷ +0,3	1,39	Сухие скважины
23	УП – 1 (126 долл./т)	3700				-2,5÷ +1,2	1,16	Сухие скважины
24	С-6М	3850	0,95	2,5-3,6	3,9	-1,3	1.12	Сухие и осушенные скважины
	Водосодержащие взрывчатые вещества, предназначенные для использования на земной поверхности							
25	Акванал (ипконит) (389 долл./т)	4220- -4300	1,4-1,45	3,8-4,6	4,52- 4,86	+0,2÷ +2,3	1,02÷ 1,0	Обводненные скважины
26	Акванал АРЗ-8Н	5230	0.9	3,0-3,6	6,2	-3,3	0,83	Сухие и обводненные шпуры (скважины)
27	Граммонит РЗ-30 (350 долл./т)	3600	1,35-1,4	4,5-5,0	3,9	-1,8	1,16	Сухие и обводненные скважины

Окончание табл. П. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	Граммонит 79/21	4300	0,85	3,5-4,2	4,8	+0.02	1.0	Сухие скважины
				Акватолы				
29	Т-20 (ифзаниты Т-20, Т-50, Т-80)	3300--3900	1,34-1,56	4,2-5,5	3,52-4,3	-1,6-0,0	1,3-1,11	Сухие и обводненные скважины
30	Т-20ГК (270 ддол/т)	3680	1,4	3,6–4,0		-0,4	1,16	Обводненные скважины
31	Т-20М (371 дол/т)	3700	1,5-1,6	4,6-5,0	3,78	+1,0 ÷+3,5	1,16	Сухие и обводненные скважины
32	Карбатолы ГЛ-10В, ГЛ-15Т	5700	1,55-1,60	4,5-5,5	6,8	-21,4	0,76	Сухие и осушенные скважины
				Эмульсионные				
33	Порэмит 1 марок 1ИМ-К, 1ИМ-Н, 1МТ-К, 1МТ-Н	2880 2900 2960 3030	1,25 1,25 1,25 1,25	4,9-5,2 4,9-5,2 4,9-5,2 4,9-5,2	3,6 3,6 3,7 3,8		1,49 1,48 1,45 1,42	Сухие и обводненные скважины
34	Порэмит 1А	3010	1,25	4,9-5,1	3,8	-0,9	1,43	Сухие и обводненные скважины на разрезах АООТ «Концерн «Кузбассразрезуголь», на карьерах АО «Ураласбест»
35	Порэмит М 4А (380 долл./т) 8А (460 долл./т)	3640 4350	1,3 1,35	4,8-5,1 4,9-5,3	4,7 5,8	-5,64 -9,8	1,18 0,99	Сухие и обводненные скважины
36	Гранэмит 30/70 (295 долл./т)	3190	1,3	4,8-5,2	4,5	- 1,1	1,35	Обводненные скважины
37	Гранэмит 70/30 (260 долл./т)	3530	1,15	3,5-4,2	4,1	- 1,4	1,22	Сухие скважины
38	Гранэмит 50/50 (280 долл./т)	3260	1,4	4,2-5,0	4,6	-0,3	1,32	Обводненные скважины
39	Эмулит 80/20	2870	1,23	4,3	3,5	-3,9	1,49	Сухие сважины
40	Эмулит 75/25	2930	1,26	4.7	3.7	-4.5	1,47	Сухие сважины
41	Нобелит 20/30	2900	1,28	4,5	3,7	-2,1	1.49	Обводненные скважины
42	Нобелан 20/70	3500	1,2	4,0	4,2	- 1,7	1,23	Сухие скважины
43	Сибириты 1000,1200							Сухие и обводненные скважины

* Числитель – в сухом; знаменатель – в водонаполненном состоянии

Таблица П. 3.4

Характеристика ВВ заводского изготовления

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва $A_{и}$, кДж/кг	Плотность ВВ, г/см^3	Коэффициент взрывной эффективности	Критический диаметр открытого заряда, мм	Скорость детонации, км/с
Гранулит М…….	3163	0,78-0,82	0,86	80-110	2.5-3,6
Гранулит АС-4……	3645	0,85-0,9	1,09	60-100	2,6-3,5
Гранулит АС-4В….	3648	0,8-0,85	1,02	70-100	3-3,5
Гранулит АС-8В…..	3997	0,8-0,85	1,12	70-100	3-3,6
Аммонит 6-ЖВ…...	3561	0,90	1,00	10-13	3,6-4,8
Граммонит 79/21…	3561	0,8-0,85	1,0	40-60	3,2-4
Граммоинт 50/50….	3042	0,90	1,17	40-60	3,6-4,2
Граммониг 30/70….	3149	0,90	1,20	40-60	5,2-5,6
Алюмотол……	4266	0,95	1,38	70-80 25-30*	5,5-6*
Гранулотол……..	2975	0,9	0,91	60-80 10-15*	5,5-6,5*

Примечание. Характеристики, отмеченные звёздочкой, относятся к ВВ в водонаполненном состоянии.

Таблица П. 3.5

Основные энергетические показатели ЭВВ в сравнении с промышленными ВВ

Показатели	Эмульсионные ВВ								Промышленные ВВ					
	Нобелит 2030	Гранэмит 30/70	Нобелан 20/70	Гранэмиты		Эмулиты		Порэмит	Игданит	Игданит А-6	МАНФСМ*	Гранулит АС-4	Граммонит 79/21	Гранулотол ТНТ
				70/30	50/50	80/20	75/25							
Состав ЭВВ, % АС+ДТ… эмульсия…	30 70	30 70	70 30	70 30	50 50	80 20	75 25	100	94% -АС 6% - ДТ	90% -АС 4% - ДТ 6%-А1	92% - АС 4% - ДТ 4%-А1	92% -АС 4%-ДТ 4% - А1	79% -АС 21%-ТНТ	–
Теплота взрыва, кДж/кг (ккал/кг)….	2900 (693)	3190 (763)	3500 (836)	3530 (844)	3260 (779)	2870 (701)	2930 (904)	3000 (717)	3778 (904)	4500 (1075)	4430 (1060)	4552 (1030)	4295 (1026)	4095 (980)
Плотность заряжания, г/см…….	1,28	1,3	1,2	1,15	1,4	1,23	1,26	1,25	0,85	0,90-,95	0,92	0,90	0,85	1,0
Скорость детонации, км/с……	4,5	4,8-5,2	4,0	3,5-4,2	4,2-5,0	4,3	4,7	4,4-5,2	2,2-2,7	2,5-3,2	3,9	2,6-3,5	3,2-3,6	5,0-5,2
Объемная концентрация энергии, кДж/см^3….	3,7	4,5	4,2	4,1	4,6	3,5	3,7	3,8	3,2	4,14	4,08	4,1	3,65	4,09
Кислородный баланс, %.....	-2,1	- 1,1	- 1,7	- 1,4	-0,3	-3,9	-4,5	- 1,05	- 1,65	- 1,2	-0,92	+ 0,41	+ 0,02	-74
Область применения…….	Обводненные скважины		Сухие скважины		Обводненные скважины	Сухие скважины		Обводненные скважины	Сухие скважины				Сухие и слабообводненные скважины	Обводненные скважины

* ВВ, выпускаемые в Узбекистане СП «MSI-Турон», аналог - гранулит АС-4

Таблица П. 3.6

Рекомендуемый ассортимент ВВ по опыту эксплуатации карьера Мурунтау

Категория пород	Трещиноватость	Коэффициент крепости	Типы применяемых ВВ
Легковзрываемые	Весьма сильнотрещиноватые	6-8	Игданит, гранулит С-6М, ЭВВ 85/15, Нобелан 2070
Средневзрываемые…….	Сильнотрещиноватые	8-10	Игданит, Игданит А-6, гранулит АС-4, МАНФО-5, ЭВВ 85
Трудновзрываемые	Среднетрещиноватые	10-12	Игданит А-6, гранулит АС-4, МАНФО-4, ЭВВ 85/15 и 80/20, Нобелан 2070
Весьма трудновзрываемые…….	Малотрещиноватые	>12	Игданит А-6, граммонит 79/21, гранулит АС-8, МАНФО-4, ЭВВ 85/15 и 80/20, Нобелан 2070
Обводненные породы…….			Гранулотол, гранипоры, ЭВВ 30/70, Нобелит 2030

Таблица П. 3.7

Рекомендуемые согласно [7] условия применения ВВ на карьерах

Условия применения	Породы слабые (стоимость бурения 0,07 руб/дм^3 – 0,44)	Породы средней крепости (стоимость бурения 0,16 руб/дм^3 – 1,0)	Породы крепкие и весьма крепкие (стоимость бурения 0,25 руб/дм^3 – 1,56)
Сухие скважины и котлы или сухая часть обводненных скважин……..	Гранулит М, Игданит Граммонит 79/21, Акватолы, Ифзаниты, Карбатол 15Т	Акватолы, Ифзаниты Карбатол 15Т, Граммонит 79/21, Гранулиты АС-4М, Игданит	Акватолы, Карботол ГЛ-10В, Граммонит 79/21, Гранулит АС-4,
Обводненная часть скважин с непроточной водой……	Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Ифзаниты, Карбатол 15Т, Гранулотол,	Акватолы,Ифзаниты,Карбатол 15Т, Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Гранулотол	Акватолы, Ифзаниты, Карбатол ГЛ-10В, Граммониты 50/50, Граммониты 30/70, Гранулотол, Алюмотол
Обводненная часть скважин с проточной водой……..	Акватолы, Граммонит 30/70, Гранулотол	Акватолы, Алюмотол, Гранулотол, Ифзанит, Граммонит 30/70	Акватолы, Алюмотол, Гранулотол, Граммонит 30/70
Камеры сухие и осушенные……..	Гранулит М, Игданит, Граммонит 79/21	Гранулит М, Игданит Гранулит АС-4, Граммонит 79/21	Гранулит АС-4, Граммонит 79/21, Гранулит М, Игданит

Таблица П. 3.8

Расчетный удельный расход взрывчатого вещества 6ЖВ (граммонита 79/21)

Порода	Группа (категория) грунтов и пород по классификации СНиП—82	Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Средняя плотность породы, кг/м	Расчетный удельный расход ВВ q, кг/м	
				для зарядов рыхления $q_р$	для зарядов выброса $q_в$
Песок……	I	—	1500	—	1,6—1,8
Песок плотный или влажный……..	III	—	1650	—	1,2—1,3
Суглинок тяжелый……..	II	—	1750	0,35—0,4	1,2—1,5
Глина ломовая…….	III	—	1950	0,35—0,45	1,0—1,4
Лесс……..	III-IV	—	1700	0,3—0,4	0,9—1,2
Мел, выщелоченный мергель……	IV-V	0,8—1,0	1850	0,25—0,3	0,9—1,2
Гипс…….	IV	1,0—1,5	2250	0,35—0,45	1,1 — 1,5
Известняк-ракушечник...	V-VI	1,5—2,0	2100	0,35—0,6	1,4—1,8
Опока, мергель…….	IV-VI	1,0—1,5	1900	0,3—0,4	1,0—1,3
Туфы трещиноватые, плотные, тяжелая пемза…….	V	1,5—2,0	1100	0,35—0,5	1,2—1,5
Конгломерат, брекчии на известняковом и глинистом цементе……..	IV-VI	2,3—3,0	2200	0,35-0,45	1,1 — 1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, слюдистый, мергель……..	VI-VII	3,0—6,0	2200	0,4—0,5	1,2—1,6
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе**……..	VII-VIII	5,0—6,0	2700	0,4—0,5	1,2—1,8
Известняк, песчаник, мрамор……	VII-IX	6,0—8,0	2800	0,45—0,7	1,2—2,1
Гранит, гранодиорит…..	VII-X	6—12	2800	0,5—0,7	1,7—2,1
Базальт, диабаз, андезит, габбро……..	IV-XI	6—18	3000	0,6—0,75	1,7—2,2
Кварцит……	X	12—14	3000	0,5—0,6	1,6—1,9
Порфирит……	X	16—20	2800	0,7—0,75	2,0—2,2

Примечание. В случае применения других ВВ приведенные в данной таблице значения $q_р$ и $q_в$ следует делить на коэффициент взрывной эффективности (табл. П. 3.4 и П. 3.5)

Таблица П. 3.9

Нормативный выход негабаритных кусков в разрыхленной взрывом горной массе, %

Заряды	Вместимость ковша экскаватора, м³ (минимальный размер негабарита, м)	Группа грунтов по СНиП ($F = \sqrt{f}\,2{,}5$)							
		IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI
Скважинные	<0,5 (<0,5)	7	13	14	18	20	25	30	35
	0,5—1 (0,5 – 0,7)	4	9	9,5	14	14,5	19,5	20	24
	1—2 (0,7 – 0,9)	3	5,5	6	8	8,5	11	12	14
	2—3 (0,9 – 1,0)	—		1	2,5	3	3,5	4	4,5
	>3 (>1,0)		—	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Котловые в скважинах	<0,5 (<0,5)	14	19	24	24,5	29			
	0,5—1 (0,5 – 0,7)	9,5	14	19	20,5	24			
	1—2 (0,7 – 0,9)	8	10	14	16	19			
	2—3 (0,9 – 1,0)		3	10	8	9			
	>3 (>1,0)	—	1	5	3,5	3			

Таблица П. 3.10

Выход негабарита (по данным ин-та «Гипроруда») в разрыхленной взрывом горной массе, %

Линейный размер негабарита, мм ($E_к$, м³)	Значение $P_я$ при категории трещиноватости, %				
	I	II	III	IV	V
500 (<0,5)	1,0	3,5	11,0	17,0	26,0
700 (0,5 – 1,0)	1,5	3,0	10,0	16,0	25,0
1000 (1,0 – 2.5)	-	1,0	4,0	13,0	18,0
1200 (2,5 – 4,5)	-	0,5	2,0	6,0	9,0
1500 (4,5 – 8,0)				2,0	4,0

Примечание. При наклонных скважинах выход негабарита уменьшается на 20 – 25%.
При взрывании на подпорную стенку выход негабаритных кусков размером 1100 – 1200 мм составит:

Категория пород по трещиноватости	Выход негабарита, %
II	0,5 – 1,0
III	1,0 – 1,5
IV	1,5 – 3,0
V	2,0 – 4,0

Таблица П. 3.11

Показатели простреливаемости при взрывании различных пород аммонитом 6ЖВ

Породы	Категория крепости породы по ЕНВиР, 1960	Категория крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова	Показатель простреливаемости, Дм /кг
Глина пластичная……..	I	VIII	500-1000
Глина плотная……	II	VIII	200-400
Суглинок тяжелый…….	II	VIII	120
Крепкие глины……	III	VII	110
Лесс…….	III-IV	VIIa	100
Мел……..	IV	VI	45
Гипс……	IV-V	VI	30
Известняк ракушечник…….	V-VI	VI	20
Опока, мергель……..	IV-V	VI	20
Туфы трещиноватые, плотная тяжелая пемза…….	V	VI	15
Конгломерат и брекчия на известняковом цементе…….	V-VI	V	10
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, известняк, мергель……	VI-VII	V	7-10
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известняковом цементе….	VII-VIII	IV	4-7
Известняк, песчаник……..	VII	IV-III	—
Гранит, гранодиорит…….	VII-X	IV-I	4-7
Базальт, андезит…….	IX-XI	III-I	2-4
Кварцит…….	X	II	2
Порфирит……	X	II-I	2

Таблица П. 3.12

Порошкообразные взрывчатые вещества для вторичного дробления на карьерах

Наименование ВВ	Теплота взрыва, кДж/кг	Плотность заряжания, г/см^3	Скорость детонации, км/с	Объемная концентрация энергии, кДж/см^3	Кислородный баланс, %	Коэффициент взрывной эффективности	Условия применения (водоустойчивость), назначение
Аммонал (патронированный	4950	1,0-1,15	4,0-4,5	5,86	0,18	1,15	Сухие и обводненные шпуры
Аммонал М-10 (патронированный)……..	5600	0,95-1,2	4,0-4,6	6,5	-0,5	1,3	Сухие и осушенные шпуры
6ЖВ (порошок в мешках)……	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие шпуры и скважины
6ЖВ (патронированный d = 31 ÷ 32 мм)	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие и осушенные шпуры, скважины
6ЖВ (в полиэтиленовой оболочке d = 60÷90 мм)	4300	1,0-1,2	3,6-4,8	4,8	-0,53	1,0	Сухие и обводненные скважины

Таблица П. 3.13

Кумулятивные накладные заряды, рекомендуемые для дробления негабарита на карьерах

Заряд	Тротиловая шашка	ВВ узла детонации	Общая масса ВВ, г	Основные размеры, мм		Стальная облицовка в кумулятивной выемке	Предельная толщина дробимого куска, м
				диаметр	высота		
ЗКН-КЗ-180	Литая	Гексоген	180	90	35	Отсутствует	0,55
ЗКН-260	То же	То же	260	100	40	То же	0,75
ЗКН-500	"	"	500	130	50	"	1,0
ЗКН-1000	"	"	1000	150	75	"	1,2
ЗКН-2000	"		2000	190	90	"	1,6
ЗКН-4000	"	"	4000	230	115	"	2,0
ЗКН-25	Прессованная		48	48	24	Имеется	0,13
ЗКН-50	То же	"	76	58	29	То же	0,25
ЗКН-100	"	"	125	90	36	"	0,5
ЗКН-200	"	"	247	100	41	"	0,8
ЗКН-400	"	"	475	125	57	"	2,0
ЗКП-1000	Литая	Гексоген, тротил прессованный	1229	172	72	"	1,4
ЗКН-2000	То же	То же	2179	200	82	"	2,2
ЗКП-4000	"	"	4000	251	105	"	2,8
ПКЗ-1,3	"	Аммонит или аммонал	1200–1500	160	120	"	1,0
ПКЗ-2,4	"	То же	2200–2600	190÷230	120	"	1,3
ПКЗ-3,3	"	"	3000–3500	230	145	"	От 1,5 до 2,0

Таблица П. 3.14

Параметры шпуровых зарядов при дроблении негабарита в зависимости от линейных размеров куска

Длина ребра негабарита, м	Глубина бурения, м	Вес заряда, г	Диаметр заряда, мм
0,7	0,25	40 – 80	32
0,8	0,25 – 0,30	50 – 110	32
0,9	0,30 – 0,40	70 – 140	32
1,0	0,35 – 0,50	90 – 180	32
1,1	0,35 – 0,50	100 – 200	36
1,2	0,40 – (– 0,55)	120 – 250	36
1,3	0,49 – 0,60	140 – 280	36
1,4	0,45 – 0,70	170 – 340	36
1,5	0,50 – 0,80	190 – 380	36

Таблица П. 3.15

Параметры шпуровых зарядов при дроблении негабаритов в зависимости от объёма куска

Объем негабарита, $м^3$	Количество шпуров	Длина шпура, м	Удельный расход, $кг/м^3$	Вес заряда, кг
1,5 – 2,0	1	0,6 – 0,7	0,120	0,4 – 0,5
3,4 – 4,0	1	0,7 – 0,8	0, 120	0,5 – 0,6
5,0 – 6,0	1 – 2	0,7 – 0,9	0,250	0,6 – 0,8
8,0 – 9,0	2 – 3	0,8 – 1,0	0,250	0,8 – 1,2

Таблица П.3.16

Параметры шпуровых зарядов при уничтожении «порогов» и завышений подошвы уступов при диаметре шпура 42÷44 мм

Высота завышения, м	Параметры шпуровых зарядов	Класс взрываемости		
		III	IV	V
1,0 – 1,5	Сетка: W, м a_{min} Вес заряда, кг Длина перебура, м	0,8 – 1,0 1,0 – 1,5 0,58 – 1,2 0,1 – 0,15	0,8 – 1,0 1,0 – 1,4 0,43 – 1,2 0,1 – 0,15	0,7 – 0,8 1,0 – 1,2 0,42 – 1,2 0,1– 1,15
2,0 – 2,5	Сетка: W, м a_{min}, м Вес заряда, кг Длина перебура, м	1,5 – 2,0 1,2 –1,8 0,56 – 2,4 0,2 – 0,25	1,3 – 1,5 1,6 – 1,8 1,6 – 2,4 0,2 – 0,25	1,2 – 1,3 1,5 – 1,7 1,8 – 2,4 0,2 – 0,25
До 3,0	Сетка: W, м a_{min}, м Вес заряда, кг Длина перебура, м	1,6 2,1 3,0 0,3	1,6 1,9 3,0 0,3	1,5 1,8 3,0 0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

Таблица П. 4.1

Характеристика отечественных ДШ при скорости детонации 7 км/с

Марка	Диаметр, мм	Масса ВВ на 1 м шнура, г	Покрытие наружной оплетки	Допускаемое время выдерживания в воде, ч	Допустимая температура, °С	
					От	До
ДША	4,8 – 5,8	12	Водоизолирующая мастика	12	–28	+50
ДШВ	5,5 – 6,1	14	Полихлорвиниловый пластикат	24	–35	+60
ДШЭ-6	3,7 – 4,7	6	Кабельный полиэтилен	30	–50	+65
ДШЭ-12	4,5 – 5,5	12	То же	30	–50	+65
ДШЭ-6ВДТ	3,7 – 4,7	6	«		–50	+65

Таблица П. 4.2

Характеристика некоторых электродетонаторов замедленного действия

Марка	Интервал замедления, мс	Сопротивление, Ом	Безопасный ток, А	Импульс воспламенения, $А^2 \cdot$ мс	Примечание
ЭДКЗ	25, 50, 75, 100, 150, 250	1,8 + 3,0	0,18	0,6 + 2,0	Не предохранительные
ЭДКЗ-П	25, 50, 75, 100, 125	2,0 + 4,2	0,18	0,6 + 2,0	Предохранительные
ЭДКЗ-ПМ	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120	1,8 + 3,0	0,18	0,6 + 2,0	Предохранительные

Таблица П. 4.3

Характеристика промежуточных детонаторов

Шашки	Используемые ВВ	Плотность, т/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр (ширина), длина, высота, мм	Диаметр канала (гнезда), мм	Водоустойчивость: допустимое время нахождения зарядов в воде	Масса, т
Прессованные ТП-200	Тротил	1,5-1,55	6,5-6,8	Прямоугольник с гнездом глубиной 38-65 мм под ЭД или 34-38 мм под ?	52×101××52	7,5-8,2	3 сут.	200
Прессованные ТП-400	Тротил	1,5-1,55	6,5-6,8	То же	52×101××27	7,5-8,2	3 сут.	400
Прессованные Т-400Г	Тротиловые прессованные гидроизолированные	1,52-1,59	6,8-7,0	Прессованный цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70×71	14,5	6 сут. при гидростатическом давлении 0,2 МПа	400
Литые ТГ-500	Сплав тротила с гексогеном	1,58-1,64	7,2-7,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ	70×86	14,5	Не ограничено	500
Прессованные Т-900Г	Тротиловые прессованные гидризолиованные	1,5-1,55	6,5-6,8				6 сут. при гидростатическом давлении 0,2 МПа	900
ДПУ-600	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут	600
ДПУ-700	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	700
ДПУ-800	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	800
ДПУ-900	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	900
ДПУ-1000	Тротил и пироксилиновый порох	1,58-1,64	6,5-6,8	Литой цилиндр с осевым каналом под четыре нити ДШ			15 сут.	1000

Продолжение табл. П. 4.3

Шашки	Используемые ВВ	Плотность, т/см^3	Скорость детонации, км/с	Форма и конструкция	Диаметр (ширина), длина, высота, мм	Диаметр канала (гнезда), мм	Водоустойчивость: допустимое время нахождения зарядов в воде	Масса, т
ББТ-500	Баллистическое ракетное твердое топливо	1,5 – 1,59	6,8 – 7,0	Две цилиндрические шашки; одна обмотана четырьмя витками ДШЭ-12	100×75		Водоустойчив при длительном пребывании в воде Полностью совместимы с горячельющимися ВВ	500
ББТ-1000	Баллистическое ракетное твердое топливо	1,5 – 1,59	6,8 – 7,0	Две цилиндрические шашки; одна обмотана четырьмя витками ДШЭ-12	100×180		Водоустойчив при длительном пребывании в воде Полностью совместимы с горячельющимися ВВ	1000
ТГФ 850Э							Водоустойчив. Применим для систем типа «Нонель»	850
ТС -500 Л	тротиловые сенсибилизированные			Прессованный цилиндр			Для взрывания в сухих и обводненных скважинах , в том числе с проточной водой с pH 3-7 со сроком нахождения зарядов в воде до 7 суток	

Примечание. Шашки - детонаторы ТС -500 Л предназначены для инициирования скважинных и других зарядов малочувствительных промышленных ВВ , в том числе водосодержащих ВВ , с температурой при заряжании скважин от -50 до +50 °С ; могут применяться для ведения взрывных работ при инициировании от неэлектрических систем «СИНВ» или «Эдилин» , или от детонирующего шнура типа ДШЭ -12, ДШЭ - 6 или других детонирующих шнуров с массой сердцевины не менее 6 г / м

Таблица П. 4.4

Средства инициирования зарядов

2.1. Капсюли-детонаторы
КД-8С ГОСТ 6254-85
КДН-13 с накольным механизмом ТУ 84-775-78
КД-8МА ДИШВ.773.941.008 ТУ
ТКД-2 термостойкие в металлической гильзе ТУ 84-601-106-82
КДБИ-8 ТУ 7287-108-07513406-98
КВН-11 ТУ 84-601-103-86
КД-П ДИШВ.773.987.505
КД-Ск ДИШВ.773.987.504

2.4. Пиротехнические замедлители
Реле РП-8 (двухстороннего действия) ТУ 84-1137-87
Реле РП-8М ДИШВ.773.919.007 ТУ
Реле РП-Д ДИШВ.773.919.009 ТУ
Реле РП-Н (двухстороннего действия) ТУЗ-97 ИВШП.771.938.005, ТУ 84-1137-87
Реле РПЭ-2 ТУ 7287-120-07513406-99

2.5. Неэлектрические системы инициирования
СИНВ-П ДИШВ.773.979.008 ТУ
СИНВ-С ДИШВ.773.979.007 ТУ
СИНВ-Ш ДИШВ.773.979.010 ТУ
"Эдилин" ТУ 7287-032-07513406-97
"Динашок" Стандарт 4990707 (Швеция)
"Нонель" Стандарт 4990707 (Швеция)
УНСИ (низкоэнергетическая) с зарядом ЗДЭ-300
СИНВ-Ст ДИШВ.773.979.012 ТУ
СИНВ-ПС ДИШВ.773.979.016 ТУ
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы MS ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы LP ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы EZTL ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования Primadet детонаторы EZ Det ТУ 7287-01-43908744-02
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" ТУ 7287-002-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Эксэл" ТУ 7287-005-23308410-2006
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-П ТУ 7287-001-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-С ТУ 7287-001-54634296-2004
Неэлектрическая система инициирования "Коршун" детонаторы ДИН-Ш ТУ 7287-001-54634296-2004

Таблица П. 4.5

Характеристика средств инициирования зарядов

Наименование	**Обозначение**	**Характеристики**	**Цена Без НДС**
Детонатор усиленный ДУ-6	ТУ 7287-045-07513406-97	Детонатор усиленный ДУ-6	150 руб.
Капсюль-детонатор КДБИ-8	ТУ7287-108-07513406-98	Капсюль- детонатор(КДБИ-8 ТУ 7287-108-07513406-98), не содержащий инициирующего взрывчатого вещества, предназначен для возбуждения детонации зарядов взрывчатых веществ при проведении промышленных взрывных работ при температуре окружающей среды от минус) до плюс 95 град С за исключением шахт, опасных по газу и пыли.	150 руб.
Капсюль-детонатор КД8-МА для взрывных работ	ДИШВ.773941.008 ТУ	Предназначен для инициирования зарядов взрывчатых веществ при всех видах взрывных работ.	150 руб.
Касюль-воспламенитель КВ-9-1М	ТУ 7287-105-07513406-98	Капсюль-воспламенитель КВ-9-1М ТУ 7287-105-07513406-98 предназначен для воспламенения порохового заряда в патронах типаСП-4 при температуре окружающей среды от плюс (50+-3)град.С до минус(50+-)град.С Капсюли-воспламенители должны быть безопасными при транспортировке и при воздействии на них падающего груза массой(0, 25+0, 001)кг с высоты (20+-0, 5)мм. Капсюли-воспламенители после выдержки в эксикаторе над водой при температуре (25+-10)град.С в течении (4+-0, 4)ч должны безотказно срабатывать при воздействии на них падающего груза массой(0, 25+-0.001)кгс высоты (100+-1, 0)мм.	150 руб.

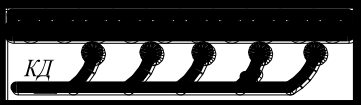
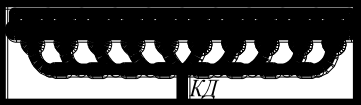
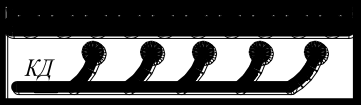
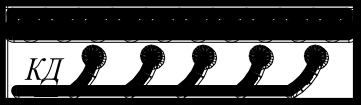
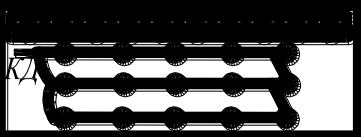
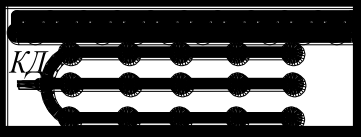
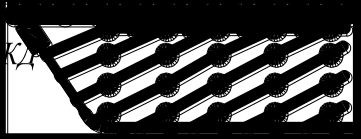
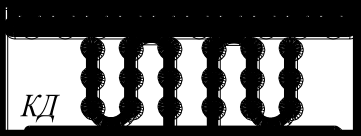
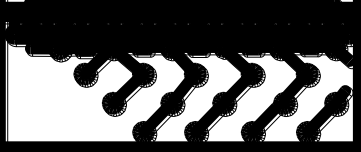
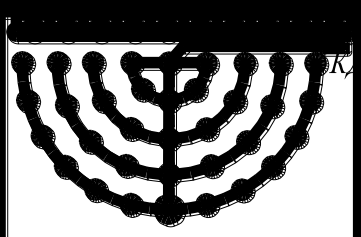
Таблица П. 4.5. Продолжение

Наименование	**Обозначение**	**Характеристики**	**Цена Без НДС**
Реле детонационное РП-Н	ТУ 3-95 ИВШП 771938.005 ТУ	Реле РП-Н двухстороннего действия предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на земной поверхности, а также в шахтах не опасных по газу или пыли. Имеют 3 серии замедления: 20, 35 и 50 мс. Идентификация серий замедления выполнена путём отличительной окраски (маркировки) гильз реле. Реле РП-Н-20 со временем замедления 20 мс имеют гильзу красного цвета, реле РП-Н-35 со временем замедления 35 мс - белого цвета, реле РП-Н-50 со временем замедления 50 мс - чёрного цвета. Реле состоит из двух капсюлей-детонаторов (КД) с замедлением, соединённых между собой с помощью пластмассовой втулки методом обжимки. В свободных концах гильз КД методом обжимки зафиксированы отрезки детонирующего шнура типа ДШ-В длиной 30-50 см. Материал гильзы - сталь с томпаковым покрытием.	150 руб.
Реле пиротехническое РП-8М	ДИШВ.773919.007 ТУ	Предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на открытых горных работах, в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли.	150 руб.
Реле пиротехническое РП-Д	ДИШВ. 773919.009 ТУ	Предназначены для создания замедления во взрывных сетях детонирующего шнура при ведении взрывных работ на земной поверхности, также в шахтах и рудниках.	150 руб.

Таблица П. 4.5. Окончание

Наименование	**Обозначение**	**Характеристики**	**Цена Без НДС**
Реле пиротехническое РПЭ-2	ТУ 7287-120-07513406-99	Реле пиротехническое РПЭ-2 двухстороннего действия предназначено для создания задержки прохождения детонации в коротко-замедленном диапазоне при проведении взрывных работ с использованием детонирующих шнуров на земной поверхности и в шахтах (рудниках), не опасных по газу и (или) пыли при температуре окружающей среды от -50єС до +50єС. Длина волновода составляет не менее 500 мм. Реле пиротехнические сохраняют устойчивость к проникновению влаги в течение 24 часов на глубине 1 метра.	150 руб.
Система инициирования неэлектрическая "Primadet". Детонаторы MS, LP, EZ Det, EZTL	ТУ 7287-001-43908744-2002	Предназначены для ведения взрывных работ на земной поверхности и в подземных рудниках и шахтах, не опасных по газу и (или) пыли, при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 85 град.С для детонаторов MS, EZ Det и от минус 50 до плюс 65 град.С для детонаторов LP и EZTL.	150 руб.
Трубки ударно-волновые	ТУ 3-98 ИВШП 773941.008 ТУ	.Предназначены для трансляции импульса на расстояние в системах СИНВ. По степени опасности при транспортировании и хранении волноводы относятся к классу 9.1.	150 руб.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Название схемы	Монтажная схема	Условия использования
Однорядное взрывание		
С замедлением через скважину		*Легковзрываемые породы*
Волновая		*Средневзрываемые породы*
Последовательная		*Средневзрываемые породы*
Врубовая		*Трудновзрываемые породы*
Многорядное взрывание		
Продольная: последовательная		*Легковзрываемые породы, подобранный откос уступа*
Врубовая		*Породы средней и ниже средней взрываемости, число рядов скважин > 3, можно и н неподобранный откос*
Диагональная		*Крепкие породы, подобранный и неподобранны откос*
Поперечная		*Трудновзрываемые породы, необходимость сокращения ширины рабочей площадки, число рядов n > 3 - 4*
Волновая		*Трудно и очень трудно-взрываемые породы*
Радиальная		*При взрывании на подпорную стенку и радиальной сетке скважин*

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Карьерный транспорт

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Карьерный транспорт» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Процессы открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии карьерного транспорта, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров и выбору карьерного транспорта;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональных параметров карьерного транспорта в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ЦИКЛА, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПАРКА АВТОСАМОСВАЛОВ

Цель работы: освоить методику расчета продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов при перевозке горной массы по заданной трассе.

Задачи работы:

1. Расчет длительности погрузки автосамосвала.
2. Расчет скоростей и продолжительности движения автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях.
3. Расчет продолжительности транспортного цикла с учетом маневровых операций, операций разгрузки и технологических задержек.
4. Расчет сменной производительности автосамосвалов.
5. Расчет потребного парка автосамосвалов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 308-323; 2, с. 15-51; 3, с. 157-182] изучить основные технологические параметры карьерных автосамосвалов, условия их эксплуатации и методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- продолжительность рабочей смены автосамосвала $T_{см} = 8$ ч;
- коэффициент использования сменного времени автосамосвала $k_и = 0{,}70 \div 0{,}75$;
- число смен работы карьера в сутки $n_к = 3$;
- число рабочих дней карьера в году $N_{дн} = 350$;

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- годовой грузооборот карьера $A_к$, млн. т/год;
- модель автосамосвала;
- модель экскаватора;
- тип горных пород: рыхлые (I и II категории по ЕНВ) – нечетные варианты;

  скальные (III, IV и V категории по ЕНВ) – четные варианты;
- плотность пород в целике γ, т/м^3 (рыхлые $\gamma = 1{,}4 \div 1{,}8$ т/м^3; скальные $\gamma = 2{,}0 \div 3{,}5$ т/м^3, конкретное значение γ выбирается самостоятельно);
- параметры пяти участков трассы транспортирования, включающие:
  - тип дорожного покрытия;
  - расстояние транспортирования *l*, км;
  - уклон участка *i*, доли ед.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

Номер задания	$A_к$, млн т	Модель		Участки													
		автосамосвала БелАЗ-	экскаватора ЭКГ-	1			2			3			4			5		
				тип покр.	i_1	l_1, км	тип покр.	i_2	l_2, км	тип покр.	i_3	l_3, км	тип покр.	i_4	l_4, км	тип покр.	i_5	l_5, км
1	6	7540D	5А	Забойные дороги (Б/П)	0	0,8	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,5	Отвальные укатанные дороги (Б/П)	0,005	0,3
2	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,6		0,005	0,4
3	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	0,8	А/Б	0,010	0,7		0,005	0,5
4	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,030	1,2	А/Б	0,010	0,3		0,005	0,3
5	6	7540D	5А		0	0,8	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,030	1,0	А/Б	0,010	0,5		0,005	0,4
6	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,5		0	0,3
7	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,6		0	0,4
8	12	7547	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,005	0,7		0	0,5
9	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,005	0,3		0	0,3
10	12	7555В	8И		0	0,6	А/Б	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,005	0,5		0	0,4
11	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,5	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,5		0,007	0,3
12	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,2	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,6		0,007	0,4
13	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	0,8	Щ	0,005	0,7		0,007	0,5
14	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	0,8	Щ	-0,035	1,2	Щ	0,005	0,3		0,007	0,3
15	20	75570	10		0	0,7	А/Б	0,070	1,0	Щ	-0,035	1,0	Щ	0,005	0,5		0,007	0,4
16	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,5	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,5		0	0,3
17	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,2	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,6		0	0,4
18	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	0,8	Щ	0,020	0,7		0	0,5
19	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	0,8	Щ	-0,040	1,2	Щ	0,020	0,3		0	0,3
20	30	7513	12		0	0,9	Г	0,075	1,0	Щ	-0,040	1,0	Щ	0,020	0,5		0	0,4
21	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,5	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,3
22	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,2	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,6		0,006	0,4
23	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	0,8	А/Б	0,015	0,7		0,006	0,5
24	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	0,8	А/Б	-0,050	1,2	А/Б	0,015	0,3		0,006	0,3
25	15	75170	15		0	1,0	Щ	0,080	1,0	А/Б	-0,050	1,0	А/Б	0,015	0,5		0,006	0,4

Щ – щебеночное покрытие; А/Б – асфальтобетонное покрытие; Г– грунтовое покрытие; Б/П – временные автодороги без покрытия

Порядок выполнения работы

1. Рассчитывается длительность погрузки автосамосвала $t_{\text{п}}$, мин:

$$t_{\text{п}} = \frac{t_{\text{ц}}^{\text{э}}(n_{\text{ц}} - 0{,}5)}{60}, \qquad (1.1)$$

где $t_{\text{ц}}^{\text{э}}$ – продолжительность цикла экскавации, с (см. табл. 1.2); $n_{\text{ц}}$ – принятое количество ковшей (циклов) для загрузки автосамосвала.

Количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала по грузоподъемности $n_{\text{г}}$ рассчитывается по формуле

$$n_{\text{г}} = \frac{q_{\text{а}} k_{\text{р}}}{E k_{\text{н}} \gamma}, \qquad (1.2)$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора; γ – плотность пород в целике, т/м^3; $k_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша экскаватора.

Таблица 1.2

Продолжительность цикла экскавации

Вместимость ковша экскаватора E, м^3	Продолжительность цикла экскавации ($t_{\text{ц}}^{\text{э}}$, с) для пород	
	рыхлых	скальных
5	24	29
8	27	32
10	29	35
12	32	38
15	35	42

Значения $k_{\text{н}}$ и $k_{\text{р}}$ принимается по табл. 1.3 в зависимости от принятой γ и категории пород.

Таблица 1.3

Коэффициенты разрыхления пород в ковше экскаватора и наполнении ковша (по ЕНВ)

Категория пород	Плотность пород в целике, γ т/м^3	$k_{\text{р}}$	$k_{\text{н}}$
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

Количество циклов для полной загрузки автосамосвала по вместимости кузова $n_{\text{е}}$ рассчитываются по формуле

$$n_{\text{е}} = \frac{V_{\text{а}}' \cdot 0{,}9}{Ek_{\text{н}}}, \tag{1.3}$$

где $V_{\text{а}}'$ – вместимость кузова автосамосвала «с шапкой», м^3 (см. табл. 1.4).

Затем сравниваются значение $n_{\text{г}}$, вычисленное по формуле (1.2), и $n_{\text{е}}$, вычисленное по формуле (1.3), выбирается меньшее и округляется до целого числа $n_{\text{ц}}$.

Масса груза в кузове автосамосвала $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$, т

$$q_{\text{а}}^{\text{ф}} = \frac{Ek_{\text{н}}}{k_{\text{р}}} n_{\text{ц}} \gamma. \tag{1.4}$$

Осуществляется проверка

$$q_{\text{а}}^{\text{ф}} \le q_{\text{а}}, \tag{1.5}$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

Таблица 1.4

Параметры карьерных автосамосвалов

Модель автосамосвала	Параметры						
	$q_{\text{а}}$, т	$G_{\text{а}}$, т	$V_{\text{а}}$	$V_{\text{а}}'$, м^3	Nд, кВт	$\eta_{\text{т}}$	$R_{\min}$, м
БелАЗ-7540D	30	22,6	15,1; 24,7	19,2; 28,2	290	0,78	8,7
БелАЗ-7547	45	33,1	21,5; 28,5; 35,9	26,5; 33,9; 43,3	368	0,78	10,2
БелАЗ-7555В	55	40,5	22,7; 28,0	33,9; 37,3	522	0,78	9,0
БелАЗ-75570	90	74,0	37,7; 44,5	53,3; 60	783	0,78	11,0
БелАЗ-7513	136	108,6	45,5; 50,1; 55,0; 59,6; 103,8	71,2; 75,5; 80,0; 84,0; 134,8	1193	0,85	13,0
БелАЗ-75170	160	134,0	65,6	96,5	1491	0,85	14,0

Коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала $k_{\text{г}}$

$$k_{\text{г}} = q_{\text{а}}^{\text{ф}} / q_{\text{а}}. \tag{1.6}$$

2. Рассчитываются скорости движения на участках трассы, продолжительности движения по каждому участку в грузовом и порожняковом направлениях и длительность транспортного цикла автосамосвала.

2.1. Изображается схема трассы движения автосамосвала, на которой указывается длина и уклон каждого участка, а также тип дорожного покрытия на участке. Пример схемы трассы движения представлен на рис. 1.1.

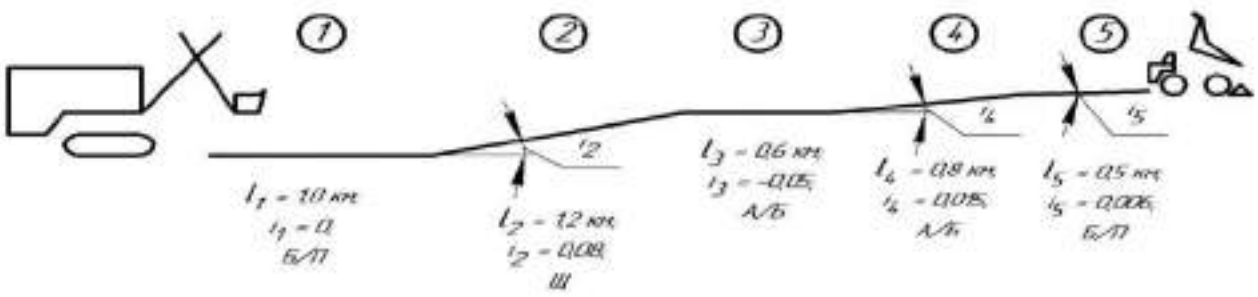


Рис. 1.1. Схема трассы движения (пример)

2.2. Производится расчет скоростей и продолжительности движения по каждому участку трассы. Заполняется табл. 1.5 «Расчет скоростей движения.

Таблица 1.5

Расчет скоростей движения

Показатель	Направление движения в участке											
	грузовое						порожняковое					
	1	2	3	4	5	итого	1	2	3	4	5	итого
Длина участка *l*, м												
Уклон *i*, доли ед.												
Коэффициент сопротивления качению ω_o, доли ед.												
Динамический фактор $D = \omega_o \pm i$												
Режим движения на участке (тяги – Т, торможения – Б, выбега – В)												
Коэффициент сцепления φ, доли ед.												
Скорость на участке *v*, км/ч:												
по расчету												
принятая												
Время движения на участке *t*:												
ч												
мин												

Примечание. Коэффициент φ указывается только для участков с движением машин в режиме торможения

2.2.1. Коэффициент основного сопротивления движению (сопротивления качению) груженых автосамосвалов принимается по экспериментальным данным из табл. 1.6 в зависимости от типа дорожного покрытия и грузоподъемности автосамосвалов.

Таблица 1.6

Коэффициенты сопротивления качению (основного сопротивления) груженых автосамосвалов $\left(\omega_o^г\right)$

Тип дорожного покрытия	Грузоподъемность автосамосвала, т			
	30	45-55	90	130-154
Забойные и отвальные дороги (Б/П)	0,035-0,043	0,039-0,046	0,041-0,049	0,043-0,051
Грунтовое (Г)	0,028-0,034	0,031-0,037	0,033-0,041	0,037-0,043
Щебеночное (Щ)	0,017-0,022	0,019-0,024	0,021-0,026	0,022-0,028
Асфальтобетонное (А/Б)	0,013-0,017	0,015-0,019	0,016-0,020	0,017-0,022

Величину коэффициента сопротивления движению порожних автосамосвалов $\omega_o^п$ (порожняковое направление движения) рекомендуется принимать

$$\omega_o^п \approx 1{,}2\omega_o^г. \tag{1.7}$$

Для каждого участка трассы находится динамический фактор

$$D = \omega_o \pm i, \tag{1.8}$$

где ω_o – коэффициент сопротивления движения груженых (порожних) автосамосвалов (см. табл. 1.6); i – уклон участка трассы в долях ед.

2.2.2. Определяется режим движения на каждом участке:

если $D > 0$ – режим тяги (Т);

если $D < 0$ – режим торможения (Б);

если $D = 0$ – режим выбега (В).

2.2.3. Рассчитывается скорость движения на каждом участке трассы.

При режиме тяги скорость на участке (v, км/ч) рассчитывается по формуле

$$v = \frac{0{,}367 N_д \eta_т}{(G_a + k_г q_a)(\omega_o \pm i)}, \tag{1.9}$$

где $N_д$ – мощность двигателя автосамосвала, кВт; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии автосамосвала; G_a – собственная масса автосамосвала, т; q_a – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности.

Величины $N_д$, $\eta_т$, G_a, q_a, V_a и V' принимаются из таблицы 1.4.

Для порожних автосамосвалов $k_г = 0$.

При режиме торможения (Б) скорость на участке рассчитывается по формуле

$$v = 32(\varphi + D)\left(2\sqrt{0{,}25 + \frac{L_и}{46{,}5(\varphi + D)}} - 1\right), \tag{1.10}$$

где v – скорость, км/ч; φ – коэффициент сцепления колес с дорогой; D – динамический фактор (принимается со своим знаком); $L_и$ – безопасный интервал между автосамосвалами, м.

Коэффициент сцепления принимать по табл. 1.7 в зависимости от типа покрытия.

Таблица 1.7

Значения коэффициента сцепления

Коэффициент сцепления (φ) для покрытия			
забойные и отвальные дороги (Б/П)	грунтовое (Г)	щебеночное (Щ)	асфальтобетонное (А/Б)
0,25-0,65	0,40-0,65	0,45-0,75	0,40-0,70

Безопасный интервал между автомобилями (тормозной путь)

$$L_и = 80 \div 120 \text{ м}.$$

При режиме наката (B) скорость принимается равной скорости на предыдущем участке трассы.

Ограничения скорости:

на внутрикарьерных дорогах – 35 км/ч,

на поверхности – 50 км/ч.

Принимаем:

участки 1-3 – внутри карьера;

участки 4-5 – на поверхности.

2.2.4. Рассчитывается время движения по каждому участку t_i ,ч:

$$t_i = l_i / v_i \text{ , ч.} \quad (1.11)$$

Время движения в мин

$$t_i = 60 l_i / v_i \text{ , ч.} \quad (1.12)$$

где l_i – длина участка, км; v_i – скорость, км/ч.

2.3. Рассчитывается среднетехническая скорость движения $v_{ср.т}$, км/ч:

$$v_{ср.т} = 2 \sum_{i=1}^{5} l_i \Big/ \left(t_д^г + t_д^п \right), \quad (1.13)$$

где $t_д^г$ и $t_д^п$ – суммарное время движения автосамосвала соответственно в грузовом и порожняковом направлении, ч.

2.4. Рассчитывается длительность транспортного цикла автосамосвала $T_ц^а$, мин

$$T_ц^а = t_п + t_д^г + t_д^п + t_п^г + t_п^п + t_{т.з} + t_р + t_{м.п} + t_{м.р}, \quad (1.14)$$

где $t_п^г$ и $t_п^п$ – поправки на периоды неустановившегося движения соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, м.

Принимаются:

$$t_п^г = n(0{,}3 \div 0{,}4); \quad (1.15)$$

$$t_п^п = n(0{,}2 \div 0{,}3), \quad (1.16)$$

где n – количество участков;

$t_{м.п.}$, $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций соответственно при установке на погрузку и разгрузку автосамосвала, мин;

Принимаются:

при погрузке

$t_{м.п} \approx 0{,}053 R_{min}$, мин. – для петлевого подъезда; (1.17)

$t_{м.п} \approx 0{,}058 R_{min}$, мин. – для тупикового подъезда; (1.18)

при разгрузке

$$t_{м.р} \approx 0{,}063 R_{min}. \quad (1.19)$$

где R_{min} – минимальный конструктивный радиус поворота автосамосвала (см. табл. 1.4); $t_р$ – длительность разгрузки, м ($t_р \approx 1$ мин для всех моделей автосамосвалов); $t_{т.з}$ – длительность технологической задержек за рейс, мин ($t_{т.з} \approx 3{,}0 \div 3{,}5$ мин).

3. Рассчитывается сменная производительность автосамосвала $Q_{см}$, т/смену:

$$Q_{см} = \frac{60 T_{см}}{T_ц^а} k_и q_а^ф, \quad (1.20)$$

где $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$ – продолжительность транспортного цикла, мин; $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени; $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$ – масса груза в кузове автосамосвала, т.

4. Рассчитывается парк карьерных автосамосвалов.

4.1. Определяется расчетный сменный грузооборот карьера $\Gamma_{\text{р}}$, т/смену:

$$\Gamma_{\text{р}} = \frac{10^6 A_{\text{к}}}{N_{\text{дн}} n_{\text{к}}} k_{\text{нер}}, \tag{1.21}$$

где $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн. т/год; $k_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности ($k_{\text{нер}}$ = 1,15÷1,20); $N_{\text{дн}}$ – число рабочих дней карьера в году; $n_{\text{к}}$ – число смен работы карьера в сутки.

4.2. Линейный парк машин $N_{\text{л}}^{\text{а}}$, шт.

$$N_{\text{л}}^{\text{а}} = \Gamma_{\text{р}} / Q_{\text{см}}, \tag{1.22}$$

где $\Gamma_{\text{р}}$ – расчетный грузооборот карьера, т/смену; $Q_{\text{см}}$ – сменная производительность автосамосвала, т/смену.

4.3. Рабочий парк машин $N_{\text{р}}^{\text{а}}$

$$N_{\text{р}}^{\text{а}} = \frac{n_{\text{к}}}{n_{\text{а}}} N_{\text{л}}^{\text{а}}, \tag{1.23}$$

где $n_{\text{а}}$ – число смен работы автопарка в сутки ($n_{\text{а}}$ = 3 или $n_{\text{а}}$ = 2).

4.4. Рассчитывается списочный парк машин $N_{\text{с}}^{\text{а}}$, шт.:

$$N_{\text{с}}^{\text{а}} = \frac{N_{\text{р}}^{\text{а}}}{k_{\text{т.г}}}, \tag{1.24}$$

где $k_{\text{к.г}}$ – коэффициент технической готовности, принимается по данным института Гипроруда в зависимости от грузоподъемности и суточного пробега автосамосвала (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Значения коэффициентов $k_{\text{т.г}}$

Грузоподъемность автосамосвала, т	Значение $k_{\text{т.г}}$ при суточном пробеге $L_{\text{сут}}$, км						
	50	100	150	200	250	300	350
30 – 55	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
90	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
130 и >	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Суточный пробег одной машины $L_{\text{сут}}$, км

$$L_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{см}} n_{\text{а}}}{q_{\text{а}}^{\text{ф}} \beta} L, \tag{1.25}$$

где β – коэффициент использования пробега (β = 0,44÷0,48); L – расстояние транспортирования, км.

5. Годовой пробег автопарка $L_г$, тыс. км:

$$L_г = \frac{10^3 A_к}{q_а^ф \beta} L, \qquad (1.26)$$

где $A_к$ – годовой грузооборот карьера, млн. т; L – расстояние транспортирования, км.

6. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой трассы движения автосамосвалов (см. рисунок). Исходные условия и расчетные показатели работы автотранспорта сводятся в таблицу (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Расчетные показатели работы автотранспорта

Показатель	Значения
1	2
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_к$, млн. т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Вместимость кузова автосамосвала, м^3:	
геометрическая $V_а$	
с «шапкой» $V_а'$	
Вместимость ковша экскаватора E, м^3	
Тип горных пород	
Категория пород по ЕНВ	
Плотность пород в целике γ, т/м^3	
Продолжительность рабочей смены $T_{см}$,ч	
Коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Число рабочих дней карьера в году $N_{дн}$	
Число смен работы карьера в сутки $n_к$	
Число смен работы автопарка в сутки $n_а$	
Расчетные показатели	
1. Показатели загрузки автосамосвала	
1.1. Продолжительность цикла экскавации $t_ц^э$, с	
1.2. Коэффициент наполнения ковша экскаватора $k_н$	
1.3. Коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора $k_р$	
1.4. Число загружаемых ковшей:	
по грузоподъемности $n_г$	
по вместимости кузова автосамосвала $n_е$	
1.5. Принято ковшей для расчета загрузки автосамосвала $n_ц$	

Окончание табл. 1.9

1	2

1.6. Масса груза в кузове автосамосвала $q_{\text{а}}^{\text{ф}}$, т	
1.7. Коэффициент использования грузоподъемности $k_{\text{г}}$	
2. Длительность элементов транспортного цикла	
2.1. Погрузка $t_{\text{п}}$, мин	
2.2. Движение с грузом $t_{\text{д}}^{\text{г}}$, мин	
2.3. Движение порожняком $t_{\text{д}}^{\text{п}}$, мин	
2.4. Поправки на периоды неустановившегося движения, мин:	
с грузом $t_{\text{п}}^{\text{г}}$	
порожняком $t_{\text{п}}^{\text{п}}$	
2.5. Технологические задержки $t_{\text{т.з}}$, мин	
2.6. Маневры при установке на погрузку $t_{\text{м.п}}$, мин	
2.7.2.7. Маневры при установке на разгрузку $t_{\text{м.р}}$, мин	
2.8. Продолжительность разгрузки $t_{\text{р}}$, мин	
2.9. Продолжительность транспортного цикла $T_{\text{ц}}^{\text{а}}$, мин	
2.10. Среднетехническая скорость движения $v_{\text{ср.т}}$, км/ч	
3. Сменная производительность автосамосвала $Q_{\text{см}}$, т/смену	
4. Расчет парка автосамосвалов	
4.1. Расчетный сменный грузооборот карьера $Г_{\text{р}}$, т/смену	
4.2. Линейный парк машин $N_{\text{л}}^{\text{а}}$, шт.	
4.3. Рабочий парк машин $N_{\text{р}}^{\text{а}}$, шт.	
4.4. Коэффициент использования пробега β	
4.5. Суточный пробег одной машины $L_{\text{сут}}$, км	
4.6.Коэффициент технической готовности $k_{\text{т.г}}$	
4.7.Списочный парк автосамосвалов $N_{\text{с}}^{\text{а}}$, шт.	
4.8. Годовой пробег автопарка $L_{\text{г}}$, тыс. км	

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения автомобильного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы и как сборочного звена в комбинированных транспортных системах карьеров.
2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.
3. Назовите основные технологические параметры карьерного автомобильного транспорта.
4. Каково рациональное соотношение между вместимостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора и от каких факторов оно зависит?
5. Как рассчитывается необходимое количество циклов экскавации для полной загрузки автосамосвала?
6. Из каких элементов состоит транспортный цикл автосамосвала?
7. Какими характеристиками оценивается технологическая трасса движения карьерных автосамосвалов?

8. От каких факторов зависит величина продольных уклонов карьерных автодорог? Каковы их значения для автосамосвалов с колёсной формулой 4×2?
9. Какими показателями оценивается качество дорожного покрытия в технологических расчетах карьерного автотранспорта?
10. Как определяется динамический фактор автосамосвала? Какие значения принимает динамический фактор при различных режимах движения?
11. Как рассчитывается скорость автосамосвала при различных режимах движения (тяговом, тормозном, режиме выбега)?
12. Как рассчитываются сменная производительность автосамосвала, рабочий и списочный парк?
13. От каких факторов зависит коэффициент технической готовности автосамосвала?
14. Как определяется коэффициент использования пробега?

Практическая работа № 2

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

Цель работы: освоить методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами и энергетической оценки карьерного автотранспорта.

Задачи работы:

1. Расчет расхода дизтоплива на отдельных элементах транспортного цикла.
2. Расчет расхода дизтоплива за рейс.
3. Расчет годового расхода дизтоплива по парку автосамосвалов.
4. Расчет удельного расхода дизтоплива на 1 т перевезенного груза и 1 ткм грузооборота.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [3, с. 129-135; 4, с. 164-171] изучить основные факторы, определяющие топливную экономичность карьерного автотранспорта, и методику расчета расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами.

Исходные условия

Исходные условия принимаются в соответствии с заданным вариантом из практической работы № 1 «Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов». В качестве исходных данных используются также результаты расчетов, полученных в данной работе.

Дополнительные данные (табл. 2.1):

- удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_н$, г/кВт·ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки (полный холостой ход) $g_х$, л/ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме порожних автосамосвалов $g_х^п$, л/ ч;
- удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме груженых автосамосвалов $g_х^г$, л/ ч;
- плотность дизельного топлива ρ, кг/л (ρ = 0,83 кг/л).

По данным экспериментальных исследований принимается:

$$g_х^п \approx (1{,}3 \div 1{,}5) g_х; \tag{2.1}$$

$$g_х^г \approx (1{,}6 \div 1{,}8) g_х. \tag{2.2}$$

Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя ($g_н$, г/кВт·ч) является паспортной величиной, характеризующей фактический расход топлива для получения 1 кВт·ч полезной работы, и определяется из выражения

$$g_н = \frac{3600}{Q_{дт} \eta_e}, \tag{2.3}$$

где $Q_{дт}$ – теплота сгорания дизельного топлива, кДж/г ($Q_{дт}$ = 43,5 кДж/г); η_e – эффективный к.п.д. двигателя.

Отсюда

$$\eta_e = \frac{3600}{g_н Q_{дт}} \cdot 100\,\%. \qquad (2.4)$$

Для дизельных двигателей, применяемых на автосамосвалах БелАЗ $g_н$ = 207÷247 г/кВт·ч, а η_e = 33,5÷40 %.

Таблица 2.1

Показатели расхода дизельного топлива карьерными автосамосвалами

Модель автосамосвала	Модель двигателя	Показатели расхода топлива	
		$g_н$, г/кВт·ч	$g_х$, л/ ч
БелАЗ-7540D (30 т)	BF8M1015 (Deutz)	247	4,7
БелАЗ-7547 (45 т)	ЯМЗ-240НМ2	224	7,6
БелАЗ-7555В (55 т)	КТТА-19с	209	9,2
БелАЗ-75570 (90 т)	QST30-c	207	12,7
БелАЗ-7513 (136 т)	QSK45-c	209	20,8
БелАЗ-75170 (160 т)	QSK 45-c	209	26,2

Порядок выполнения работы

1. По результатам расчетов, выполненных в практической работе № 1, заполняется таблица 2.2, в которую заносится длина участка (l, км), режим движения на участке, значение динамического фактора (D) и скорость движения на участке (v, км/ч).

2. Рассчитывается расход топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении по горизонтальным участкам и на подъем в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

$$Q_г(Q_п) = \frac{g_н(G_а + k_г q_а)(\omega_о + i)}{3{,}67 \cdot 10^2 \eta_т \rho} l, \qquad (2.5)$$

где $Q_г$, $Q_п$ – расход топлива на участке соответственно груженого или порожнего автосамосвала, л; $\eta_т$ – к.п.д. трансмиссии; $G_а$ – собственная масса автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т; ρ – плотность дизтоплива, кг/л; $g_н$ – удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, г/кВт·ч; l – длина участка, км.

3. Рассчитывается расход дизельного топлива груженых и порожних автосамосвалов при движении на спуск в тяговом режиме (Т) при $D > 0$

Таблица 2.2

Показатели расхода дизтоплива на движение автосамосвалов

Участок	l, км	Показатели для направлений							
		с грузом				порожняком			
		D	режим движения	v, км/ч	$Q_г$, л	D	режим движения	v, км/ч	$Q_п$, л
1									
2									
3									
4									
5									
Всего									

$$Q_г(Q_п) = \max\begin{cases} \dfrac{g_н(G_а + k_г q_а)(\omega_о - i)}{3{,}67 \cdot 10^2 \eta_т \rho} l \ , \\ \dfrac{g_х^г(g_х^п)}{v} l; \end{cases} \qquad (2.6)$$

где $g_х^г$, $g_х^п$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя в тормозном режиме соответственно груженых или порожних автосамосвалов, л/ч; v – скорость автосамосвала на участке, км/ч; l – длина участка, км.

4. Рассчитывается расход топлива при движении груженых или порожних автосамосвалов в тормозном режиме (Б) или режиме выбега (В) при $D < 0$

$$Q_г(Q_п) = \frac{g_х^г(g_х^п)}{v} l \ . \qquad (2.7)$$

5. Рассчитывается расход топлива на движение

$$Q_д = \sum_{i=1}^{5} Q_{дi}^г + \sum_{i=1}^{5} Q_{дi}^п, \qquad (2.8)$$

где $Q_{дi}^г$ – расход топлива груженого автосамосвала на i-ом участке трассы, л;

$Q_{дi}^п$ – расход топлива порожнего автосамосвала на i-ом участке трассы, л.

Полученные значения заносятся в табл. 2.2.

6. Рассчитывается расход топлива при погрузке автосамосвала и технологических задержках ($Q_п$, л)

$$Q_п = \frac{g_х(t_п + t_{т.з})}{60}, \qquad (2.9)$$

где $g_х$ – удельный расход топлива на холостом ходу двигателя при погрузке и ожидании погрузки, л/ч; $t_п$, $t_{т.з}$ – продолжительность соответственно погрузки и технологических задержек, мин.

7. Рассчитывается расход топлива при разгрузке и на маневровых операциях

$$Q_i = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п}{1000\rho} \times \frac{t_i}{60}, \quad (2.10)$$

где Q_i – расход топлива на i-ом режиме, л; $N_д$ – мощность двигателя, кВт; k_{Ni} – коэффициент использования мощности двигателя на i-ом режиме (табл. 2.3); t_i – продолжительность работы на i-ом режиме, мин.; $k_п$ – поправочный коэффициент, учитывающий изменение $g_н (k_п = 1{,}1 \div 1{,}2)$.

Таблица 2.3

Значения коэффициентов использования мощности двигателя (k_{Ni}) на различных режимах

Характеристика режима	k_{Ni}
Разгрузка	0,06–0,08
Маневры при установке на разгрузку	0,35–0,40
Маневры при установке на погрузку	0,10–0,12

Расход топлива при разгрузке $Q_р$, л

$$Q_р = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_р}{6 \cdot 10^4 \rho}. \quad (2.11)$$

где $t_р$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на разгрузку $Q_{м.р}$, л

$$Q_{м.р} = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_{м.р}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \quad (2.12)$$

где $t_{м.р}$ – продолжительность маневров при установке на разгрузку, мин.

Расход топлива на маневровых операциях при установке на погрузку $Q_{м.п}$, л

$$Q_{мп} = \frac{g_н N_д k_{Ni} k_п t_{м.п}}{6 \cdot 10^4 \rho}, \quad (2.13)$$

где $t_{м.п}$ – продолжительность маневров при установке на погрузку, мин.

8. Рассчитывается расход топлива за рейс $Q_ц$, л

$$Q_ц = Q_д + Q_п + Q_р + Q_{мп} + Q_{мр}. \quad (2.14)$$

9. Рассчитывается годовой расход топлива $Q_г$, т

$$Q_г = \frac{10^3 Q_ц \rho A_к k_д}{k_г q_а}, \quad (2.15)$$

где $Q_ц$ – расход топлива автосамосвалом за рейс, л; $A_к$ – годовой грузооборот карьера, млн. т; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т; $k_г$ – коэффициент использования грузоподъемности; ρ – плотность топлива, кг/л; $k_д$ – коэффициент, учитывающий дополнительный расход топлива на нулевые пробеги и внутригаражные нужды ($k_д$ = 1,1÷1,2).

10. Рассчитывается удельный расход топлива:

– на 1 т перевезенного груза $q_{\text{у}}$, г/т:

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}}, \qquad (2.16)$$

где $Q_{\text{г}}$ – годовой расход топлива по парку автосамосвалов, т; $A_{\text{к}}$ – годовой грузооборот карьера, млн. т.

– на 1 ткм грузооборота $q_{\text{у}}$, г/ткм

$$q_{\text{у}} = Q_{\text{г}} / A_{\text{к}} L, \qquad (2.17)$$

где L – расстояние транспортирования, км.

11. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Исходные условия и расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами сводятся в таблицу (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Расчетные показатели расхода топлива карьерными автосамосвалами

Показатели	Значения
1	2
Исходные условия	
Годовой грузооборот карьера $A_{\text{к}}$, млн. т/год	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $g_{\text{а}}$, т	
Коэффициент использования грузоподъемности $k_{\text{г}}$	
Модель двигателя	
Мощность двигателя $N_{\text{д}}$, кВт	
Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя $g_{\text{н}}$, г/кВт·ч	
Удельный расход топлива на холостом ходу двигателя (полный холостой ход) $g_{\text{х}}$, л/ч	
Коэффициент использования мощности двигателя при:	
разгрузке $k_N^{\text{р}}$	
маневрах при установке на погрузку $k_N^{\text{п}}$	
маневрах при установке на разгрузку $k_N^{\text{р}}$	
Плотность дизельного топлива ρ , кг/л	
Коэффициенты дополнительного расхода топлива на нулевые пробеги и внутрикарьерные нужды $k_{\text{д}}$	
Расчетные показатели	
Расход топлива на движение $Q_{\text{д}}$, л:	
в том числе в грузовом направлении $Q_{\text{д}}^{\text{г}}$	
в порожняковом направлении $Q_{\text{д}}^{\text{п}}$	
Расход топлива при погрузке и технологических задержках $Q_{\text{п}}$, л	
Расход топлива при разгрузке $Q_{\text{р}}$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при погрузке $Q_{\text{м.п}}$, л	
Расход топлива на маневровых операциях при разгрузке $Q_{\text{м.р}}$, л	

Расход топлива за рейс $Q_ц$, л	
Годовой расход топлива по парку автосамосвалов $Q_г$, т	

Продолжение табл. 2.4

1	2
Удельный расход топлива:	
на 1 т перевезенного груза $q_у$, г/т	
на 1 ткм грузооборота $q_у$, г/ткм	

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы определяют расход топлива карьерными автосамосвалами при движении в тяговом режиме на подъем и по горизонтальным автодорогам?
2. Как определяется расход топлива карьерными автосамосвалами при движении на спуск в тормозном режиме или режиме выбега?
3. Как рассчитывается расход топлива карьерными автосамосвалами при погрузке и в периоды технологических задержек?
4. Что показывает удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя, как он определяется и в каких единицах измеряется?
5. Как определяется эффективный к.п.д. дизельных двигателей карьерных автосамосвалов? Укажите примерные значения эффективного к.п.д. современных дизельных двигателей карьерных автосамосвалов.
6. Как рассчитывается расход топлива карьерными автосамосвалами при разгрузке и на маневровых операциях?
7. Назовите составляющие расхода топлива карьерными автосамосвалами за транспортный цикл.
8. Как определяется удельный расход топлива карьерными автосамосвалами на 1 т перевезенного груза и на единицу грузооборота?
9. В каком диапазоне изменяется удельный расход дизтоплива (г/ткм) современных карьерных автосамосвалов?
10. От каких факторов зависит топливная экономичность карьерных автосамосвалов? Назовите основные пути снижения удельного расхода топлива карьерными автосамосвалами.

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Цель работы: освоить методику расчета параметров ленточных конвейеров.
Задачи работы:

1. Выбор типа резинотросовой ленты исходя из характера транспортируемого материала (плотности и абразивности).
2. Определение необходимой ширины конвейерной ленты и скорости её движения.
3. Установление количества конвейерных ставов и перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы.
4. Определение возможной производительности расчетного звена конвейерной системы при последовательном соединении элементов.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 333-353; 2, с. 95-132; 5, с. 256-265; 6, с. 240-296] изучить основные технологические параметры ленточных конвейеров, условия и область их эксплуатации, а также методику расчета производительности.

Исходные условия

Общие условия:

- транспортирование горных пород ленточным конвейером с резинотросовой лентой;
- последовательное соединение элементов в расчетном звене конвейерной системы.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- наименование транспортируемых пород;
- насыпная плотность $\gamma_н$, т/м;
- абразивность пород (неабразивные, малоабразивные, абразивные, высокоабразивные);
- годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год; ;
- содержание кусков максимального размера ($a_{max} \geq 450$ мм) μ, %;
- назначение расчетного звена конвейерной системы (забойный, сборочный, подъёмный, магистральный);
- длина расчетного звена $L_з$, м;
- угол наклона расчетного звена α, град;
- угол наклона боковых роликов роликоопоры грузовой ветви конвейера β, град;

– режим работы конвейера.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчетов к работе № 3

«Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности»

№ задания	Характеристика пород			Объём перемещаемых пород $A_г$ тыс. $м^3$/год	μ, %	Параметры расчетного звена				Режим работы конвейера, (сутки × смены × часы)
	наименование	$\gamma_н$, т/$м^3$	абразивность *			назначение	$L_з$, м	α, град	β, град	
1	Апатит (полускальная порода)	1,9	А	1700	17	Сборочный	400	17	40	180×2×8
2		1,9	А	2700	16	Магистральный	2500	0	40	180×2×8
3		1,9	А	3500	17	Подъёмный	1500	16	40	180×3×8
4	Вскрышные скальные породы	2,6	В	4100	17	Забойный	800	0	35	180×2×8
5		2,6	В	6700	18	Забойный	600	0	35	180×2×8
6		2,6	В	1000	17	Магистральный	3000	0	35	180×2×8
7	Песок сухой (рыхлая порода)	1,5	М	10800	0	Подъёмный	1000	15	30	180×2×8
8		1,5	М	7600	0	Забойный	400	0	30	180×1×8
9		1,5	М	13800	0	Сборочный	400	0	30	250×1×8
10	Уголь каменный	0,8	М	14700	13	Сборочный	600	0	35	250×2×8
11		0,8	М	11200	10	Забойный	600	0	35	250×2×8
12		0,8	М	8700	16	Магистральный	2000	0	35	250×2×8
13	Глина сырая	1,8	Н	2800	14	Подъёмный	1000	15	30	180×3×8
14		1,8	Н	6000	16	Забойный	600	0	30	250×2×8
15		1,8	Н	2600	17	Сборочный	600	0	30	250 ×1×8
16	Соль каменная	1,5	М	3200	9	Забойный	500	0	35	250×2×8
17		1,5	М	4500	9	Сборочный	500	0	35	250×2×8
18		1,5	М	5200	12	Подъёмный	1000	17	35	250×2×8
19	Известняк	1,6	А	2200	16	Забойный	600	0	40	250×3×8
20		1,6	А	3500	16	Сборочный	400	0	40	180×2×8
21		1,6	А	1700	14	Подъёмный	800	18	40	250×1×8
22	Галька влажная	2,0	М	3000	0	Сборочный	300	0	40	250×1×8
23		2,0	М	2800	0	Подъёмный	800	16	40	250×2×8
24		2,0	М	1800	0	Магистральный	2000	0	40	250×2×8
25		2,0	М	4800	0	Забойный	600	0	40	250×2×8

* Н – неабразивные; М – малоабразивные; А – абразивные; В – высокоабразивные

Порядок выполнения работы

1. В зависимости от характеристик транспортируемых пород (плотности и абразивности) по табл. 3.2 выбирается тип конвейерной ленты.

Таблица 3.2

Условия применения резинотросовых лент (РТЛ)

Тип ленты	Расчетная прочность ленты, Н/мм	Характеристика транспортируемых горных пород
РТЛ-1500	1500	Неабразивные
РТЛ-2500	2500	Малоабразивные
РТЛ-3150, РТЛ-4000	3150, 4000	Абразивные
РТЛ-5000, РТЛ-6000	5000, 6000	Высокоабразивные

2. Определяется необходимая ширина конвейерной ленты и скорость её движения.

2.1. Рассчитывается необходимая часовая производительность конвейера по разрыхленной горной массе $Q_ч$, м^3/ч:

$$Q_ч = \frac{A_г k_н}{n_р n_{см} T_{см}} k_р, \qquad (3.1)$$

где $A_г$ – годовой объем пород в целике, перемещаемый расчетным звеном конвейерной системы, м^3/год; $k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера ($k_н$=1,15…1,25); $n_р$ – число рабочих дней в году; $n_{см}$ – количество смен в сутки; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $k_р$ – коэффициент разрыхления породы на ленте конвейера ($k_р$= 1,1…1,2 для рыхлых пород; $k_р$= 1,2…1,3 для полускальных пород; $k_р$= 1,3…1,5 для скальных пород).

2.2. По часовой производительности конвейера рассчитывается необходимая ширина конвейерной ленты $B_л$, м:

$$B_л = 1{,}1\left(\sqrt{\frac{Q_ч}{C_п v k_у}} + 0{,}05\right), \qquad (3.2)$$

где $C_п$ – коэффициент производительности конвейера, зависящий от формы поперечного сечения груза на ленте (коэффициент наполнения лотка конвейера) (табл. 3.3, 3.4); v – скорость движения ленты, м/с (принимается по данным табл. 3.5 в зависимости от физико-механических свойств пород и требуемой производительности конвейера; k_y – коэффициент, учитывающий необходимость снижения высоты породы на ленте при угле наклона конвейера $\alpha \geq 12°$ (табл. 3.6).

Таблица 3.3

Значения коэффициента $C_п$ на ленте с трехроликовой опорой

Угол породы на ленте φ, град	Значение коэффициента $C_п$ при угле наклона боковых роликов β, град			
	20	30	35	45
10	390	475	510	560
15	470	550	580	625

20	550	625	650	690

Таблица 3.4

Значения угла откоса породы на движущейся ленте

Горная порода	Угол откоса породы на ленте φ, град	Наибольший угол наклона конвейера α, град
Апатит	10	24
Галька влажная	15	18
Глина сырая	15—20	18—26
Известняк	15	16—18
Песок сухой	15	16—20
Песок влажный	18—20	20—25
Порода вскрышная скальная	15—20	17
Соль каменная	15—20	18—23
Уголь каменный	18—20	18

Таблица 3.5

Скорость движения конвейерной ленты

Производительность конвейера $Q_ч$, м^3 /ч	Скорость ленты (v,м/с) при транспортировании пород	
	рыхлых	полускальных и скальных
400—750	2,0—3,0	1,5—2,5
1000—2200	3,0—4,0	2,0—3,0
2500—5000	3,0—5,0	2,5-4,0
6000—8500	4,0—7,0	2,5—4,5

Таблица 3.6

Значения коэффициента $k_у$ в зависимости от угла наклона конвейера

Угол наклона конвейера α, град	0	12	14	18
$k_у$	1	0,98	0,96	0,92

2.3. Производится проверка ширины ленты по кусковатости транспортируемой горной массы:

– при содержании в транспортируемой массе кусков максимального размера μ < 15 %

$$B_л \geq (2{,}3 - 2{,}5)a_{max}; \quad (3.3)$$

– при содержании кусков μ >15 %

$$B_л \geq (3{,}3 - 4{,}0)a_{max}, \quad (3.4)$$

где $B_л$ – ширина конвейерной ленты, м; a_{max} – размер максимального куска, м (a_{max} = 0,40…0,45 м).

Из значений ширины конвейерной ленты $B_л$, полученных в пунктах 2.2 и 2.3, выбирается большее и округляется до стандартного значения (табл. 3.7).

2.4. Производится окончательный выбор типа ленты по табл. 3.7 и приводится её техническая характеристика.

Таблица 3.7

Техническая характеристика резинотросовых лент

Параметр	Тип ленты РТЛ					
	-1500У	-2500	-3150	-4000	-5000	-6000
Расчетная прочность ленты, Н/мм	1500	2500	3150	4000	5000	6000
Диаметр троса, мм	6	7,5	8,25	10,6	10,6	12,9
Шаг троса в ленте, мм	15±1,5	14±1,5	14±1,5	20±1,5	17±1,5	18±1,5
Расчетная толщина наружных резиновых обкладок, мм	8	10	10	10	10	14; 16 с рабочей стороны; 8 – с нерабочей
Общая толщина ленты, мм	22	26	29	31	31	35; 37
Расчетная масса 1 м^2 ленты, кг	33	43	49	55	58	70; 72
Расстояние от центра крайнего троса до борта ленты, мм	25	25	25	30	30	30
Ширина ленты, мм	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	1000±20 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– 1200±20 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1600±20 1800±20 2000±20	– – 1800±14 2000±14 2500±15

3. В соответствии с принятой шириной конвейерной ленты, скорости её движения, угла наклона конвейера и видом перемещаемой горной массы определяется расчетная производительность конвейера $Q_р$, м^3/ч:

$$Q_р = 3600Fv\,k_а\,, \qquad (3.5)$$

где F– площадь поперечного сечения материала на ленте, м^2; v – скорость ленты, м/с; $k_а$ – поправочный коэффициент, учитывающий снижение площади поперечного сечения материала на ленте наклонного конвейера ввиду обратного осыпания груза (табл. 3.8).

Таблица 3.8

Значение коэффициента $k_а$

Угол наклона конвейера а, град	0 –10	12	16	18	20	24
$k_а$	1,00	0,98	0,95	0,93	0,92	0,90

При трехроликовой опоре площадь поперечного сечения материала на ленте (F, м^2) определяется из следующих выражений (рис. 3.1):

$$F = F_1 + F_2; \qquad (3.6)$$

$$F_1 = \frac{(a + 2b_1 \cos\beta)^2}{4} \operatorname{tg}\varphi; \quad (3.7)$$

$$F_2 = ab_1 \sin\beta + b_1^2 \sin\beta \cos\beta, \quad (3.8)$$

где a – длина среднего ролика, м; b – длина бокового ролика, м; β – угол наклона боковых роликов, град; b_1 – часть длины бокового ролика, занятая грузом, м; φ – угол откоса породы на ленте, град.

$$a = b. \quad (3.9)$$

$$b_1 \approx b - (0{,}05 \div 0{,}10). \quad (3.10)$$

Параметры роликов конвейерных лент приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Параметры роликов конвейерных лент

Ширина ленты $B_л$, мм	800; 1000	1200;1600	1800; 2000
Длина ролика b, мм	300–350	425–500	550–700

4. В соответствии с расчетной производительностью конвейера, назначением расчетного звена и принятой шириной конвейерной ленты выбирается тип конвейера и приводится его техническая характеристика (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Техническая характеристика ленточных конвейеров для открытых горных работ

Конвейер	Ширина ленты $B_л$, мм	Скорость ленты v, м/с	Производительность по разрыхленной горной массе $Q_р$, м^3/ч	Длина става $L_с$, м
КЛ-600	1000	2,60	600	250; 400; 600
КЛ-800	1200	2,58	800	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКО-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 750
КЛКМ-1,2	1200	3,56	1500	250; 400; 500; 800
КЛКЗ-1,6	1600	3,56	4000	400; 800
КЛКЗ-1,8	1800	4,35	5000	400; 800
КЛКО-1,8	1800	4,35	5000	700
КЛН-2,0	2000	3,15	4000	450
КЛМ-2,0	2000	3,15	4000	1750
КЛО-2,0	2000	3,15	4000	1900

Примечание: В моделях КЛ-600 и КЛ-800 КЛ – конвейер ленточный универсальный; 600, 800 – часовая производительность в м^3/ч; в моделях КЛКЗ, КЛКО, КДКМ, КЛК – карьерный ленточный конвейер, цифры 1,2; 1,6; 1,8; 2,0 указывают ширину ленты в м; буквы З, О, М означают забойный, отвальный, магистральный; в моделях КЛН, КЛМ, КЛО – конвейер ленточный, буквы Н, М, О означают наклонный, магистральный отвальный

5. Определяется количество конвейерных ставов и количество перегрузочных узлов в расчетном звене конвейерной системы. Количество ставов $n_с$, шт.:

$$n_с = L_з / L_с, \quad (3.11)$$

где $L_з$ –длина расчетного звена, м; $L_с$ – длина става, м (принимается по табл. 3.10).

В технической характеристике приведены максимальные значения длины става, которую можно уменьшить с учетом длины расчетного звена конвейерной линии.

Полученное значение количества ставов округляется до ближайшего большего целого числа, которое принимается за расчетное число ставов $n_{ср}$. Уточняется длина става $L_{ср}$, м:

$$L_{ср} = L_з / n_{ср}, \quad (3.12)$$

где $L_{ср}$ – расчетная длина става, м; $L_з$ – длина расчетного звена конвейерной линии, м; $n_{ср}$ – расчетное число ставов.

Число перегрузочных узлов системы $n_п$, шт.

$$n_п = n_{ср}. \quad (3.13)$$

6. Определяется возможная годовая производительность расчетного звена конвейерной системы $Q_г$, м^3/год:

$$Q_г = Q_р T_{пл} k_г, \quad (3.14)$$

где $Q_р$ – расчетная производительность конвейера, м^3/ч; $T_{пл}$ – планируемое время работы конвейеров в году, ч; $k_г$ – коэффициент готовности системы конвейеров (расчетного звена) к работе.

$$T_{пл} = T_к \, k_и \, , \quad (3.15)$$

где $T_к$ – календарное время работы в году, ч (определяется в соответствии с режимом работы конвейерной системы); $k_и$ – коэффициент использования во времени ($k_и$ = 0,80÷0,90).

Коэффициент готовности $k_г$:

$$k_г = k_{г1} k_{г2} \ldots k_{г\,(n\text{-}1)} k_{гn} \, , \quad (3.16)$$

где $k_{г1} \ldots k_{гn}$ – коэффициенты готовности каждого из соединенных последовательно элементов системы (табл. 3.11); n – количество элементов системы

$$n = n_{ср} + n_{п.} \quad (3.17)$$

Таблица 3.11

Коэффициенты готовности конвейерной системы

Элементы системы	$k_г$
Ленточные конвейеры при транспортировке рыхлых и скальных пород	0,96–0,97
Перегрузочный пункт	0,96–0,99

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А4, включающим схему к расчету площади поперечного сечения материала на ленте (рис. 3.1) и схему расчетного звена конвейерного транспорта (рис. 3.2). Чертежи выполняются в стандартных масштабах, на схемах указываются числовые значения параметров.

Исходные условия и технологические параметры конвейерной системы сводятся в таблицу (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Технологические параметры конвейерной системы

Показатели	Значения
Исходные условия	
Годовой объем пород в целике, перемещенный расчетным звеном конвейерной системы $A_г$, тыс. м^3/год	
Наименование транспортируемых пород	
Насыпная плотность $\gamma_н$, т/м^3	
Абразивность	
Содержание кусков максимального размера μ, %	
Назначение расчетного звена системы	
Длина расчетного звена $L_з$, м	
Угол наклона расчетного звена α, град	
Угол наклона боковых роликов β, град	
Режим работы конвейера (сутки×смены×часы)	
Расчетные показатели	
Тип конвейера	
Тип конвейерной ленты	
Ширина ленты $B_л$, мм	
Скорость движения конвейерной ленты v, м/с	
Тип опоры	
Площадь поперечного сечения материала на ленте F, м^2	
Расчетная длина става $L_{ср}$, м	
Рас четное число ставов $n_{ср}$	
Коэффициент готовности системы $k_г$	
Расчетная производительность:	
часовая $Q_р$, м^3/ч	
годовая $Q_г$, м^3/год	

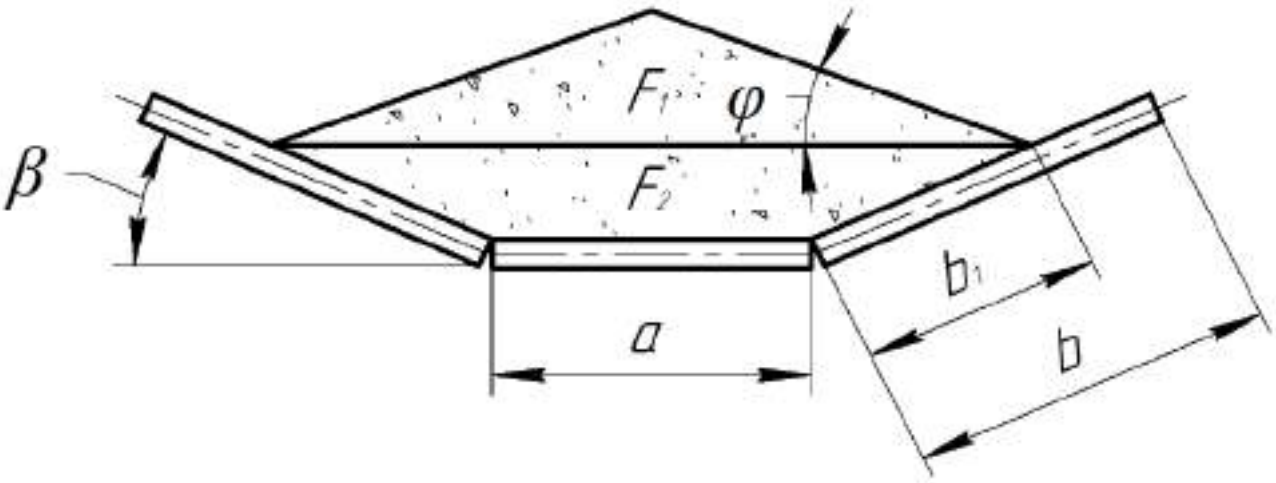


Рис. 3.1. Схема к расчету площади поперечного сечения материала на конвейерной ленте

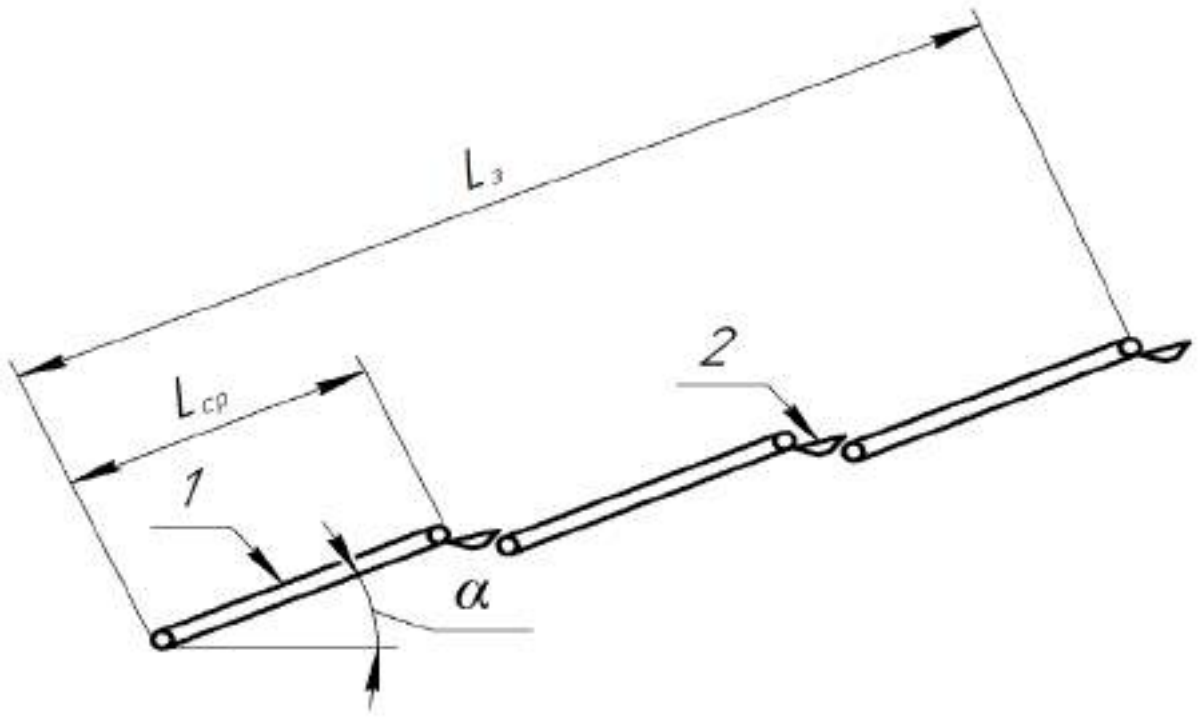


Рис. 3.2. Схема расчетного звена конвейерного транспорта:
1 – конвейерный став; *2* – перегрузочный узел
$L_з$ – длина расчетного звена системы, м; $L_{ср}$ – расчетная длина става, м;
α – угол наклона конвейера, град

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как самостоятельного способа перемещения горной массы.
2. Назовите предпочтительную область применения конвейерного транспорта как магистрального звена комбинированного карьерного транспорта.
3. Перечислите достоинства и недостатки конвейерного транспорта в карьерах.
4. Как подразделяются конвейеры в зависимости от своего назначения и места расположения в карьере?
5. Как различаются конвейерные ленты по типу каркаса?
6. Перечислите технологические параметры конвейерного транспорта.
7. Как определяется ширина конвейера, от каких факторов она зависит?
8. От каких факторов зависит скорость движения конвейерных лент, в каком диапазоне она изменяется?
9. Какой максимальный угол подъёма допускается для ленточных конвейеров и крутонаклонных конвейеров в различно конструктивном исполнении?
10. При каком угле наклона конвейера необходимо учитывать снижение высоты насыпки породы при расчете ширины конвейерной ленты?
11. Как определяется часовая и годовая производительность конвейера, от каких факторов она зависит?

Практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАЗМЕЩЕНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ПУНКТА ПРИ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы: освоить методику определения места размещения перегрузочного пункта при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте.

Задачи работы:

1. Расчет расстояния транспортирования и высоты подъема горной массы сборочным (автомобильным) и магистральным (железнодорожным) транспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта по глубине карьера.
2. Расчет себестоимости и удельных капитальных затрат по отдельным звеньям транспорта, комбинированному транспорту в целом и открытой разработке месторождения.
3. Выбор места размещения перегрузочного пункта по критерию максимального значения годовой рентабельности.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 372-379; 2, с. 138-144; 7, с. 10-45] изучить основные технологические параметры комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта, а также условия, область его применения и методику определения глубины размещения перегрузочных пунктов.

Исходные условия

Общие условия:

- высота уступа для всех вариантов $H_у$ = 15 м;
- удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т:
  - четные варианты – 1000;
  - нечетные варианты – 1200;
- нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки $С_д$, руб/т:
  - четные варианты – 320;
  - нечетные варианты – 400;
- нетранспортная составляющая удельных капитальных затрат на открытую разработку $К_д$, руб/т:

  четные варианты – 250;

  нечетные варианты – 300;

В соответствии с вариантом (табл. 4.1) задаются:

- годовой объем перевозок $A_к$, млн. т/год;
- число рабочих уступов $n_р$, шт.;
- число нерабочих уступов $n_{нр}$, шт.;

– расстояние откатки по горизонтальному участку железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_{\text{о}}^{\text{ж}}$, км;
– расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_{\text{о}}^{\text{а}}$, км;
– модель автосамосвала;
– грузоподъемность автосамосвала $q_{\text{а}}$, т.

Таблица 4.1

Исходные данные к практической работе № 4

«Определение места размещения перегрузочного пункта при автомобильно-железнодорожном транспорте»

№ задания	Объем перевозок $A_{\text{к}}$, млн. т/год	Число уступов		Расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км		Модель и грузоподъемность автосамосвала
		рабочих $n_{\text{р}}$	нерабочих $n_{\text{нр}}$	$l_{\text{о}}^{\text{ж}}$	$l_{\text{о}}^{\text{а}}$	
1	10	4	8	2,5	1,2	БелАЗ-7547 (45 т)
2						
3		6	10		1,4	
4						
5	15	4	10	4,0	0,9	БелАЗ-7540А (30 т)
6						
7		2	12		1,6	
8						
9	20	8	8	1,2	1,0	БелАЗ-7549 (80 т)
10						
11		8	10		1,5	
12						
13	25	4	4	2,0	0,8	БелАЗ-7513 (130 т)
14						
15		6	2		1,3	
16						
17	30	2	4	3,5	1,0	БелАЗ-7547 (45 т)
18						
19		6	8		0,9	
20						
21	35	4	10	5,0	1,4	БелАЗ-7549 (80 т)
22						
23		8	12		1,0	
24						
25	32	4	7	4,5	0,8	БелАЗ-7540А (30 т)

Порядок выполнения работы

1. Назначаются три варианта размещения перегрузочных пункта на глубине карьера:

1) на нижнем нерабочем уступе;
2) в центре нерабочей зоны карьера;
3) на поверхности карьера (рис. 4.1).

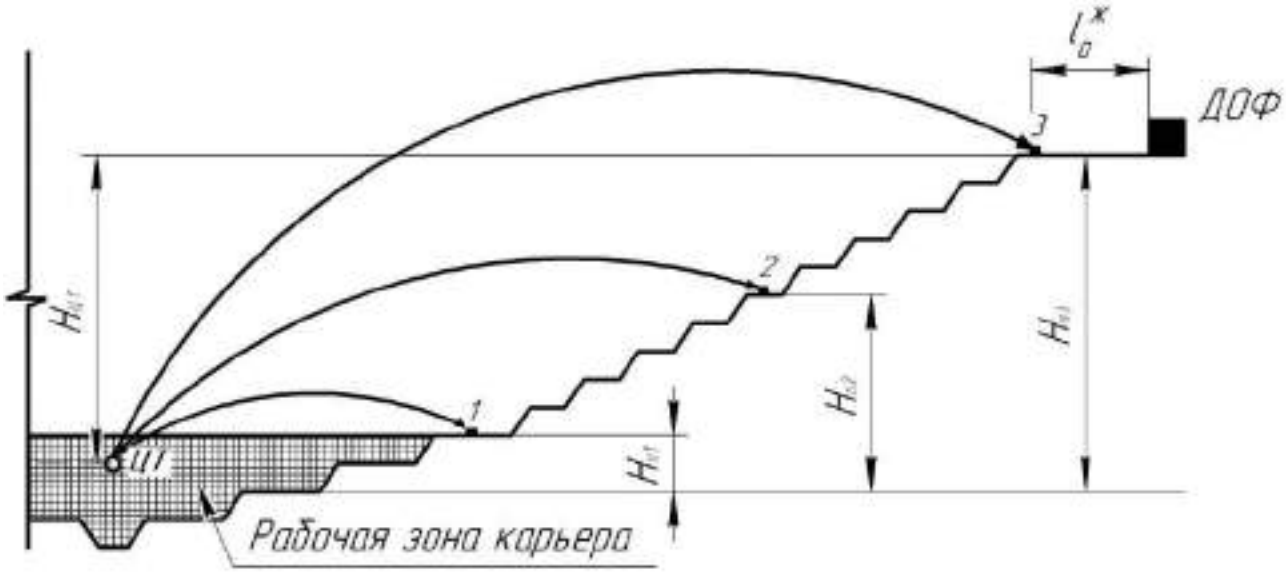


Рис. 4.1. Схема к выбору места расположения перегрузочного пункта:
$H_{цт}$ – глубина центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом, м; *1, 2 , 3* – варианты размещения перегрузочного пункта по глубине карьера; $H_{п1}$, $H_{п2}$, $H_{п3}$ – высота подъема горной массы сборочным автотранспортом при различных вариантах размещения перегрузочного пункта, м; $l_о^{ж}$ – расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики

2. Определяется глубина размещения перегрузочного пункта по вариантам $H_{п.п}$, м:

1) $H_{п.п\ 1} = H_у n_{нр}$; (4.1)
2) $H_{п.п\ 2} = H_у n_{нр}/2$; (4.2)
3) $H_{п.п\ 3} = 0$. (4.3)

3. Определяется глубина центра тяжести перевозок сборочным автотранспортом $H_{ц.т}$, м:

$$H_{цт} = H_у\left(\frac{n_р}{2} + n_{нр}\right). \quad (4.4)$$

4. Рассчитываются длина откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

4.1. Руководящий уклон съездов принимается для автомобильного транспорта $i_р$ = 80 ‰, для железнодорожного – $i_р$ = 40 ‰.

4.2. Коэффициент развития трассы принимается для автомобильного транспорта $k_{р.т}$ = 1,15÷1,20, для железнодорожного транспорта $k_{р.т}$ = 1,4÷2,0.

4.3. Определяются высота подъема горной массы различными видами транспорта $H_п$, м:

– для автомобильного транспорта

1) $H_{п1} = H_{ц.т} – H_{п.п\ 1}$; (4.5)

2) $H_{п2} = H_{ц.т} – H_{п.п\ 2}$; (4.6)

3) $H_{п3} = H_{ц.т} – H_{п.п\ 3}$; (4.7)

– для железнодорожного транспорта

1) $H_{п1} = H_{п.п\ 1}$; (4.8)

2) $H_{п2} = H_{п.п\ 2}$; (4.9)

3) $H_{п3} = H_{п.п\ 3}$. (4.10)

4.4. Рассчитывается длина подъемного участка трассы для каждого вида транспорта l_i, км:

$$l_i = (H_п/i_р)k_{р.т}, \quad (4.11)$$

где $H_п$ – высота подъема горной массы, м; $i_р$ – уклон съезда, ‰; $k_{р.т}$ – коэффициент развития трассы.

4.5. Рассчитывается общая длина откатки каждым видом транспорта по вариантам размещения перегрузочного пункта l, км:

$$l = l_i + l_о, \quad (4.12)$$

где $l_о$ – расстояние откатки по горизонтальному участку трассы, км.

5. Рассчитывается себестоимость транспортирования горной массы и себестоимость открытой разработки по вариантам размещения перегрузочного пункта.

5.1. Себестоимость транспортирования автомобильным транспортом $С_а$, руб/т:

$$С_а \approx \frac{25}{A_к^{0,25}} + (l-1)(5+0{,}06q_а), \quad (4.13)$$

где $A_к$ – объем перевозок, млн. т/год; l – расстояние транспортирования, км; $q_а$ – грузоподъемность автосамосвала, т.

5.2. Себестоимость транспортирования железнодорожным транспортом $С_ж$, руб/т:

$$С_ж \approx 2/A_к^{0,2} + 4l^{0,7}. \quad (4.14)$$

5.3. Себестоимость транспортирования комбинированным транспортом $С_{к.т}$, руб/т:

$$С_{к.т} = С_а + С_ж. \quad (4.15)$$

5.4. Себестоимость открытой разработки $С_р$, руб/т:

$$С_р = С_{к.т} + С_д, \quad (4.16)$$

где $С_д$ – нетранспортная составляющая себестоимости открытой разработки, руб/т.

6. Рассчитываются удельные капитальные затраты на транспортирование горной массы и открытую разработку по вариантам размещения перегрузочного пункта.

6.1. Удельные капитальные затраты на автомобильный транспорт $К_а$, руб/т:

$$К_а = \frac{90}{A_к^{0,2}} + 12(l-1). \quad (4.17)$$

6.2. Удельные капитальные затраты на железнодорожный транспорт $К_ж$, руб/т:

$$К_ж = \frac{240}{A_к^{0,5}} + \frac{30(l-1)}{A_к}. \quad (4.18)$$

6.3. Удельные капитальные затраты на комбинированный транспорт $К_{кт}$, руб/т:

$$К_{к.т} = К_а + К_ж. \quad (4.19)$$

6.4. Удельные капитальные затраты на открытую разработку $К_р$, руб/т:

$$К_р = К_{к.т} + К_д, \quad (4.20)$$

где $К_д$ – нетранспортная составляющая удельных капзатрат на открытую разработку, руб/т.

7. Рассчитывается значение рентабельности капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта *R*:

$$R = (Ц_р - С_р)/К_р, \quad (4.21)$$

где $Ц_р$ – удельная ценность руды, руб/т.

Оптимальным считается вариант, соответствующий максимальному значению *R*.

8. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию (табл. 4.2), расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносятся в табл. 4.3.

Таблица 4.2

Исходные условия по варианту задания

Показатели	Значение
Вариант задания	
Годовой объем перевозок $A_к$, млн. т/год	
Высота уступа $H_у$, м	
Число уступов, шт.: рабочих $n_р$ нерабочих $n_{нр}$	
Расстояние откатки железнодорожным транспортом от борта карьера до дробильно-обогатительной фабрики $l_о^ж$, км	
Расстояние откатки автотранспортом по верхнему рабочему уступу $l_о^а$, км	
Модель автосамосвала	
Грузоподъемность автосамосвала $q_а$, т	
Удельная ценность руды $Ц_р$, руб/т	
Нетранспортная составляющая, руб/т: себестоимости разработки $С_д$ удельных капитальных затрат $К_д$	

Графическая часть представляется одним листом формата А4, содержащим схему к выбору места расположения перегрузочного пункта (см. рис. 4.1). чертеж выполняется в стандартном масштабе, на чертеже указываются числовые значения параметров.

Таблица 4.3

Результаты расчета вариантов размещения перегрузочного пункта

Показатели	Значения по вариантам размещения перегрузочного пункта и видам транспорта					
	1		2		3	
	авто	ж.д.	авто	ж.д.	авто	ж.д.
1. Глубина размещения перегрузочного пункта $H_{п.п}$, м						
2. Глубина центра тяжести автоперевозок $Ц_{цт}$, м						
3. Расчетные показатели длин откатки:						
3.1. Уклон съездов $i_р$, ‰						
3.2. Коэффициент развития трассы $k_{р.т}$						
3.3. Высота подъема горной массы $H_п$, м						
3.4. Длина участка подъема, км $l_i = (H_п / i_с) k_{р.т}$						
3.5. Длина откатки по горизонтали $l_о$, км						
3.6. Общая длина откатки $l = l_i + l_о$, км						
4. Себестоимость, руб/т :						
4.1. Звеньев транспорта $С_а$, $С_ж$						
4.2. Комбинированного транспорта $С_{к.т} = С_а + С_ж$						
4.3. Разработки $С_р = С_{к.т} + С_д$						
5. Удельные капитальные затраты, руб/т:						
5.1. Звеньев транспорта $К_а$, $К_ж$						
5.2. Комбинированного транспорта $К_{к.т} = К_а + К_ж$						
5.3. Разработки $К_р = К_{к.т} + К_д$						
6. Критерий $(Ц_р - С_р)/К_р$						

Принят вариант размещения перегрузочного пункта № _____.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите достоинства и недостатки карьерного автомобильного транспорта.
2. Перечислите достоинства и недостатки карьерного железнодорожного транспорта.
3. Назовите предпочтительную область применения комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта в карьерах.

4. Перечислите достоинства и недостатки комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта.
5. Какие конструкции перегрузочных пунктов применяются при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте? Перечислите их достоинства и недостатки.
6. Из каких затрат складывается себестоимость транспортирования горной массы автомобильным и железнодорожным транспортом?
7. Как определяется шаг переноса перегрузочного пункта по высоте?
8. От каких факторов зависит продолжительность работы перегрузочного пункта на одном месте?
9. Как рассчитывается рентабельность капитальных вложений по вариантам размещения перегрузочного пункта?

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ И ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель работы: освоить методику расчета пропускной и провозной способности карьерных железных дорог.

Задачи работы:

1. Расчет пропускной и провозной способности раздельных пунктов.
2. Расчет пропускной и провозной способности перегонов.
3. Расчет пропускной и провозной способности железной дороги, состоящий из трех раздельных пунктов и двух перегонов.
4. Оценка соответствия пропускной и провозной способности дороги расчетному сменному грузообороту и внесение изменений в её конструкцию.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 261-267; 2, с. 82-83] изучить основные технологические параметры и условия применения карьерного железнодорожного транспорта, а также методику расчета пропускной и провозной способности железных дорог.

Исходные условия

Общие условия:

- одиночная электровозная тяга;
- модель думпкара 2ВС-105;
- длина локомотива $l_л = 21{,}3$ м;
- длина вагона $l_в = 15{,}0$ м;
- продолжительность смены $T_{см}$, ч:
  - четные варианты – 8;
  - нечетные варианты – 12;
- коэффициент использования сменного времени $k_и = 0{,}90 \div 0{,}92$;
- коэффициент неравномерного движения поездов $k_{н.д} = 1{,}4 \div 1{,}5$;
- коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х = 0{,}8$.

В соответствии с вариантом (табл. 5.1) задаются:

- масса поезда нетто $Q_п$, т;
- сменный грузооборот $Г_р$, тыс. т/смену;
- число путей на каждом раздельном пункте и перегоне $n_п$, шт.;
- длина перегона $l_{пер}$, км;
- скорость поезда на перегоне v_i, км/ч;
- система СЦБ на перегоне (п/а, а-2, а-3).

Таблица 5.1

Исходные данные к практической работе № 5

«Расчет пропускной и провозной способности железных дорог»

№ задания	Полезная масса поезда $Q_п$, т	$Г_р$, тыс. т/смену	Число путей на раздельных пунктах $n_п$			Параметры перегона 1				Параметры перегона 2			
			РП 1	РП 2	РП 3	число путей $n_п$	$l_{пер}$, км	v, км/ч	СЦБ	число путей $n_п$	$L_{пер}$, км	v_i, км/ч	СЦБ
1	420	6,0	3	3	4	1	2,4	24	Полуавтоматическая блокировка	2	2,6	20	а-3
2			4	2	3	2					1,8		п/а
3			5	2	3	1		18			2,0	30	а-3
4			4	4	3	2					1,6		п/а
5	525	7,5	4	5	3	1	3,2	32		2	2,0	24	а-3
6						2					3,2		п/а
7						1		16			4,0	28	а-3
8						2					2,8		п/а
9	630	6,5	3	3	4	1	1,8	30		2	3,0	24	а-3
10													
11			5	3	4			18				27	
12													
13	630	6,0	3	5	4	2	2,0	24		2	2,4	36	а-2
14													
15			5	3	4			30				24	
16													
17	525	8,0	4	5	3	1	1,2	18		2	5,0	30	а-3
18													
19				4	3			28				24	
20													
21	420	10,0	5	3	4	2	2,8	20		2	3,2	30	а-2
22													
23			4	3	5			24				32	
24													
25		9,0	5	3	4	2	3,0	30		2	3,5	32	а-3

Примечание. п/а – полуавтоматическая блокировка; а-3 – автоблокировка с 3-цветным светофором; а -2 – автоблокировка с 2-цветным светофором

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с исходными данными и вариантом задания заполняется табл. 5.2.

Таблица 5.2

Параметры элементов трассы

Параметры	Перегоны		Раздельные пункты РП		
	1	2	1	2	3
Число путей $n_п$, шт.		2			
Длина $L_{пер}$, км			•	•	•
Скорость движения v, км/ч			•	•	•
Способ СЦБ	п/авт		•	•	•

Расчеты производятся на основании расчетной схемы трассы (рис. 5.1).

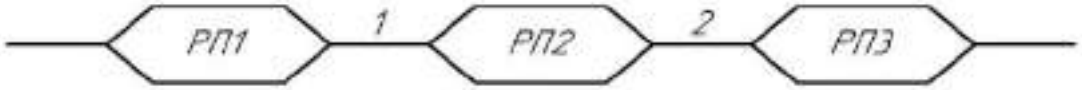


Рис. 5.1. Расчетная схема трассы:
РП1, РП2,РП3 – раздельные пункты; 1, 2 - перегоны

2. Рассчитывается пропускная способность раздельных пунктов (РП). Пропускная способность раздельных пунктов и железнодорожных станций определяется в зависимости от числа путей на раздельном пункте (станции) ($n_п$) в парах поездов (п.п.), пропускаемых за 8-часовую смену (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Пропускная способность раздельных пунктов $P_р$

Число путей $n_п$, шт.	2	3	4	5	6 и более
$P_р$, п.п. за 8-часовую смену	10-12	13-18	19-24	25-36	37-48

$$P_р = f(n_п), \tag{5.1}$$

где $P_р$ – пропускная способность раздельного пункта, п.п./смену; $n_п$ – число путей на раздельном пункте, шт.

Если $T_{см} \neq 8$ ч, то пропускная способность $\left(P'_р\right)$ определяется по формуле

$$P'_р = \frac{P_р T_{см}}{8}, \tag{5.2}$$

где $P_р$ – пропускная способность раздельного пункта, определенная по табл. 5.3, п.п./смену; $T_{см}$ – фактическая продолжительность рабочей смены, ч.

3. Рассчитывается провозная способность раздельных пунктов $П_р$, т/смену:

$$П_р = P_р Q_п \cdot 10^{-3}, \tag{5.3}$$

где $P_р$ – пропускная способность, п.п./смену; $Q_п$ – полезная масса поезда (масса поезда нетто), т.

4. Рассчитывается пропускная и провозная способность перегонов.

4.1. Перегон 1.

Пропускная способность $P_п$, п.п./смену:

$$P_п = \frac{T_{см} k_и k_х}{k_{н.д} T_и}, \tag{5.4}$$

где $T_{п.см}$ – продолжительность смены, ч; $k_и$– коэффициент использования сменного времени; $k_х$ – коэффициент пропуска хозяйственных поездов; $k_{н.д}$ – коэффициент неравномерности движения поездов; $T_и$ – время интервала между поездами, ч.

Если на перегоне 1 путь , время интервала $T_и$, ч:

$$T_и = 2L_{пер} / v_i + \tau, \tag{5.5}$$

где $L_{пер}$ – длина перегона, км; v – скорость, км/ч; τ – время на поездную связь, ч.

Если на перегоне 2 пути, время интервала $T_и$, ч:

$$T_и = L_{пер} / v + \tau. \quad (5.6)$$

На перегоне полуавтоматическая блокировка (п/а), поэтому время на поездную связь (τ) составляет:

τ = 6' – 8' (0,10 – 0,13 ч) – 1 путь;

τ = 2' – 3' (0,03 – 0,05 ч) – 2 пути.

Провозная способность перегона $П_п$, тыс. т/смену:

$$П_П = P_П Q_П \cdot 10^{-3}, \quad (5.7)$$

где $P_п$ – пропускная способность перегона, п.п./смену; $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2. Перегон 2 (на перегоне 2 пути).

4.2.1. При полуавтоматической блокировке расчет производится так же, как в п. 4.1.

4.2.2. При автоблокировке с 2-цветным светофором расчет пропускной способности производится по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяется:

$$T_и = \frac{L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}, \quad (5.8)$$

где $L_б$ – длина блок-участка, м ($L_б$ = 300÷400 м); $L_п$ – длина поезда, м; v – скорость движения поезда, км/ч.

Длина поезда $L_п$, м:

$$L_п = n_в l_в + l_л, \quad (5.9)$$

где $l_в$ – длина вагона, м; $l_л$ – длина локомотива $n_в$ – количество вагонов в составе, шт.

$$n_в = Q_п/105, \quad (5.10)$$

где $Q_п$ – полезная масса поезда, т.

4.2.3. При автоблокировке с 3-цветной сигнализацией расчет пропускной способности производится по формуле (5.4), а время интервала между поездами ($T_и$, ч) определяется:

$$T_и = \frac{2L_б + L_п}{v} \cdot 10^{-3}. \quad (5.11)$$

Провозная способность перегона 2 рассчитывается по выражению (5.7).

5. Определяется пропускная и провозная способность железной дороги, которая лимитируется элементом с минимальной пропускной (провозной) способностью ($P_д$, п.п./смену и $П_д$, тыс. т/смену).

6. Производится сравнение расчетной провозной способностью дороги ($П_д$, тыс. т/смену) с заданным сменным грузооборотом ($Г_р$, тыс. т/смену).

Если $П_д \geq Г_р$, то делается вывод о достаточности провозной способности, расчеты завершаются, а результаты заносятся в табл. 5.4.

Если $П_д < Г_р$, то делается вывод о недостаточности провозной способности.

В этом случае в конструкцию дороги вводятся изменения и добиваются, чтобы $П_д \geq Г_р$. Разрешается менять количество путей ($n_п$) и способ СЦБ.

Изменения заносятся в табл. 5.5.

7. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Результаты расчетов заносятся в табл. 4.3.

Графическая часть представляется расчетной схемой трассы (см. рис. 5.1). результаты расчетов заносятся в табл. 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4

Расчетные показатели пропускной и провозной способности железной дороги

Показатели	Значения
Пропускная способность раздельных пунктов $P_р$, п.п./смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Провозная способность раздельных пунктов $П_р$, тыс. т в смену: РП 1 РП 2 РП 3	
Показатели режима движения: длительность смены $T_{см}$, ч коэффициент неравномерности движения $k_{н.д}$ коэффициент пропуска хозяйственных поездов $k_х$ коэффициент использования сменного времени $k_и$	
Параметры пропускной способности перегона 1: время на поездную связь τ, ч пропускная способность $P_{п1}$, п.п./смену провозная способность $П_{п1}$, тыс. т/смену	
Параметры пропускной способности перегона 2: время на поездную связь τ, ч длина блок-участка $L_б$, м длина поезда $L_п$, м пропускная способность $P_{п2}$, п.п./смену провозная способность $П_{п2}$, тыс. т/смену	
Расчетная пропускная способность дороги $P_д$, п.п./смену	
Провозная способность дороги $П_д$, тыс. т/смену	
Достаточность провозной способности (да, нет)	
Окончательная провозная способность $П_д$, тыс. т/смену	

Таблица 5.5

Изменения в конструкции железной дороги

Элемент дороги (раздельный пункт или перегон)	Суть изменения	Расчетное значение параметра		Полученные значения после изменения конструкции	
		P, п.п./смену	П, тыс. т/смену	*P*, п.п./смену	П, тыс. т/смену

Контрольные вопросы и задания

1. Из каких элементов состоит трасса карьерного железнодорожного транспорта?
2. Чем лимитируется пропускная (провозная) способность всей сети железнодорожных путей в карьере?
3. Как в практических расчетах определяется пропускная способность раздельных пунктов и станций?
4. В каких единицах оценивается пропускная и провозная способность железных дорог?
5. Как рассчитывается и от каких факторов зависит пропускная способность перегонов?
6. Как рассчитывается время интервала между поездами на однопутном и двухпутном перегоне?
7. Как рассчитывается время интервала между поездами на перегоне при автоблокировке с 2-цветным и 3-цветиным светофором?
8. Какие системы СЦБ применяются на железнодорожном транспорте в карьерах?
9. Какие дополнительные факторы учитываются при расчете фактической пропускной способности железных дорог?
10. Перечислите способы увеличения пропускной и провозной способности раздельных пунктов и перегонов.

Список использованной литературы

1. Ржевский В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник. – 7-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с. (Классика инженерной мысли: горное дело).
2. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Перемещение и складирование горных пород: учеб. пособие. – М.: Горная книга, 2013. – 221 с., илл. (Процессы открытых горных работ).
3. Смирнов В. П., Лель Ю. И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 355 с.
4. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
5. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. - М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. – 700 с., илл.
6. Галкин В. И., Шешко Е. Е. Транспортные машины: учебник для вузов. – М.: Горная книга, 2010. – 588 с.: илл.
7. Яковлев В. Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд. РАН, 1989. – 240 с.

Содержание

Введение ……. 3

Практическая работа № 1. Расчет продолжительности транспортного цикла, производительности и парка автосамосвалов …… 4

Практическая работа № 2. Энергетическая оценка карьерного автотранспорта ……. 15

Практическая работа № 3. Расчет параметров ленточных конвейеров и определение их производительности ……..… 21

Практическая работа № 4. Определение места размещения перегрузочного пункта при автомобильно-железнодорожном транспорте… 30

Практическая работа № 5. Расчет пропускной и провозной способности карьерных железных дорог ……. 37

Список использованной литературы …… 43

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-
методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Б1.В.09.10 ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 1: Расчет параметров буровых работ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Стенин Ю.В., к.т.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Общие положения и указания 3
Практическая работа № 1. Расчет параметров режима и производительности станков вращательного бурения 5
Контрольные вопросы 11
Практическая работа № 2. Расчет режимов и производительности станков шарошечного бурения 12
Контрольные вопросы 16
Практическая работа № 3. Расчет режимов и производительности станков ударно-вращательного бурения 17
Контрольные вопросы 20
Практическая работа № 4. Компьютерный расчет режимов и производительности буровых станков 21
Контрольные вопросы 23
Список использованных и рекомендуемых источников 24
Приложения 25
Приложение 1. Исходные данные к работе № 1 25
Приложение 2. Исходные данные к работе № 2 26
Приложение 3. Исходные данные к работе № 3 27
Приложение 4. Станки вращательного бурения 28
Приложение 5. Рекомендуемые значения частоты вращения инструмента при вращательном бурении 29
Приложение 6. Условия применения режущих долот 29
Приложение 7. Продолжительность основного и вспомогательного времени вращательного бурения, мин 30
Приложение 8. Коэффициенты снижения производительности шнековых буровых станков вращательного бурения в зависимости от высоты уступа (глубины скважины) 30
Приложение 9. Коэффициент снижения производительности буровых станков в зависимости от срока службы 30
Приложение 10. Нормативное годовое количество рабочих смен буровых станков 30
Приложение 11. Технические характеристики станков шарошечного бурения 31
Приложение 12. Выход горной массы с 1 м скважины (ориентировочные показатели) 40
Приложение 13. Типы и условия применения шарошечных долот 40
Приложение 14. Номенклатура выпускаемых шарошечных долот для горнорудной промышленности СССР 41
Приложение 15. Коэффициенты разбуривания скважин ($K_{раз}$) 41
Приложение 16. Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами третьего поколения 42
Приложение 17. Размеры наружного диаметра буровых штанг ($d_{тр}$) для шарошечного бурения 42
Приложение 18. Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения 43
Приложение 19. Техническая характеристика бурового инструмента для ударно-вращательного бурения 45
Приложение 20. Значение коэффициента перебура ($K_{пер}$) 45

ВВЕДЕНИЕ

Руководство по выполнению практических работ разработано на основании учебной программы дисциплины СД.06 «Процессы открытых горных работ» для студентов специализацци «Открытые горные работы» (ОГР) направления 21.05.04 «Горное дело». Часть I. «Расчёт параметров буровых работ». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ по теме «Технология и механизация буровых работ», проводимых в 5-м семестре обучения, и необходимые информационно-справочные материалы.

Основная цель практических работ — формирование у студентов навыков определения технологических параметров буровых работ на основе современных научных и практических достижений в этой области, в том числе, методов автоматизированных расчётов.

Каждая практическая работа рассчитана на два академических часа при соответствующей подготовке студента.

Руководство предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Общие положения и указания

Цель всякой производственной деятельности — получение максимальных результатов (как правило финансовой прибыли) при минимальных капитальных затратах и расходах трудовых и материальных ресурсов.

Применительно к буровым работам минимизация капитальных затрат может быть достигнута при формировании минимального по численности парка буровых станков, обладающих высокой технической надежностью и производительностью в конкретных климатических и горнотехнических условиях (свойства обуриваемого горного массива, параметры системы разработки, тип и мощность машин и оборудования в смежных процессах).

Минимизация трудовых и материальных ресурсов достигается за счет ряда организационных и технических факторов. К числу последних относятся параметры режима бурения, обеспечивающие высокую скорость и производительность бурения при минимальных расходах энергии, бурового инструмента и прочих материальных ресурсов.

При выполнении данного цикла практических работ студент по заданным исходным данным производит обоснованный выбор бурового станка на базе знаний, полученных к моменту обучения на данном этапе, расчет рациональных параметров режима бурения, производительности и парка буровых станков.

Выбор модели бурового станка обычно производится в комплексе с погрузочным оборудованием. Рациональным считается применение станков, бурящих скважины диаметром до 150—160 мм, совместно с экскаваторами мощностью 5 $м^3$ и менее; диаметром 200—250 мм — с экскаваторами 5—8 $м^3$; диаметром свыше 250 мм — с экскаваторами мощностью 12,5 $м^3$ и выше.

В реальной практике расчетные значения параметров режима бурения и производительности станков являются базовыми для дальнейшей корректировки и совершенствования их в конкретных фактических условиях работы.

Общий порядок выполнения работ (прочитать обязательно!)

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен изучить рекомендуемую литературу и соответствующие лекции, а также изучить порядок и алгоритм выполнения работы.

3. Практически работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных, приведённых в приложении. Номера вариантов определяется преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта — технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учетом качества оформления.

7. Отчёты по практических работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, ***полные*** *фамилия, имя и отчество студента-исполнителя*, также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчета параметров режима вращательного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчета и выбора параметров режима бурения, производительности и парка станков вращательного бурения режущим буровым инструментом.

2. Выполнить расчет параметров режима бурения, производительности и парка станков.

3. Исследовать зависимость производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [2, с. 48, 49], [6, с. 62—65, 80—85], [4, с. 23—31], [3, с. 62—69], [9, с. 40—46, 53—58, 72—75] изучить технологию и параметры режима вращательного бурения скважин режущим буровым инструментом.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 1).

2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива: коэффициент крепости f и предел прочности на сдвиг $\sigma_{сд}$, МПа, по заданному значению пределов прочности на сжатие $\sigma_{сж}$, МПа

$$f = \sigma_{сж}/10;\ \sigma_{сд} = \sigma_{сж}/k,$$

где k изменяется от 6 до 13.

3. Рассчитать показатель буримости

$$П_б = 0{,}07(\sigma_{сж} + \sigma_{сд}) + 0{,}7\gamma, \qquad (1.1)$$

где γ — плотность породы, т/м^3.

4. Исходя из свойств пород, с учетом рекомендаций «Общих положений и указаний», по Приложению 4 выбрать модель бурового станка. *Обосновать принятые решения.*

5. Исходя из свойств горных пород, глубины скважины (высоты уступа) и технических возможностей бурового станка (Приложение 4), выбрать способ очистки скважины от буровой мелочи и буровую коронку (Приложение 6).

6. Рассчитать минимальную величину осевого усилия, которое обеспечивает разрушение забоя скважины, кН:

$$P_{\text{н}} = 3{,}5 d_{\text{д}} f m_{\text{д}} m_{\text{р}} F_{\text{у}}, \qquad (1.2)$$

где $d_{\text{д}}$ — диаметр долота, м;

$m_{\text{д}}$ — число лезвий долота;

$m_{\text{р}}$ — отношение длины линии контакта режущей кромки лезвия с породой к радиусу долота ($m_{\text{р}}$ = 0,7÷0,9 при сплошном лезвии, $m_{\text{р}}$ = 0,5÷0,7 при прерывистом лезвии — щелевой забой скважины);

$F_{\text{у}}$ — минимальная площадь притупления резцов долота, приходящаяся на 1 см длины лезвия (обычно $F_{\text{у}}$ = 1,2 мм^2/см — для пород с f = 2÷5 и $F_{\text{у}}$ = 1,5 мм^2/см — для пород с f = 6÷8).

7. Рассчитать значение эффективного осевого усилия, которое обеспечивает минимальную энергоемкость бурения, кН:

$$P_{\text{эф}} = K f d_{\text{д}} m_{\text{д}} m_{\text{р}} F_{\text{у}}, \qquad (1.3)$$

где K — коэффициент: для пород III и ниже класса абразивности по Л. И. Барону и А. В. Кузнецову K = 32,8, для пород IV, V и VI класса абразивности K = 18,37.

8. Сравнить полученное значение $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{эф}}$ (кН) с техническими возможностями выбранного бурового станка, т. е. с обеспечиваемым станком максимальным осевым усилием ($P_{\max}$). Если они обеспечивают эффективное осевое усилие $P_{\text{эф}}$, т. е. $P_{\text{э}} < P_{\max}$, то принять за расчетное осевое усилие $P_{\text{р}} = P_{\text{э}}$ и выполнять п. 9. Если нет, то возвратиться к пунктам 5—8 и либо подобрать другой тип буровой коронки, конструкция которой согласно формулы (1.2) требует меньшего осевого усилия, либо другой станок, обеспечивающий большее значение $P_{\max}$, и соответствующую ему буровую коронку так, чтобы выполнялось условие $P_{\text{э}} < P_{\max}$. Если добиться выполнения этого условия не удается, то принять станок с максимальным значением $P_{\max}$ и $P_{\text{р}} = P_{\max}$.

9. Определить расчетную скорость вращения бурового става.

Если принят шнековый или шнеко-воздушный способ очистки скважины, то:

9.1. Сначала определить минимальную скорость вращения бурового става ($n_{\min}$, с$^{-1}$), обеспечивающую возможность транспортировки буровой мелочи:

$$n_{\min} = \sqrt{\frac{q[\cos\beta(\sin\alpha + f_1 \cos\alpha) - P]}{2\pi^2 f_2 D_{\text{с}}}}, \qquad (1.4)$$

где q — ускорение свободного падения (9,8 м/с^2);

α — угол подъёма винтовой линии шнека (для существующих буровых станков α = 10÷12 град.);

f_1 и f_2 — коэффициенты трения пород соответственно о спираль (сталь) шнека и о стенку скважины (породу): f_1 = 0,6 и f_2 = 0,9;

β — угол наклона скважины к вертикали, град.;

$D_{\text{с}}$ — диаметр скважины, м: $D_{\text{с}}$=$D_{\text{д}}K_{\text{раз}}$; $K_{\text{раз}}$ = 1,02÷1,06 (Приложение 16);

P — параметр, учитывающий давление струи воздуха при шнеко-воздушной очистке:

$$P = \frac{0{,}4\gamma_{\text{в}} v_{\text{с}}^{2}}{\gamma_{\text{п}} q d_r},$$

где $\gamma_{\text{в}}$ — плотность воздуха (1,3 кг/м^3);

$\gamma_{\text{п}}$ — плотность породы, кг/м^3;

d_r — максимальный диаметр частиц бурового шлама, м (при бурении режущим инструментом d_r = 0,01÷0,02 м);

v_c — скорость струи воздуха, м/с:

$$v_c = \frac{Q_{\text{в}}}{0{,}8 D_{\text{с}} (D_{\text{с}} - d_{mp})},$$

где $Q_{\text{в}}$ — расход воздуха для очистки скважины, м^3/с (согласно [11], оптимальное значение $Q_{\text{в}}$ рекомендуется равным 0,083 м^3/с);

d_{mp} — диаметр вала шнека (м) принять для СБР-125 d_{mp} = 0,065, для СБР-160 d_{mp} = 0,07, для СБР-200, СБШК-200, СБШ-200 d_{mp} = 0,09.

9.2. Ориентируясь на Приложение 5, принять расчетную скорость вращения бурового става (n_p) такую, чтоб соблюдалось условие $n_p > n_{min}$. Затем перейти к п. 10.

Если принят воздушный способ очистки скважины, то:

9.3. Ориентируясь на Приложение 5, принять расчетную скорость вращения бурового става (n_p) и перейти к п. 10.

10. Рассчитать техническую (с учетом вспомогательных операций) скорость бурения и механическую скорость бурения, которая учитывает время, затрачиваемое на выполнение основных операций бурения — разрушения забоя скважины и извлечения буровой мелочи, т. е. на углубление скважины.

Для определения технической скорости $v_{\text{т}}$ вращательного бурения академиком В. В. Ржевским предложена ([2]) формула, м/ч:

$$v_{\text{т}} = \frac{7{,}5 \cdot 10^{-2} P_{\text{р}} n_{\text{р}}}{\Pi_{\text{б}}^{2} d_{\text{д}}^{2}}, \qquad (1.5)$$

где $n_{\text{р}}$ — скорость вращения бурового става, с$^{-1}$; $P_{\text{р}}$ — в кН; $d_{\text{д}}$ — в м.

Тогда механическая скорость бурения определится так, м/ч:

$$v_{\text{м}}^{\text{ч}} = K \cdot v_{\text{т}} \cdot k_{\text{о}}, \qquad (1.6)$$

или, м/с

$$v_{\text{м}} = v_{\text{м}}^{\text{ч}} / 3600, \qquad (1.6')$$

где K — коэффициент перехода от технической к механической скорости, учитывающий исключение при оценке механической скорости затрат времени на вспомогательные операции (Приложение 7);

k_o — коэффициент, учитывающий способ очистки скважины от буровой мелочи (по данным профессора Катанова Б. А. [11], значение этого коэффициента в зависимости от условий бурения составляет: при шнековой очистке скважины 1,0; при воздушной 1,1—1,2; при шнеко-воздушной 1,4—1,6).

11. Определить и проверить условия эффективной очистки скважин от буровой мелочи.

Система очистки скважины от буровой мелочи из скважины должна иметь производительность, обеспечивающую своевременное удаление буровой мелочи, образующейся при бурении.

11.1. Применительно к шнековой и шнеко-воздушной системам очистки должно выполняться условие:

$$Q_{\text{ш}} \geq Q_{\text{б.м.}}, \tag{1.7}$$

где $Q_{\text{ш}}$ — производительность бурового шнека, м^3/с;

$Q_{\text{б.м.}}$ — объём буровой мелочи, образующейся при бурении, м^3/с.

Производительность бурового шнека является функцией от следующих факторов:

$$Q_{\text{ш}} = f\,(D_{\text{с}}, d_{\text{тр}}, S, v_{\text{ср.в}}, \psi), \tag{1.7′}$$

где $D_{\text{с}}$ и $d_{тр}$ — соответственно диаметр скважины и диаметр вала шнека, м (п. 9.1);

$v_{\text{ср.в}}$ — средняя расчётная скорость транспортирования буровой мелочи из скважины в процессе бурения, м/с;

S — шаг спирали шнека, м ($S = 0{,}8D_{\text{с}}$);

ψ — коэффициент заполнения шнека (ψ = 0,25÷0,3).

Объём буровой мелочи, образующейся при бурении, является функцией от следующих факторов:

$$Q_{\text{б.м.}} = f(D_{\text{С}}, k_{\text{р}}, v_{\text{м}}), \tag{1.7″}$$

где $k_{\text{р}}$ — коэффициент разрыхления породы ($k_{\text{р}}$ = 1,05÷1,15).

При подстановке в условие (1.7) конкретных выражений функций (1.7′) и (1.7″) получена формула для расчета максимальной механической скорости бурения ($v_{\text{м. max}}$, м/с), при которой будет соблюдаться условие (1.7):

$$v_{\text{м..max}} = \frac{(D_{\text{С}}^2 - d_{\text{тр}}^2)\Psi \sin\alpha}{2D_{\text{С}}k_{\text{р}}} \cdot \left[\pi n_{\text{р}}(2-\sin\alpha) - \sqrt{\frac{2q}{D_{\text{С}}f_2}((\sin\alpha + f_1)\cos\beta - P) + (\pi n_p f_1 \sin\alpha)^2}\right]. \tag{1.8}$$

Если $v_{\text{м}} > v_{\text{м.max}}$, надо, учитывая техническую характеристику выбранного бурового станка и формул (1.5) и (1.6), подобрать такие значения параметров $P_{\text{р}}$

и $n_р$, при которых рассчитанное по формуле (1.8) значение $v_{м.max}$ будет больше или равно $v_м$.

Полученные при этом новые значения $v_т$, $v_м$, $P_р$ и $n_р$ и будут принятыми параметрами режима бурения. Затем переходим к п. 12.

11.2. Применительно к воздушному способу очистки скважины эффективность очистки от буровой мелочи определяется расходом воздуха для выноса частиц шлама по кольцевому зазору затрубного пространства.

Требуемый расход воздуха рассчитывают, исходя из скорости витания наиболее крупной частицы, по формуле, м^3/с:

$$Q_в = v_в \frac{\pi}{4}(D_с^2 - d_{тр}^2), \tag{1.9}$$

где $v_в$ — полная скорость восходящего потока в затрубном пространстве, м/с:

$$v_в = 8 + v_{кр}, \tag{1.10}$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость восходящего потока, обеспечивающая невесомость расчётной частицы буровой мелочи, м/с:

$$v_{кр} = 3\sqrt{d_r \frac{\gamma_п}{\gamma_в}}. \tag{1.11}$$

Требуемый расход воздуха (требуемая производительность компрессора) с учетом утечек по трещинам в обуриваемом массиве составит, м^3/с:

$$Q_{в.тр} = Q_в K_{п.в}, \tag{1.12}$$

где $K_{п.в}$ — коэффициент, учитывающий потери воздуха в обуриваемом массиве.

Категория пород по трещиноватости	I	II	III	IV	V
$K_{п.в}$	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2

Полученное значение $Q_{в.тр}$ сравнить с производительностью штатных компрессоров 6ВКМ-25В (Q = 25 м^3/мин) и 7ВВ32/7 (Q = 32 м^3/мин), выбрать один из них и рассчитать обеспеченность станка воздухом для очистки скважины: $K_Q = Q / Q_{к.тр}$.

12. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{см} = v_т T_{см} k_н k_β k_т k_{ис} k_{ос}, \tag{1.13}$$

где $k_н$ — коэффициент, учитывающий глубину скважин $l_с = h_y + l_{пер}$ (Приложение 8);

$l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_с$; где $K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20);

k_β — коэффициент, учитывающий угол наклона скважин к горизонту ($\beta_г$); $k_\beta = 0{,}95$, если $\beta_г \neq 90°$ и $k_\beta = 1$, если $\beta_г = 90°$;

$k_т$ — коэффициент, учитывающий трещиноватость пород; для пород I категории трещиноватости $k_т = 0{,}90 \div 0{,}95$, в остальных случаях $k_т = 1$;

$T_{см}$ — продолжительность рабочей смены бурового станка, ч;

$k_{ис}$ — коэффициент использования рабочего времени бурового станка $k_{ис} = 0{,}85 \div 0{,}90$);

$k_{ос}$ — коэффициент, учитывающий способ очистки скважин (при шнековой очистке $k_{ос} = 1$; при шнеко-воздушной $k_{ос} = 1{,}2 \div 1{,}3$; при воздушной $k_{ос} = 1{,}15 \div 1{,}25$).

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см}, \tag{1.14}$$

где $n_{см}$ — количество рабочих смен станка в сутки;

в) годовую, м/год

$$A_{год} = k_t A_{см} n_г, \tag{1.15}$$

где k_t — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три, но не более 5 лет;

$n_г$ — количество рабочих смен станка в году (Приложение 10); режим работы карьера принять самостоятельно.

13. Определить парк буровых станков.

а) списочный парк, шт.

$$N_{сп} = \frac{v_{год}}{v_{г.м} A_{год}}, \tag{1.16}$$

где $v_{год}$ — годовой объем обуриваемой (взрываемой) горной массы, м^3;

$v_{г.м}$ — выход горной массы с 1 м скважины, м^3/м (Приложение 12).

б) рабочий парк, шт.

$$N_{раб} = \frac{N_{сп}}{K_р}, \tag{1.17}$$

где $K_р$ — коэффициент резерва буровых станков:

$$K_р = \frac{n_{г.к}}{n_б},$$

где $n_{г.к}$ — календарное количество рабочих смен карьера:

$$n_{г.к} = (N_{к.д} - N_{в.д}) n_{см},$$

где $N_{к.д}$ — календарное число дней в году;

$N_{в.д}$ — количество выходных и праздничных дней в году (рассчитать в соответствии с принятым режимом работы карьера).

14. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от режимных параметров ($P_р$ или $n_р$ согласно заданию). Для этого вычислить производительность для пяти значений аргумента ($P_р$ или $n_в$), используя формулы (1.7), (1.13). По результатам вычислений построить график.

15. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим вращательного бурения?
2. Какими условиями определяется минимально допустимая и максимальная величина скорости вращения бурового става?
3. От каких факторов зависит величина эффективного осевого усилия?
4. Какими условиями определяется минимально допустимая и максимальная величина осевого усилия?
5. От каких факторов зависит сменная производительность бурового станка?
6. Перечислить вспомогательные операции при бурении. От чего зависит продолжительность этих операций?
7. В каких пределах изменяется рекомендуемая скорость вращения шнека?
8. В каких пределах изменяется техническая скорость вращательного бурения?
9. В каких пределах изменяется производительность вращательного бурения?
10. Перечислить модели станков вращательного бурения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчёта параметров режима шарошечного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчёта и выбора режимов шарошечного бурения.
2. Выполнить расчёт параметров режима бурения, производительности и парка станков.
3. Исследовать зависимости производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу: [2, с. 55—57], [3, с. 69—71, 76—79], [4, с. 31—52], [6, с. 94—110], [8, с. 62—106], [9, с. 46—53].

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 2).
2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива: f, $\sigma_{сд}$, МПа (см. п.п. 2 и 3 практической работы № 1).
3. Рассчитать показатель буримости.
4. На основе исходных данных к работе выбрать модель бурового станка, долота и способ очистки скважины (Приложения 11, 13, 14). *Обосновать принятое решение.* Дать характеристику долота.
5. Рассчитать величину осевого усилия.

а) рациональную, кН

$$P_0 = 10^{-2} K П_б d_д, \qquad (2.1)$$

где $d_д$ — диаметр долота в мм;

K — коэффициент, учитывающий диаметр долота; K = 6÷8, большему значению диаметра долота соответствует больше значение K;

б) максимально допустимую по прочности долота, кН

$$P_{max} = 10^{-4} \cdot 55 \cdot d_д^2. \qquad (2.2)$$

С учетом технической характеристики бурового станка и рекомендации в Приложении 15 принять расчетное значение осевого усилия ($P_р$). При этом необходимо соблюдать условие:

$$P_р < P_{max} \text{ и } P_р \le P_{ном}, \qquad (2.3)$$

где $P_{ном}$ — осевое усилие, развиваемое станком согласно технической характеристике.

6. С учетом прочности пород и величины расчётного осевого усилия по Приложениям 13 и 15 принять расчётную скорость вращения долота ($n_р$).

7. Рассчитать механическую скорость бурения, м/с:

$$V_p = 5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{P_p n_p}{П_б d_Д^2}, \tag{2.4}$$

или, м/ч

$$V_{р.ч.} = 1{,}8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{P_p n_p}{П_б d_Д^2}, \tag{2.4′}$$

где $P_р$ — в кН; $n_р$ — в $с^{-1}$; $d_д$ — в м.

8. Определить расход воздуха для очистки скважины:

а) исходя из требуемой кинетической энергии для подъема частиц буровой мелочи с максимально возможными размерами, $м^3/с$

$$Q_в = v_в \cdot \frac{\pi}{4}\left(D_с^{\,2} - d_{тр}^{\,2}\right), \tag{2.5}$$

где $v_в$ — полная скорость восходящего потока в затрубном пространстве, м/с;

$D_с$ и $d_{тр}$ — диаметр соответственно скважины и буровой трубы, м;

$$D_с = d_д \cdot K_{раз},$$

где $K_{раз}$ — коэффициент разбуривания (Приложение 16); величину $d_{тр}$ принять из Приложения 17;

$$v_в = 8 + v_{кр} \text{ м/с}, \tag{2.6}$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость восходящего потока, обеспечивающая невесомость расчётной частицы буровой мелочи, м/с:

$$v_{кр} = 3 \cdot \sqrt{d_r \frac{\gamma_r}{\gamma_в}}, \tag{2.7}$$

где d_r — максимальный диаметр частиц бурового шлама, м (принять равным 0,005—0,01 м);

$\gamma_г$ — плотность частиц породы буровой мелочи, $кг/м^3$;

$\gamma_в$ — плотность воздуха в нормальных условиях, $кг/м^3$ ($\gamma_в = 1{,}3$ $кг/м^3$).

б) исходя из эффективной весовой пропорции смеси буровой мелочи в воздушном потоке, которая согласно экспериментальным исследованиям составляет не более 3[1].

[1] Для современных отечественных буровых станков фактическое значение этой величины достигает 6.

Величина весовой пропорции определяется так:

$$\mu = \frac{Q_{\text{п}}\gamma_r}{Q_{\text{в}}\gamma_{\text{в}}},$$

где $Q_{\text{п}}$ — интенсивность образования буровой мелочи, м^3/с.

Тогда требуемый расход воздуха по данному условию определится так:

$$Q_{\text{в}} = \frac{0{,}75 D_{\text{с}}^2 V_{\text{р}} \gamma_r}{3\gamma_{\text{в}}}. \qquad (2.8)$$

Из двух полученных значений $Q_{\text{В}}$ в пунктах а) и б) принимается большее и определяется требуемый расход воздуха (требуемая производительность компрессора) с учетом утечек по трещинам в обуриваемом массиве:

$$Q_{\text{в.тр}} = Q_{\text{в}} K_{\text{п.в}} \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (2.9)$$

где $K_{\text{п.в}}$ — коэффициент, учитывающий потери воздуха в обуриваемом массиве.

Категория пород по трещиноватости	I	II	III	IV	V
$K_{\text{п.в}}$	3,0	2,5	2,0	1,5	1,2

Полученное значение $Q_{\text{в.тр}}$ сравнить с производительностью штатных компрессоров 6ВКМ-25В (Q = 25 м^3/мин.) и 7ВВ32/7 (Q = 32 м^3/мин.), выбрать один из них и рассчитать обеспеченность станка воздухом для очистки скважины:

$$K_Q = Q/Q_{\text{к.тр}}.$$

9. Определить расход воды, если предусмотрена воздушно-водяная очистка скважин

$$Q_{\text{вод}} = 0{,}785\, D_{\text{с}}^2 \gamma_r \frac{W_{\text{м}} - W_{\text{е}}}{100} \text{ л/м}, \qquad (2.10)$$

где $D_{\text{с}}$ — диаметр скважины, м;

$W_{\text{е}}$ — естественная влажность пород, % (0,1—2,4);

$W_{\text{м}}$ — необходимая влажность бурового шлама, % (45—60);

$\gamma_{\text{г}}$ — в кг/м^3.

10. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{\text{см}} = \frac{3600 T_{\text{см}}}{\frac{1}{v_p} + t_{\text{вс}}} k_\beta k_{\text{Т}} k_{\text{в}} k_{\text{н}} k_{\text{ис}}, \qquad (2.11)$$

где $t_{вс}$ — продолжительность вспомогательных операций бурения в расчете на 1 м скважины, с (при f = 8÷16 $t_{вс}$ = 75÷100 с; при f = 17÷20 $t_{вс}$ = 90÷120 с);

$T_{см}$ — продолжительность смены, ч;

$k_{ис}$ — коэффициент использования времени смены (0,8—0,9);

$k_{в}$ — коэффициент, учитывающий обеспеченность станка воздухом. При $K_Q \geq 1$ $k_{в}$ =1; при $K_Q < 1$ $k_{в}$ = 0,97;

k_{β} и $k_{т}$ — коэффициенты, учитывающие соответственно угол наклона скважины и трещиноватость пород (см. с. 9, п.12);

$k_{н}$ — коэффициент, учитывающий глубину скважин $l_{с} = h_{у} + l_{пер}$,

где $l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_{с}$;

$K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20).

Коэффициент $k_{н}$ учитывает ухудшение условий очистки скважин, износ долота и повышение прочностных свойств пород и энергоемкости бурения. Его следует определять для конкретного карьера индивидуально с учетом конструкции станков и их технического состояния. Для учебных целей значение этого коэффициента можно принять следующим образом:

$l_{с}$, м	< 5	5—10	11—15	16—20
$k_{н}$	1,0	0,85	0,80	0,75

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см}; \qquad (2.12)$$

в) годовую, м/год

$$A_{год} = A_{см} n_{г} k_{t}, \qquad (2.13)$$

где $n_{г}$ — количество рабочих смен в году (Приложение 10);

k_{t} — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три, но не более 5 лет.

11. Определить парк буровых станков согласно алгоритму, приведенному в пункте 13 практической работы № 1.

12. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от режимных параметров ($P_{р}$ или $n_{р}$ согласно заданию), используя формулы (2.1), (2.2), (2.3), (2.4) и (2.10), и построить график зависимости.

13. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим шарошечного бурения?
2. Чем определяется максимально допустимая величина осевого усилия при шарошечном бурении?
3. Объясните процесс поверхностного разрушения забоя скважины.
4. Объясните процесс объёмного разрушения забоя скважины.
5. Какими факторами определяется скорость шарошечного бурения?
6. Какими факторами определяется требуемая скорость потока воздуха для очистки скважины?
7. От каких факторов зависит требуемый расход воздуха для очистки скважины?
8. В каких пределах изменяется расход воздуха для очистки скважины?
9. В каких пределах изменяется величина осевого усилия при шарошечном бурении?
10. В каких пределах изменяется частота вращения бурового става при шарошечном бурении?
11. Какие шарошечные станки рассчитаны на применение водно-воздушной очистки скважин?
12. Перечислите модели станков шарошечного бурения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТАНКОВ УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ

(2 часа аудиторных занятий и 2 часа самостоятельных занятий)

Цель работы

Освоить методику расчёта параметров режима ударно-вращательного бурения.

Задачи работы

1. Изучить методику расчёта и выбора параметров режима ударно-вращательного бурения.
2. Выполнить расчёт параметров режима бурения, производительности и парка станков.
3. Исследовать зависимости производительности бурового станка от параметров режима бурения.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо изучить соответствующий материал лекций и литературу: [2, с. 62—65], [3, с. 71—72], [4, с. 52—60], [6, с. 85—94].

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с исходными данными к работе (Приложение 3).
2. Определить прочностные характеристики пород обуриваемого массива (см. п.п. 2 и 3 лаб. работы № 1).
3. Рассчитать показатель буримости.
4. На основе исходных данных к работе выбрать модель бурового станка, пневмоударника и долота (Приложения 18, 19). *Обосновать принятое решение.*
5. Рассчитать глубину погружения лезвия долота при единичном ударе (h), м:

$$h = \sqrt{\frac{2w}{z d_д \sigma_{мб} (\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} + \mu_1) k_3}}, \qquad (3.1)$$

где w — энергия удара пневмоударника, Дж;

z — коэффициент, учитывающий форму коронки долота, $z = 2$ — для долотчатой (зубильного типа) коронки, $z = 4$ — для крестовой и штыревой коронки, $z = 3$ — для трёхперой коронки);

$d_д$ — диаметр долота, м;

$\sigma_{мб}$ — приведённый предел прочности породы, Па:

$$\sigma_{мб} = 0{,}5(\sigma_{сж} + \sigma_{ск}),$$

где $\sigma_{ск}$ — предел прочности пород на скалывание ($\sigma_{ск} = \sigma_{сд}$), Па;

α — угол заострения лезвия долота (при $f < 10$ $\alpha = 90 \div 100°$, при f от 10 до 15 $\alpha = 101 \div 110°$ и при $f > 15$ $\alpha = 111 \div 120°$);

μ_1 — коэффициент трения стали коронки долота о породу (μ_1 от 0,5 при воздушно-водяной продувке до 1 при сухой продувке);

k_3 — коэффициент, учитывающий затупление лезвия коронки (k_3 = 1,2÷1,3).

6. Рассчитать минимально необходимое для разрушения забоя скважины число ударов за один оборот долота ($n_о$), уд./об.:

$$n_о = \frac{\pi d_д \sigma_{ск}}{2zh\sigma_{мб}}, \quad (3.2)$$

где $d_д$ — в м.

7. Рассчитать максимально допустимую частоту вращения долота ($n_в$), мин$^{-1}$:

$$n_в = \frac{60 n_у}{n_o}, \quad (3.3)$$

где $n_у$ — частота ударов пневмоударника, с$^{-1}$.

8. С учетом технической характеристики станка принять за расчётную ($n_р$) такую частоту вращения, которая бы отвечала условию

$$n_р \le n_в . \quad (3.4)$$

9. Определить теоретическую (механическую) скорость бурения ($v_б$), м/мин:

$$v_м = n_р \cdot h \quad (3.5)$$

10. Определить скорость бурения с учетом глубины скважины ($v_р$), м/мин:

$$v_р = v_м (1 - k \cdot l_с), \quad (3.6)$$

где k = 0,0034;

$$l_с = h_у + l_{пер},$$

где $l_{пер}$ — длина перебура скважины; $l_{пер} = K_{пер} D_с$; $K_{пер}$ — коэффициент (Приложение 20); $h_у$ — высота уступа.

11. Определить расход воздуха для очистки скважины по алгоритму, приведённому в пункте 8 практической работы № 2. Средний диаметр частиц бурового шлама ($d_ч$) принять равным 0,01 м, диаметр буровой штанги — по Приложению 18.

12. Определить расход воды на 1 м скважины (q), если предусмотрена воздушно-водяная очистка скважин, л/м

$$q = \frac{1000}{v_p} q_0 , \tag{3.7}$$

где q_o — удельный расход воды, л/мин, (q_o изменяется от 0,1 л/мин при диаметре скважины 100 мм до 0,25 л/мин при диаметре скважины 200 мм);

v_p — в мм/мин.

13. Рассчитать производительность бурового станка:

а) сменную, м/смену

$$A_{см} = 60 T_{см} v_p k_\beta k_т k_{ис}^{б} , \tag{3.8}$$

где $k_{ис}^{б}$ — коэффициент использования времени смены станка на чистом бурении ($k_{ис}^{б}$ = 0,5÷0,7; нижний предел для пород с f = 12÷14, верхний предел — с f = 18÷20);

$T_{см}$ — продолжительность смены, ч;

k_β $k_т$ — коэффициенты см. с. 9, п.12,

б) суточную, м/сутки

$$A_{сут} = A_{см} n_{см} ; \tag{3.9}$$

в) годовую, м/год

$$A_{год} = A_{см} n_г k_t , \tag{3.10}$$

где $n_г$ — количество рабочих смен станка в году (прил. 10; режим работы карьера принять самостоятельно);

k_t — коэффициент, учитывающий срок службы станка (Приложение 9); срок службы принять равным номеру варианта, деленному на три.

14. Определить парк буровых станков согласно алгоритму, приведённому в п. 13 практической работы № 1.

15. Исследовать зависимость сменной производительности бурового станка от определяющих режимных параметров (w и $n_р$ согласно заданию), используя формулы (3.1), (3.5), (3.8), и построить график зависимости.

16. Дать письменный ответ на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется режим ударно-вращательного бурения?

2. Какими факторами определяется скорость ударно-вращательного бурения?

3. В каких пределах изменяется скорость ударно-вращательного бурения?

4. В каких пределах изменяется величина осевого усилия при ударно-вращательном бурении?

5. В каких пределах изменяется энергия удара у пневмоударников?

6. В каких пределах изменяется частота ударов пневмоударника?

7. В каких пределах изменяется производительность ударно-вращательного бурения?

8. Перечислите модели станков ударно-вращательного бурения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ РЕЖИМОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУРОВЫХ СТАНКОВ

(2 часа аудиторных)

Цель работы

Сформировать системное представление об определении режимов и производительности буровых станков; закрепить навыки работы с компьютерами.

Задачи работы

1. На базе раннее выполненных работ изучить общий алгоритм расчета и выбора параметров режима бурения, производительности и парка карьерных буровых станков.

2. Изучить компьютерную программу автоматизированного расчета параметров режима бурения и производительности буровых станков.

3. Выполнить автоматизированный расчет параметров режима бурения производительности и парка буровых станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения по исходным данных в практических работах № 1, 2, 3.

4. Выполнить сравнительный анализ результатов ручного и автоматизированного расчетов. Дать объяснение выявленным расхождениям.

Примечание: для подготовки к выполнению работы необходимо повторить материал по ранее выполненным практическим работам № 1, 2, 3 и ответы на контрольные вопросы в этих работах.

Порядок выполнения работы

1. Используя ниже приведенную инструкцию, и с помощью преподавателя познакомиться с работой программы автоматизированного расчета параметров буровых работ.

2. Используя исходные данные по предыдущим работам, выполнить автоматизированный расчет для станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения.

3. Результаты расчетов распечатать.

4. Составить сравнительную таблицу результатов ручного и автоматизированного расчетов.

Примечание: если обнаружатся расхождения в результатах автоматизированного и ручного расчетов, то найти причину расхождений и объяснить ее.

Инструкция по использованию программы автоматизированного расчета технологических параметров бурения на карьерах

Для выполнения данной работы необходимо загрузить Windows 95/98, перейти в каталог, который вам укажет преподаватель, и запустить программу *Lab1.exe, Lab2.exe* или *Lab3.exe* для выполнения первой, второй или третьей практической работы, соответственно.

На экране дисплея появится окно ввода данных. В нем указываются характеристики пород, характеристики бурового станка, различные коэффициенты, способ очистки скважины и другие параметры (например, выход горной массы с 1 м скважины, продолжительность смены и т. д.).

Все данные вводятся с клавиатуры в соответствующие им поля или выбираются из списка. Используя клавишу *Tab*, вы можете перемещаться по полям. Каждое поле имеет всплывающую подсказку, где написано, что нужно в нем указать. Наведите указатель мыши на поле и немного подождите. Вы увидите, что рядом с указателем появилась подсказка. Если вы не успели прочитать эту подсказку, то можете увидеть ее снизу в строке состояния.

В окне ввода данных есть особые типы полей.

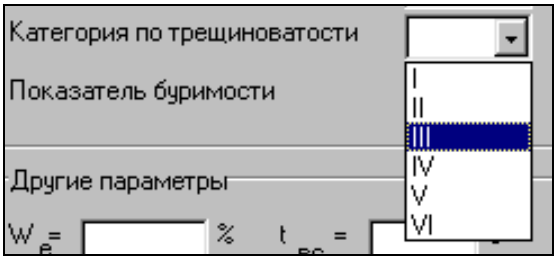


Рис. 4.1. Выпадающий список

1. Поля, имеющие выпадающий список (рис. 4.1). Чтобы посмотреть список или выбрать из него какое-либо значение, щелкните мышкой на кнопке со стрелкой, направленной вниз (она находится справа от поля).

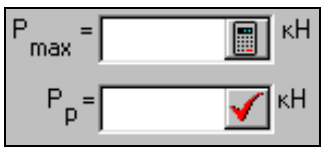


Рис. 4.2. Поля с функциональными кнопками

2. Поля, имеющие справа кнопку с изображением калькулятора (рис. 4.2). В такое поле программа записывает вычисленное значение параметра. Нажмите эту кнопку, и программа рассчитает соответствующее значение.

3. Поля, имеющие справа кнопку с изображением красной галочки (рис. 4.2). Нажмите эту кнопку, и программа вычислит оптимальное значение соответствующего параметра. После чего будет выведено окно, где вы можете отказаться от значения, полученного программой, нажав на кнопку «нет» в этом окне и введя свое значение в данное поле.

После того как вы ввели все необходимые данные, нажмите кнопку *«Вычислить»*. В появившемся окне вы увидите отчет с результатами, который можно распечатать нажатием кнопки с изображением принтера.

Если ваши расчеты на бумаге не совпадают с расчетами программы, то можно проверить применяемые формулы, нажав на кнопку *«Формулы»* или *«Проверка»*.

При выполнении работы обратите внимание, чтобы вводимые данные соответствовали указанной размерности и типу. При появлении ошибок обратитесь к преподавателю или попробуйте выйти из программы и запустить ее снова, но при этом будут утеряны все введенные вами данные.

Чтобы закрыть программу, нажмите комбинацию клавиш *Alt+F4* или кнопку с изображением крестика в правом верхнем углу окна ввода данных.

Контрольные вопросы

1. Изложите алгоритм расчета параметров вращательного бурения.
2. Изложите алгоритм расчета параметров шарошечного бурения.
3. Изложите алгоритм расчета параметров ударно-вращательного бурения.
4. Перечислите преимущества и недостатки вращательного бурения.
5. Перечислите преимущества и недостатки шарошечного бурения.
6. Перечислите преимущества и недостатки ударно-вращательного бурения.
7. Какая кнопка в окне ввода данных позволяет просмотреть рассчитанные параметры?
8. С помощью какой кнопки можно распечатать исходные данные и рассчитанные параметры?
9. Назовите условия эффективного применения станков вращательного, шарошечного и ударно-вращательного бурения.
10. Как посмотреть формулы, по которым программа производит расчет?
11. Как закрыть программу?
12. Что означает кнопка с изображением калькулятора?
13. Что означает кнопка с изображением красной галочки?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Хохряков В. С.* Проектирование карьеров: учебник для вузов. М.: Недра, 1992. 383 с.

2. *Ржевский В. В.* Открытые горные работы. Ч. 1. Производственные процессы: учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 509 с.

3. *Томаков П. И., Наумов И. К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ: учебник для вузов. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.

4. *Друкованый М. Ф., Кукиб Б. Н., Куц В. С.* Буровзрывные работы на карьерах. М.: Недра, 1990. 367 с.

5. *Корнилков С. В., Стенин Ю. В., Стариков А. Д.* Расчет параметров буровзрывных работ при скважинной отбойке на карьерах: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1997. 112 с.

6. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом. М.: Изд-во МГИ, 1992. 516 с.

7. *Кутузов Б. Н.* Разрушение горных пород взрывом (взрывные технологи и в промышленности): учебник для вузов. Ч. 2. М.: Недра, 1987. 254 с.

8. *Симкин Б. А., Кутузов Б. Н., Буткин В. Д.* Справочник по бурению на карьерах. М.: Недра, 1990. 224 с.

9. *Буровзрывные работы на угольных разрезах* / Репин Н. Я., Богатырев В. П., Буткин В. Д. и др. / Под ред. Н. Я. Репина. М.: Недра, 1987. 254 с.

10. *Репин Н. Я.* Подготовка и эксплуатация вскрышных пород угольных разрезов. М.: Недра, 1978. 256 с.

11. *Катанов Б. А., Сафохин М. С.* Инструмент для бурения взрывных скважин на карьерах. М.: Недра, 1989. 173 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Исходные данные к работе № 1

Расчет режимов и производительности станков вращательного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$), м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объем обриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Угол наклона скважины к вертикали, град.	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория трещиноватости					
1	15	1,3	II	III	7	1×8	0,5	0	$A_{см}= f(P_р)$
2	60	2,1	II	IV	12	2×8	5,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
3	60	2,5	III	IV	15	2×12	15,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
4	20	2,0	II	II	15	3×8	15,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
5	70	2,6	IV	IV	15	2×8	7,0	10	$A_{см}= f(n_р)$
6	70	2,5	V	III	10	2×8	10,0	10	$A_{см}= f(P_р)$
7	30	2,3	II	III	10	1×8	1,0	20	$A_{см}= f(P_р)$
8	80	2,6	V	IV	12	2×8	3,0	10	$A_{см}= f(P_р)$
9	20	1,8	II	III	15	2×8	10,0	20	$A_{см}= f(n_р)$
10	40	2,2	III	II	10	2×12	15,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
11	15	1,4	II	III	10	2×8	3,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
12	40	2,0	II	II	7	1×8	0,8	0	$A_{см}= f(n_р)$
13	40	1,9	IV	III	12	2×8	4,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
14	80	2,5	IV	III	15	2×8	5,0	15	$A_{см}= f(P_р)$
15	50	2,5	III	III	15	2×8	10,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
16	50	2,7	IV	IV	7	1×8	2,0	0	$A_{см}= f(P_р)$
17	30	2,0	II	III	10	2×8	15,0	25	$A_{см}= f(P_р)$
18	20	2,0	II	II	12	1×8	0,8	0	$A_{см}= f(P_р)$
19	70	2,5	IV	II	15	3×8	15,0	10	$A_{см}= f(n_р)$
20	20	1,8	II	III	10	1×8	3,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
21	15	1,3	II	III	12	2×8	4,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
22	40	2,0	III	II	12	2×8	8,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
23	60	2,5	IV	III	15	2×8	10,0	10	$A_{см}= f(n_р)$
24	80	2,7	III	IV	12	3×8	15,0	20	$A_{см}= f(P_р)$
25	40	2,0	III	III	7	1×8	2,0	0	$A_{см}= f(P_р)$
26	30	2,1	II	II	12	3×8	8,0	0	$A_{см}= f(P_р)$
27	70	2,3	IV	III	10	2×8	5,0	0	$A_{см}= f(P_р)$
28	50	2,3	II	II	15	1×8	5,0	0	$A_{см}= f(n_р)$
29	30	2,0	III	III	7	1×8	0,5	15	$A_{см}= f(n_р)$
30	80	2,5	IV	III	15	2×12	12,0	10	$A_{см}= f(n_р)$
31	80	2,4	III	III	12	2×8	10,0	15	$A_{см}= f(n_р)$
32	15	1,4	II	II	30	2×8	3,0	0	$A_{см}= f(P_р)$
34	20	1,9	II	IV	15	2×12	15,0	20	$A_{см}= f(P_р)$
35	50	2,4	IV	IV	12	2×8	6,0	10	$A_{см}= f(P_р)$

Приложение 2. Исходные данные к работе № 2

Расчет режимов и производительности станков шарошечного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$), м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объём обуриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория по трещиноватости				
1	80	2,5	II	III	12	2×8	4,0	$A_{см} = f(n_р)$
2	160	2,7	III	III	15	3×8	10,,	$A_{см} = f(n_р)$
3	100	2,7	III	II	10	1×8	2,5	$A_{см} = f(n_р)$
4	150	2,8	III	II	20	3×8	50,0	$A_{см} = f(n_р)$
5	120	2,6	III	III	10	2×8	6,0	$A_{см} = f(P_р)$
6	180	3,0	IV	IV	15	2×12	20,0	$A_{см} = f(P_р)$
7	120	3,2	VII	V	15	2×12	25,0	$A_{см} = f(P_р)$
8	130	2,4	II	IV	15	3×8	30,0	$A_{см} = f(P_р)$
9	90	2,4	II	III	12	2×8	15,0	$A_{см} = f(n_р)$
10	110	2,5	II	II	12	3×8	25,0	$A_{см} = f(P_р)$
11	140	2,5	III	III	20	2×12	35,0	$A_{см} = f(n_р)$
12	100	2,5	II	III	10	1×8	3,0	$A_{см} = f(n_р)$
13	80	2,4	II	II	20	3×8	40,0	$A_{см} = f(n_р)$
14	80	2,3	III	III	10	1×8	7,0	$A_{см} = f(P_р)$
15	130	2,6	II	III	12	2×8	15,0	$A_{см} = f(P_р)$
16	90	2,4	II	II	15	2×12	25,0	$A_{см} = f(P_р)$
17	150	2,7	IV	IV	12	2×8	25,0	$A_{см} = f(P_р)$
18	170	2,7	VI	IV	12	2×8	30,0	$A_{см} = f(P_р)$
19	140	2,6	V	IV	10	1×8	8,0	$A_{см} = f(n_р)$
20	160	2,9	IV	V	10	2×8	15,0	$A_{см} = f(n_р)$
21	100	2,5	II	IV	15	3×8	20,0	$A_{см} = f(n_р)$
22	120	2,4	III	IV	20	2×8	35,0	$A_{см} = f(n_р)$
23	120	2,6	III	III	15	1×8	10,0	$A_{см} = f(P_р)$
24	160	2,6	IV	V	20	3×8	50,0	$A_{см} = f(P_р)$
25	150	2,5	III	III	20	1×8	20,0	$A_{см} = f(P_р)$
26	170	2,6	V	IV	12	2×8	20,0	$A_{см} = f(n_р)$
27	130	2,4	III	II	12	2×8	16,0	$A_{см} = f(P_р)$
28	100	2,4	II	III	15	3×8	30,0	$A_{см} = f(P_р)$
29	110	2,5	II	II	20	3×8	55,0	$A_{см} = f(P_р)$
30	90	2,3	II	III	10	2×8	15,0	$A_{см} = f(n_р)$
31	140	2,7	III	IV	12	2×8	17,0	$A_{см} = f(n_р)$
32	90	2,4	III	III	15	2×8	15,0	$A_{см} = f(P_р)$
33	120	2,6	IV	IV	15	2×8	12,0	$A_{см} = f(P_р)$
34	150	2,5	IV	V	12	3×8	24,0	$A_{см} = f(P_р)$
35	100	2,5	III	II	10	2×8	15,0	$A_{см} = f(n_р)$

Приложение 3. Исходные данные к работе № 3

Расчёт режимов и производительности станков ударно-вращательного бурения

Вариант	Характеристика горных пород				Высота уступа ($h_у$) , м	Суточный режим работы бурового станка	Годовой объём обуриваемой горной массы ($V_{год}$), млн м^3	Исследуемая зависимость
	предел прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$), МПа	плотность ($\gamma_п$), т/м^3	класс абразивности	категория по трещиноватости				
1	150	2,7	III	II	10	2×8	0,8	$A_{см} = f(w)$
2	200	3,2	V	III	10	2×8	1,5	$A_{см} = f(w)$
3	170	2,5	III	IV	12	2×8	2,0	$A_{см} = f(n_р)$
4	160	2,6	IV	III	15	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
5	150	2,6	IV	III	10	1×8	0,6	$A_{см} = f(n_р)$
6	180	2,8	VI	IV	12	2×8	2,5	$A_{см} = f(n_р)$
7	200	2,9	VII	V	12	3×8	3,0	$A_{см} = f(n_р)$
8	140	2,4	III	III	12	2×8	2,7	$A_{см} = f(w)$
9	180	3,0	III	IV	15	3×8	2,7	$A_{см} = f(w)$
10	170	2,8	III	III	10	1×8	1,0	$A_{см} = f(n_р)$
11	160	2,8	IV	IV	15	3×8	3,2	$A_{см} = f(w)$
12	200	3,4	VI	IV	12	2×8	3,5	$A_{см} = f(w)$
13	150	2,7	IV	IV	10	2×8	2,6	$A_{см} = f(w)$
14	170	2,6	III	III	10	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
15	160	2,5	III	III	10	3×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
16	160	2,8	III	II	15	2×8	2,5	$A_{см} = f(n_р)$
17	140	2,4	II	III	15	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
18	180	2,6	III	IV	12	1×8	1,2	$A_{см} = f(n_р)$
19	180	2,6	IV	III	10	1×8	1,5	$A_{см} = f(n_р)$
20	150	2,5	IV	II	12	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
21	170	2,7	III	IV	15	2×8	1,8	$A_{см} = f(n_р)$
22	190	2,7	IV	IV	10	2×8	1,9	$A_{см} = f(w)$
23	150	2,6	IV	III	10	1×8	0,7	$A_{см} = f(w)$
24	170	2,4	III	III	12	1×8	0,9	$A_{см} = f(w)$
25	140	2,4	III	II	12	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
26	200	2,8	VII	V	15	3×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
27	200	2,9	VIII	V	10	3×8	3,0	$A_{см} = f(n_р)$
28	140	2,5	III	III	10	1×8	0,8	$A_{см} = f(n_р)$
29	200	3,0	V	IV	12	2×8	1,8	$A_{см} = f(w)$
30	130	2,6	II	III	15	2×8	2,4	$A_{см} = f(n_р)$
31	150	2,5	IV	II	10	2×8	2,6	$A_{см} = f(n_р)$
32	170	2,5	III	III	10	2×8	2,0	$A_{см} = f(w)$
33	160	2,7	III	IV	10	2×8	1,8	$A_{см} = f(w)$
34	180	2,6	IV	III	10	2×8	2,5	$A_{см} = f(w)$
35	180	2,6	IV	IV	10	1×8	0,6	$A_{см} = f(w)$

Приложение 4. Станки вращательного бурения

Показатель	Модель станка									
	СВБ-2М	1СБР-125	СБР-160А-124	СБР-160Б-32	2СБР-160-24	2СБР-125	СБР-200-24	СБШК-200	БТС-150	УРБ-2А-2
Номинальный диаметр скважины, мм	160	125	160; 200	160; 200	160	125	160 (шарош. долото); 200 (резцов. корон.)	190 (шарош. долото); 4 (резцов. корон.)	150	93
Глубина скважины, м	25	25	24	32	24	29	48	50	32	30
Угол наклона скважины к вертикали, град.	до 30	до 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	до 30	
Максимальное осевое усилие, кН	50	10	80	80	70	50	120	200	150	
Частота вращения бурового става, $мин^{-1}$	120; 220	220	102; 132; 198	102; 132; 198	42; 144; 126; 180	0—240	168	3—180	195	140; 225; 325
Способ очистки скважины	Шнековый			Шнековый, шнеко-воздушный			Шнековый, шнеко-воздушный, воздушный			

Примечания: 1. Станки СБР-125 предпочтительно применять в породах с коэффициентом крепости $f \le 4$ и при мощности карьера по горной массе меньше 3—5 млн $м^3$ в год, остальные модели станков применяются в более крепких породах.

2. При бурении скважин в уступах высотой 15 м и выше предпочтительно применение шнеко-воздушного или воздушного способа очистки скважин.

3. У станков БТС-150 в качестве шасси использован трактор Т-170, а у станков УРБ-2А-2 — трактор трелевочный ТТ-4-02

Приложение 5. Рекомендуемые значения частоты вращения инструмента при вращательном бурении

Характеристика пород	Частота вращения инструмента, $с^{-1}$
Неабразивные слабые породы с f = 2÷4 (уголь, суглинки, сланцы)	3,0—3,5
Крепкие малоабразивные с f = 5÷6 (известняки)	2,25—3,25
Крепкие абразивные монолитные с f = 5÷6 (песчаники)	2,0—2,5

Приложение 6. Условия применения режущих долот

Характеристика пород	1СБР-125	2СБР-125	СВБ-2М	СБР-160А-24; СБР-200; СБШК-200; СБШ-200	
	Способ удаления буровой мелочи				
	шнековый	шнековый, шнеко-воздушный	шнековый	шнековый, шнеко-воздушный	воздушный
Уголь и мягкие породы $f \le 4$	РП-120 ($d_д$ = 120 мм; 2-лучевое)		НПИ-2 ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое); РК-4М ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое)		
Породы $f \le 5$			2ЛШ-158,7МС ($d_д$ = 158,7 мм; 2-лучевое); ДЛ-160Ш ($d_д$ = 161 мм; 2-лучевые; съемные лопасти)		
Породы повышенной крепости $f \le 6$ с прослойками пород $f \le 8$			КБЛ-160Е; КБС-160У ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевые; съемные резцы);НПИ-6 ($d_д$ = 150; 160 мм; 3-лучевые; съемные резцы); 7РД-160Ш; 8РД-160Ш; 10РД-160Ш; ДР-160Ш ($d_д$ = 160 мм; 2-лучевое; съемные резцы)	ДРВ-160Ш ($d_д$ = 161 мм; вращающиеся лезвия)	1РД-215,9*; 1РД-190; 1РД-244,5 ($d_д$=215,9; 190; 244,5 мм; 4-лучевые) КБК-1 ($d_д$=190 мм; 3-лучевое) КБТ-1У ($d_д$=200 мм; 3-лучевое)
Конгломератные залежи слабоцементированные галечники и гравийно-галечные отложения		ДРВ-125ШВ ($d_д$ = 125 мм; вращающиеся резцы)			

* Все коронки со съемными резцами.

Приложение 7. Продолжительность основного и вспомогательного времени вращательного бурения, мин

Коэффициент крепости пород f (категория по ЦБНТ)	1—2 (III—IV)	3—4 (V—VI)	5—6 (VII—X)	7 (XI)	8 (XII—XIII)
Вспомогательное время бурения на 1 м скважин ($t_в$)	1,32	1,37	1,43	1,48	1,59
Основное время бурения на 1 м скважины ($t_о$)	0,50	0,75	1,75	3,40	4,50
$K= (t_в + t_о)/t_о$	3,64	2,83	1,82	1,48	1,35

Примечание: вспомогательное время бурения 1 м скважины в конкретных условиях зависит, в том числе, и от глубины скважины

Приложение 8. Коэффициенты снижения производительности шнековых буровых станков вращательного бурения в зависимости от высоты уступа (глубины скважины)

Крепость пород	Значения коэффициента при высоте уступа, м		
	< 5	5—10	> 10
до 2	1	0,91	0,75
2—6	1	0,94	0,80

Приложение 9. Коэффициент снижения производительности буровых станков в зависимости от срока службы

Срок службы, лет	0—3	4	5 и больше
Коэффициент снижения производительности, k_t	1,0	0,95	0,85

Приложение 10. Нормативное годовое количество рабочих смен буровых станков

Диаметр бурения, мм	Непрерывная рабочая неделя при работе (смен)		Прерывная рабочая неделя с одним выходным днем при работе (смен)		Прерывная рабочая неделя с двумя выходными днями при работе (смен)	
	2	3	2	3	2	3
Шнековое бурение						
125	555	815	470	700	390	575
160	690	770	455	655	370	545
Шарошечное бурение						
160, 200	505	705	430	600	350	495
250	500	695	425	595	350	490
320, 400	495	680	420	580	—	—
Ударно-вращательное бурение						
100, 125	545	795	465	680	385	560
160	540	790	465	675	—	555
200	500	700	425	600	—	495

Приложение 11. Технические характеристики станков шарошечного бурения

Таблица П.11.1

Отечественные буровые станки

Показатель	УСБШ-30/165/200-32	СБШС-250Н	СБШС-250/270-32	6СБШ-200-32	3СБШ-200-60
Изготовитель	НКМЗ			Бузулукский з-д	
Диаметр долота, мм	130; 165; 200	200; 250; 270	250; 270	200; 250	200; 250
Глубина скважины, м, не более	32	50	32	40	60
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 22,5; 30	0…30	0…30
Длина штанг / ход непрерывной подачи, м	н. д.	10,45	н. д.	8,06 / 1	12 / 1
Осевое усилие, кН, не более	200	350	400	300	300
Скорость подачи / подъема бурового снаряда, м/с	— / 0,31	— / 0,3	— / 0,25	0,033 / 0,5	0,033 / 0,5
Частота вращения долота, $с^{-1}$	до 2,67	до 2,5	2,5	до 2,5	до 2,5
Способ очистки скважин	воздушный			воздушный	
Подача компрессора, $м^3/с$	0,417	0,53	0,67	0,417	0,53
Установленная мощность электродвигателей, кВт	н. д.	506	н. д.	377	400
Напряжение питания, В	н. д.	6000; 380	н. д.	380	380; 6000
Скорость передвижения, км/ч	0,12; 0,95	1,7	1,04	0,75	1,0
Габариты, м	8,7×4,4×14,3	10,9×5,1× ×17,9	н.д.	12,1×4,9× ×13,8	12,1×5,4×17,32
Масса станка, т	43	68; 64	88	62	65

Окончание табл. П.11.1

Показатель	СБШ-160-48	СБШ-190/250-60	СБШ-250МНА-32	СБШ-250/270-60 (РД-10)	СБШ-2 70ИЗ
Изготовитель	ОАО «Рудгормаш»				Ижорский з-д
Диаметр долота, мм	160	190; 250	160; 215; 250; 270	244,5; 269,9	250; 270
Глубина скважины, м, не более	48	61,5	32	60	32
Направление бурения к вертикали, град.	0; 15; 30	0; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30
Длина штанг/ход непрерывной подачи, м	н. д.	н. д.	8/8	8;12;17,5/8;12;17,5	11/11
Осевое усилие, кН, не более	н. д.	н. д.	300	350	450
Скорость подачи/подъема бурового снаряда, м/с	н. д.	н. д.	0,017/0,12	н. д.	0,1/0,2
Частота вращения долота, $с^{-1}$	н. д.	н. д.	0,2-2,5	0,2-2,0	0-1,68
Способ очистки скважин	Воздушно-водяной		Воздушный, воздушно-водяной		Воздушный
Подача компрессора, $м^3/с$	н. д.	н. д.	0,417-0,53	0,53-0,67	0,67
Установленная мощность электродвигателей, кВт	н. д.	н. д.	400	н. д.	650
Напряжение питания, В	380	380	380; 6000	380; 6000	380
Скорость передвижения, км/ч	н. д.	н. д.	0,737	н. д.	1,6
Габариты, м	н. д.	н. д.	9,2×5,45×15,35	н. д.	19,0×6,4×19,3
Масса станка, т	45	75	71,5	90	136

Примечание: станки типа СБШ-200 предпочтительно применять в породах с коэффициентом крепости f = 6÷12 и при мощности карьера по горной массе меньше 3—5 млн $м^3$ в год. При мощности карьера более 5 млн $м^3$ в год предпочтительно применять станки типа СБШ-250, если f = 10÷14 и РД-10 и СБШ-220ИЗ, если f = =12÷16.

Таблица П.11.2

Станки фирмы Ingersoll – Rrand (США)

Модель станка	DM-45E	DM-50E	DM-L	DM-M2	DM-H
Диаметр скважины, мм	130—200	200—251	200—251	229—270	229—381
Глубина бурения, м	45,7	50,0	54,9	53,4	76,0
Угол наклона скважины, град.	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30	0, 5, 10, 15, 20, 30	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Осевое давление на забой, кН	204	227	272	340	497
Частота вращения, $мин^{-1}$	0—200	0—130	0—120	0—150	0—150
Крутящий момент, кНм	9,7	9,7	10,17	11,7	17,6
Производительность, млн т/год	2	2,5	3	4	5,5
Установленная мощность, кВт	118	118	118	130	373
Скорость передвижения, км/ч	3,1	3,1	3,1	2,2	1,12
Угол подъема с опущенной мачтой, град.	17	17	17	17	17
Давление на грунт, МПа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11
Масса, т	31,8	34,7	38,6	56,7	111,1
Длина буровых штанг, м	7,62; 9,14	7,62; 9,14	9,14	10,7	9,14; 13,7; 16,8; 19,8
Количество штанг в кассете	5	3, 4	5	2, 4	1, 2, 3, 4
Ширина станка, м	3,96	3,96	4,6 / 3,8	5,0 / 4,6	7,1
Длина с опущенной мачтой, м	12,5	12,5	12,7	15,5	21,0
Высота с поднятой мачтой, м	13,3	13,3	13,0	17,1	21,5

Таблица П.11.3

Станки фирмы Bucyrus-Erie (США)

Модель станка	34R	35R11	36R	37R	45R	47R	49R11	59R	60R
Диаметр скважины, мм	155—229	155—229	200—279	299—311	279	311	311	273—444	381
Глубина бурения, м	7,62	7,62	9,14	10,67	16,76	16,76	18,29	18,29	15,54
Рабочая масса, т	36,29	38,56	47,63	68,04	108,0	113,0	140,5	183,67	148,5
Мощность привода вращения, кВт	н. д.	н. д.	190	190	37,3	82,0	102,0	153	91,0
Скорость вращения долота, $мин^{-1}$	134	134	135	135	123	123	130	120	121
Нагрузка на долото, кН	184	204,1	272,2	340,2	362	409	453,6	589,7	544
Скорость подачи, м/мин	38,1	38,1	32,0	25,91	4,7	4,7	7	62	8,07
Скорость подъема / опускания, м/мин	68,6	68,6	68,6	54,86	38,1	38,1	27,43	30,48	33,0
Производительность воздушного компрессора, $м^3$/мин	21,2	25,5	25,5	34,0	46,34	46,34	46,7	97,6	73,6
Максимальное давление, кПа	690	690	690	690	448	448	448	448	448
Скорость передвижения, км/ч	3,2	2,41	2,0	2,09	н. д.	н. д.	1,8	1,5	н. д.
Длина штанги, м	10,36	10,36	9,14	10,67	16,76	16,76	18,29	18,29	15,24
Угол наклона бурения, град.	90	90	90	90	60—90	60—90	60—90	60—90	60—90
Мощность двигателя, кВт	250*	298*	336*	455*	н. д.	н. д.	298	520	224
Высота станка, м	4,16	4,17	4,32	4,69	6,5	6,5	6,86	6,5	6,35
Ширина станка, м	3,81	3,81	4,27	4,27	6,25	6,25	7,12	6,0	6,2
Длина станка, м	11,43	11,43	14,53	16,36	24,31	24,31	31,4	34,2	25,83

* Дизельный привод

Таблица П.11.4

Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы Driltech концерна Tamrock

Параметры	Модель							
	D25KS	D40KS	D45KS	D50KS	D400SP	D60KS*	D75KS	D90KS
Диаметр бурения, мм	130—203	152—203	152—229	152—229	152—254	229—279	229—279	229—311
Глубина бурения, м: – одной штангой – максимальная	8,67; 9,38 64	8,67; 9,4; 11,2 53,4	8,67; 9,4; 11,2 53,4	7,6; 8,7 64	12,2; 15,2; 18,3 19,8	10,2; 11,2 53,3	10,2; 11,2 53,3	11,8; 12,7; 19,8 85
Осевое усилие, кН	126	182	204	227	182	272	343	499
Мощность вращателя, кВт	82	82	134,3	134,3	109	142	142	171,6
Крутящий момент на долоте, кН·м	8,2	6,8	9,8	9,8	6,8	14,1	14,1	16,9
Скорость подъема бурового става, м/с	1,1	0,7	0,83	0,83	0,61	0,63	0,63	0,6
Мощность главного привода, кВт	320	320,8	320,8	320,8	320,8	410	477	477
Подача компрессора, $м^3$/мин	19,8	21—28,3	26—37	26—45	26—45	37—45	37—57	45—73,6
Скорость хода, км/ч	2,9	2,9	3,2	3,5	2	2,4	2,4	1,27
Масса станка, т	28,2	47	47,8	43,6	52	59	63,6	120,3

Таблица П.11.5

Техническая характеристика буровых станков вращательного бурения фирмы «P&P» (США)

Параметры	Модель		
	P&P 250XP	P&P 100XP	P&P 120A
Диаметр бурения, мм	273—349	до 349	251—559
Глубина бурения, м – одной штангой – максимальная	 12 73	 19,8 59,4	 15,2; 16,8; 19,8 39,6
Наклонное бурение, град.	0—20 (30)	0—20	–
Осевое усилие максимальное, кН	476	495	680
Мощность вращателя, кВт	200	208	120 / 200
Скорость вращения, $мин^{-1}$	0—200	0—125	119 (138)
Крутящий момент, кН·м	до 16,2	до 16,2	до 17,2
Скорость подъема, м/с	0—38	0—38	0—24,4
Тип главного привода	Д	Э	Э
Мощность главного привода, кВт	735	522	1000
Подача компрессора, $м^3$/мин	71—83	до 85	85—102
Давление, МПа	0,448	0,551	0,387
Скорость хода, км/ч	3,05	1,3	1,6
Габаритные размеры, м: – общая ширина – длина, мачта опущена / поднята – высота, мачта опущена / поднята	 7 20,5 / 14,3 20,1 / 7,8	 7 25,7 / 13,5 30,3 / 9,9	 6,7 28,8 / 13,4 28,3 / 6,1
Рабочая масса станка, т	113,6	129,2	165,5

Таблица П.11.6

Техническая характеристика буровых станков для вращательного бурения скважин фирмы Bucyrus International

Параметры	Модель				
	35R*	39R	49RIII	59R	60/61R
Диапазон диаметров бурения, мм	до 270	до 311	до 406	до 444	до 381
Глубина бурения, м – одной штангой – максимальная	 7,6 36,4	 16,8 82,2	 21,3 85,2	 18,3 79,2	 19,8 45,7
Осевое усилие, кН	340	55	640	748	до 590
Мощность вращателя, кВт	59	73,2—82	153	153	91—182
Частота вращения, $мин^{-1}$	0—130	0—160	0—125	0—120	0—125
Крутящий момент на долоте, кН·м	9,5	16,8	16,8	20,7	15,6
Скорость подъема става, м/с	1,14	0,64	0,46	0,51	0,55
Главный привод	Д	Э	Э	Э	Э
Мощность главного привода, кВт	298	350	600	до 750	до 840
Компрессор: – подача, $м^3$/мин – давление, МПа	 38,2 0,223	 85,4 0,48	 85,4 0,48	 103,2 0,48	 85,4 0,4
Скорость хода, км/ч	3,2	3,2	1,1—1,8	0,9—1,5	1,7
Масса станка, т	54,4	122,5	154,2	183,7	155

*Модель имеет исполнение для работы с погружным пневмоударником.

Таблица П.11.7

Техническая характеристика станков вращательного бурения скважин фирмы Atlas Copco

Параметры	Модель						
	DM-30*	DM-45/50	DML*	DM-M2	DM-M3	PV271	PV351
Диаметры бурения, мм	130—171	127—171	152—270	251—270	251—311	200—270	270—410
Глубина бурения, м: – одной штангой – максимальная	 9,1 15,2	 9,1 55/45	 9,1; 10,7 55	 10,7 53, 3	 12,2 48,8	 6,8; 12,21 60	 19,8 55
Наклонное бурение, град.	0—20	0—30	0—30	0—30	0—30	–	–
Осевое усилие, кН	136	227	272	340	409	340	522
Мощность вращателя, кВт	113	108	120	130	160	145	160
Частота вращения, $мин^{-1}$	0—100	0—160	0—160	0—150	0—200	0—170	0—170
Крутящий момент на долоте, кН·м	7,3	7,3; 12,2	7,35; 12,2	11,8	13,8	6,44; 12	25,7; 14,2
Скорость подачи / подъема, м/мин	0—30 / 0—85	0—44 / 0—62	0—44 / 0—62	0—25 / 0—30	0—44 / 0—30	0—39 / 0—48	0—21 / 0—47
Тип привода	Д	Д	Д	Д/Э	Д/Э	Д	Д/Э
Мощность дизеля, л.с.	425; 525	425; 600	525; 760	760	850; 950	760	1000—1500
Компрессор: – подача, $м^3$/мин – давление, МПа	 25,5 0,76	 25,5; 34 0,76	 34; 53,8 0,76	 54; 73 0,76	 54 0,76	 54 0,76	 85—108 0,76
То же с ударником	25,5 2,4	30 2,4	34 2,4	–	–	–	–
Скорость хода, км/ч	0—4,0	0—3,2	0—2,7	0—1,9	0—1,8	0—1,8	0—1,8
Ходовая часть	CAT-D4	CAT 320L	CAT 320S	CAT 320E	CAT 350	CAT 345L	CAT 375L

* Модели могут оснащаться оборудованием для бурения погружным пневмоударником.

Приложение 12. Выход горной массы с 1 м скважины (ориентировочные показатели)

Диаметр скважины (DC), мм	110	160	200	250	320
Выход горной массы с 1 м скважины ($V_{г.м}$), м^3/м	12—35	18—35	25—40	35—50	50—80

Примечание: большей крепости пород соответствует меньшее значение показателя.

Приложение 13. Типы и условия применения шарошечных долот

Таблица П.13.1

Типы долот третьего поколения и область их применения

Тип	Породы	Вооружение долота
М	Мягкие	Фрезерованные зубья
МЗ	Мягкие абразивные	Вставные зубья
С	Средней твёрдости	Фрезерованные зубья
Т	Твёрдые	То же
ТЗ	Твёрдые абразивные	Вставные зубья
ТК	Твёрдые с пропластками крепких	Комбинация фрезерованных и вставных зубьев
К	Крепкие	Вставные зубья

Таблица П.13.2

Рациональные области применения долот второго поколения (по данным ВНИИБТ)

Долото	Горные породы	Коэффициент крепости пород, f	Диаметр долот, мм
С и СТ	Неабразивные породы ниже средней и средней твёрдости: плотные глины, гипс, алевролиты, соли, мергели, углистые и глинистые сланцы, рыхлые известняки и т. п.	6	190, 214
Т	Неабразивные и малоабразивные горные породы: амфиболовые сланцы, аргиллиты, песчанистые сланцы, твёрдые известняки, слабые доломиты, фосфатные руды, опоки и т. п.	6—8	145, 190, 214, 243
ТК	Малоабразивные твёрдые породы с пропластками крепких пород и руд: известняки с пропластками угля, малокристаллические известняки с пропластками доломитов и т. п.	8—10	190, 214, 243
ТЗ	Вязкие абразивные твёрдые горные породы: апатит-нефелиновые руды, доломитизированные известняки и плотные доломиты, разрушенные граниты, габбро и диориты, магнезиты	8—14	190, 214, 243
ТКЗ	Перемежающиеся абразивные твёрдые вязкие и крепкие хрупкие горные породы и руды: окварцованные доломитизированные известняки с прослойками рыхлого кварцита, кварцевые сланцы и т. п.	8—14	190, 214
ОК	Абразивные хрупкие крепкие и очень крепкие горные породы и руды: гранит, скарны, кварциты, диориты, джеспилиты, крепкие песчаники и т. п.	12	76, 97, 112, 145, 190, 214, 269, 320

Примечание: предпочтительно выбирать долота третьего поколения; стандартное значение их диаметра в Приложении 15

Приложение 14. Номенклатура выпускаемых шарошечных долот для горнорудной промышленности СССР

Марка долота	Схема опор	Изготовитель	Масса долота, кг
III76Т III760К	С-Ш-С С-Ш-С	Уралбурмаш	2
III98.40К III112КЦВ	Ш-Ш-Ш Ш-Ш-С	Уралбурмаш, Востокмашзавод	4
III146ТПВ III146КПВ III146ОКПВ	Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш	Уралбурмаш, Востокмашзавод	12
III161ТПВ III161КПВ	Р-Ш-Ш Р-Ш-Ш	Уралбурмаш, Востокмашзавод	15,5
III215.9ТПВ2 III215.9ТЗПВ III215.9ТКЗПВ III215.9КПВ1 III215.90КПВ	Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р	Куйбышевбурмаш	32
III244.5ТПВ2 III244.5 КПВ III244.5ОКПВ1 III244.5ОКПВ2 III244.5ОКПВ3	Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р Р-Ш-Р	Уралбурмаш, Дрогобычский долотный завод, Поваровский опытный завод	45
III269.9ТПГВ III269.9ТЗПГВ III269.9ОКПВ2	Р-Ш-УПС-Р Р-Ш-УПС-Р Р-Ш-Р	Дрогобычский долотный завод	60
III320ТПГВ1 III320 ТЗПГВ1 III320ОКПВ1	Р-Ш-Р-УПС Р-Ш-Р-УПС Р-Ш-Р-УПС	Дрогобычский долотый завод, Востокмашзавод, Уралбурмаш	90

Примечания: С — подшипник скольжения; Ш — подшипник шариковый; Р — подшипник роликовый; УПС — упорная пята скольжения. Цифра (римская) III — число шарошек. Арабские цифры — диаметр долота, мм. Первая буква (буквы) — тип вооружения долота. П — с центральной продувкой с помощью продувочных каналов в лапах и их цапфах, предназначенных для охлаждения подшипников опор шарошек и предотвращения их зашламовывания. ПГ — периферийная схема очистки забоя. В — опоры шарошек на подшипниках качения.

Приложение 15. Коэффициенты разбуривания скважин ($К_{раз}$)

F	4	6	8—10	12—14	>16
$К_{раз}$	1,05	1,04	1,037—1,031	1,03—1,024	1,02

Приложение 16. Рекомендуемые параметры режима бурения шарошечными долотами третьего поколения

Диаметр долота, мм	Наружный диаметр бурильных труб, мм	Осевое усилие на долото, кН		Частота вращения, $с^{-1}$		Расход продувочного агента*	
		М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	М, С, Т, ТК	МЗ, ТЗ, К, ОК	сжатого воздуха, $м^3/с$	технической воды, $дм^3/с$
Долота на подшипниках качения							
146	89—114	60—80	80—100	2,5-2,0	2-1	0,16—0,2	-
161	127	100—130	130—150	2,5-2,0	2-1	0,25	-
215,9	180	140—180	160—200	2,5-1,3	2-0,83	0,42	<0,02
244,5	203	180—220	180—250	2,5-1,3	2-0,83	0,42—0,53	<0,03
269,9	219	200—270	250—300	2,5-1,3	2-0,83	0,6—0,7	<0,05
320	273	<350	<500	2,5-1,3	2-0,83	0,83—1,0	<0,06
Долота на подшипниках скольжения							
76	63,5	<30	<40	<2,5	<2	0,15	<0,01
98,4	73	<40	<60	<2,5	<2	0,15	<0,02
112	89	<50	<80	2,5-1,7	2,5-1,0	0,15	<0,02
146	89—114	<80	<120	2,5-1,0	2,5-1,0	0,15	<0,03
161	127	120—140	130—150	2-1,0	1,7-1,0	0,25	<0,03
215,2	180	160—200	180—220	2-1,0	1,7-0,83	0,42	<0,05
244,5	203	200—250	220—270	2-1,0	1,7-0,83	0,42—0,53	<0,05
269,9	219	220—270	250—320	2-1,0	1,7-0,83	0,6—0,7	<0,06
320	273	<400	<500	2-1,0	1,7-0,83	0,8—1,0	<0,07

Примечания: * расход технической воды имеет место при воздушно-водяной очистке скважин.

1. Верхние пределы осевых усилий на долото соответствуют нижним пределам частот вращения долот.

2. С увеличением абразивности и трещиноватости пород частоту вращения рекомендуется уменьшать. В высшей степени крепких абразивных (VIII класс абразивности) или сильнотрещиноватых породах частоту вращения рекомендуется уменьшать до 1 $с^{-1}$.

3. По мере изнашивания вооружения шарошек долот М, С, Т, ТК необходимо постепенно увеличивать осевое усилие на долото до верхнего предела.

Приложение 17. Размеры наружного диаметра буровых штанг ($d_{тр}$) для шарошечного бурения

$d_д$, мм	161	190	214 (215,9)	243 (244,5)	269 (269,9)	320 (320)
$D_{тр}$, мм	130	152	180	203	219	275

Приложение 18. Техническая характеристика станков ударно-вращательного бурения

Таблица П.18.1

Отечественные буровые станки

Показатели	2СБУ-100-32М (СБУ-100Н-35)	3СБУ-100-32	СБУ-100-35; СБУ-100ГА-50	СБУ-125-24; СБУ-125А-32	СБУ-125У-52	СБУ-160
Диаметр скважины, мм	110 (125)	85;110; 125	110; 130	125	125—160	110 (125)
Глубина скважины, м, не менее	32 (35)	32	35; 50	24; 32	52	32
Диаметр штанги, мм	83	83	83	89	108	114
Длина штанги, мм	950	950	950	2930	4250	-
Масса штанги, кг	10	10	10	32,5	42,5	-
Число штанг в комплекте или кассете	30	30	30	8	14	-
Угол наклона скважины к вертикали, град.	0—90	манипулятор	0; 15; 30	0; 15; 30	0—30	
Пневмоударник	П-110К; П-125К	П-110К	П-125К	П-125К	П-125К	П-160А
Установленная мощность, кВт	Н..Д.	59 (дизель)	24	42	80	-
Мощность вращателя, кВт	4	4	4	3,8/6,2	35	
Частота вращения бурового става, $мин^{-1}$	0,77	0,65—1,33	0,77	0,37; 0,75	0,77	0 — 60
Крутящий момент на долоте, кН·м	0,83	2	0,83	1,67; 1,37	2,4	–
Усилие подачи на забой, кН	1,0—6,0	До 25	1,0—6,0	4,5—20	До 50	– / 30
Ход подачи, мм	1050	1800	1050	3700	4400	
Скорость подачи, м/с	0,25	0,33	0,25	0,17	0,4	
Тип долота	К-110	К-110К	К-125К	К-125К	К-125К	
Способ очистки скважины	Воздушный		Воздушно-водяной	Воздушный		
Скорость передвижения, км/ч	-	0,8—1,6	0,83	1	0,9	
Габариты станка в транспортном положении, мм	1135×430××2375	-×-×-	4000×2210×2210	4250××3000××3000	5600××3200××3200	4800××2800××6700
Масса станка, т	0,27	8,50	5,0	8,5	13,5	20

Примечание: станки СБУ-100 и СБУ-125 предпочтительно применять в породах крепких, очень крепких абразивных (f = 10÷16); станки СБУ-160 — в породах очень крепких, в высшей степени крепких абразивных (f = 14÷20).

Таблица П.18.2

Буровые станки серии ECM 570/670 фирмы Ingersoll-Rand с гидроударником

Модель станка	ECM-570	ECM-670
Фирма- изготовитель	Ingersoll-Rand США	Ingersoll-Rand США
Тип гидроударника	HC-80	HC-120
Производитель	IR/Montabert	IR/Montabert
Диаметр скважины, мм	64—102	76—115
Скорость вращения, $мин^{-1}$	0—140	0—140
Крутящий момент, Нм	800	881
Частота удара, $мин^{-1}$ ($с^{-1}$)	2800 (47)	2400 (40)
Диаметр штанги, мм	38—45	45—51
Двигатель		
Тип	Cummins 6 CT 8.3	Cummins 6 CT 8.3
Мощность, кВт	142	160
Скорость вращения, $мин^{-1}$	2200	2350
Буровые штанги и направляющие		
Ход штанги, м	5,0	5,0
Усилие подачи, Н	22240	22240
Общая длина направляющих, м	8,49	8,49
Компрессор		
Производительность, $м^3$/мин.	6,5	7,7
Давление, бар	9	9,7
Общие данные		
Преодолеваемый уклон, град.	35	35
Клиренс, см	46	46
Скорость движения, км/ч	3	3,14

Приложение 19. Техническая характеристика бурового инструмента для ударно-вращательного бурения

Таблица П.19.1

Техническая характеристика пневмоударников

Показатели	П-105К	П-125	П-160А
Номинальный диаметр, мм	105	125	165
Номинальное давление воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Работа единичного удара, Дж	96	140	280
Частота ударов, $с^{-1}$	27	21	21
Удельный расход сжатого воздуха, $м^3 \cdot с^{-1} \cdot кВт^{-1}$	0,037	0,045	0,0253
Ударная мощность, кВт	2,6	2,8	7,9
Наружный диаметр пневмоударника, мм	94	116	142
Масса без коронки, кг	20	31	40

Таблица П.19.2

Техническая характеристика долот к пневмоударникам

Типоразмер долота	К-105КА	К-130К	КНШ-105У	КНШ-125У	БК-155	К-105	К-125	К-160	БК-105
Диаметр долота, мм	105	130	108	125	150	105	125	160	105
Число штырей (лезвий) на долоте	(4)	(4)	14	15	(4 и 1 опереж.)	(4)	(4)	(4)	(3 и 1 опереж.)
Общая длина лезвий, мм	128	144	–	–	168	148	208	280	130
Масса долота, кг	4	5,8	5,0	6,0	9,2	3,0	5,6	12,5	3,5

Примечание: штыревые долота рационально применять в крепких малотрещиноватых породах.

Приложение 20. Значение коэффициента перебура ($К_{пер}$)

Категория трещиноватости пород	I	II	III	IV	V
Коэффициент перебура	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	14 ÷ 16

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Проектирование карьеров»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического
факультета
«___» _____ 2019 г.
Председатель комиссии
_____ст. преп. Колчина Н. В.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАРЬЕРОВ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Проектирование карьеров»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Екатеринбург

Учебно-методические пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом « 11 » сентября 2019 г. (протокол № 332) и рекомендовано для издания в УГГУ.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Проектирование карьеров» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Проектирование карьеров» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Проектирование карьеров» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии отвалообразования и организации производственных процессов, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров карьеров;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональной организации горных работ в конкретных условиях.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ, наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1
ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Цель работы: освоение методов определения погрешности расчетов при проектировании.

При проектировании часто возникает потребность в оценке результатов. Наиболее характерными случаями являются: определение погрешности расчета по известной погрешности исходных данных и определение погрешности исходных данных по заданной погрешности расчета (обратная задача).

Различают зарождающуюся погрешность, которая появляется при вычислениях вследствие округления результатов, и остаточную погрешность метода вычисления.

Абсолютная погрешность вычисляется по следующим соотношениям:

$$\Delta = \left| X_n - \overline{X} \right|, \qquad \Delta = \sum \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \Delta X_i$$

где X_n – приближенное число;
X – истинное значение числа;
ΔX_i – погрешность переменной X_i, входящей в функцию f;
$\frac{\partial f}{\partial X_i}$ – частная производная функции f по переменной X_i.
Относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta}{\overline{X}} \cdot 100, \%$$

1.1. Инструменты: микрокалькуляторы, справочник по высшей математике (раздел «Дифференциальное исчисление»)

1.2. Исходные данные включают следующие параметры:

- линейные размеры элементов карьера (принимаются по исходным данным;
- угол откоса рабочего уступа $\beta = 60°$ (1,047 рад.);
- угол погашения борта карьера $\gamma_{ср} = 40°$ (0,698 рад.).

Погрешность определения:

- ширины траншеи по низу $\Delta_b = \pm 2$ м, (при b = 30 м),
- высоты уступа $\Delta_{Hy} = \pm 1$ м,
- длины траншеи $\Delta_L = \pm 15$ м,
- угла откоса бортов траншеи $\Delta_\beta = (0{,}0870 \text{ рад}) = \pm 5°$,
- площади дна карьера $\Delta_{Sq} = \pm 2000$ м^2,
- глубины карьера $\Delta_{Hk} = \pm H_y$ м, (при $H_к = 160$ м),
- среднего угла погашения бортов карьера $\Delta\gamma_{ср} = \pm 2°$, (0,0348 рад.)
- периметра дна карьера $\Delta_P = \pm 50$ м, (при $b_{дна} = 35$ м)

Требуемая точность расчета (обратная задача):

- объема разрезной траншеи $\delta_{VT} = 5\ \%$,
- объема карьера $\delta_{VK} = 10\ \%$.

1.3. Порядок выполнения работы.

Задача 1: Определение абсолютной и относительной погрешности расчета объема разрезной траншеи и карьера по известной погрешности исходных данных.

Задача 2: Определение допустимой погрешности исходных данных по заданной погрешности расчета объема разрезной траншеи и карьера.

ЗАДАЧА 1

1.3.1. Определяем истинный объем разрезной траншеи и карьера по формулам:

$$V_T = \left(b + H_y \cdot \mathrm{ctg}\beta\right) H_y \cdot L,$$

$$V_K = S_q \cdot H_K + 0{,}5 \cdot P \cdot H_k^2 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}} + \frac{\pi}{3} \cdot H_K^3 \cdot \mathrm{ctg}^2\gamma_{\text{ср}},\ \text{м}^3.$$

1.3.2. Определяем численные значения частных производных, входящих в расчетные формулы. Варианты заданий даны в прил. I.

Таблица 1.1

ЧАСТНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ	
ОБЪЕМА ТРАНШЕИ	ОБЪЕМА КАРЬЕРА
$\frac{\partial V_T}{\partial b} = H_{\text{у}} \cdot L$	$\frac{\partial V_K}{\partial S_q} = H_{\text{К}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial H_{\text{у}}} = b \cdot L + 2H_{\text{у}} \cdot L \cdot \mathrm{ctg}\beta$	$\frac{\partial V_K}{\partial H_{\text{К}}} = S_{\text{q}} + P \cdot H_{\text{К}} \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}} + \pi \cdot H_{\text{К}}^2 \cdot ctg^2\gamma_{\text{ср}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial L} = H_{\text{у}}\left(b + H_{\text{у}} \cdot \mathrm{ctg}\beta\right)$	$\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial P} = 0{,}5 \cdot H_{\text{К}}^2 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}}$
$\frac{\partial V_T}{\partial \beta} = -\frac{H_{\text{у}}^2 \cdot L}{sin^2\beta}$	$\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial \gamma_{\text{ср}}} = -\frac{P \cdot H_{\text{К}}^2}{2 \cdot \sin^2\gamma_{\text{ср}}} - \frac{2 \cdot \pi \cdot H_{\text{К}}^3 \cdot \mathrm{ctg}\gamma_{\text{ср}}}{3 \cdot \sin^2\gamma_{\text{ср}}}$

1.3.3. Определяется абсолютная погрешность расчета разрезной траншеи и карьера по выражениям

$$\Delta V_T = \left|\frac{\partial V_T}{\partial b}\right|\Delta b + \left|\frac{\partial V_T}{\partial H_{\text{у}}}\right|\Delta H_{\text{у}} + \left|\frac{\partial V_T}{\partial L}\right|\Delta L + \left|\frac{\partial V_T}{\partial \beta}\right|\Delta\beta,\ \text{м}^3$$

$$\Delta V_K = \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial S_q}\right|\Delta S_g + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial H_{\text{К}}}\right|\Delta H_{\text{К}} + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial P}\right|\Delta P + \left|\frac{\partial V_{\text{К}}}{\partial \gamma_{\text{ср}}}\right|\Delta\gamma_{\text{ср}},\ \text{м}^3$$

1.3.4. Определяется относительная ошибка вычисления V_T и V_K по формулам:

$$\delta_{V_T} = \frac{\Delta V_T}{V_T} \cdot 100, \%$$

$$\delta_{V_К} = \frac{\Delta V_К}{V_К} \cdot 100, \%.$$

ЗАДАЧА 2: (обратная)

1.3.5. По известной относительной погрешности расчета Определяем абсолютную погрешность расчета объема разрезной траншеи и карьера по формулам:

$$\Delta V_T = \frac{V_T \cdot \delta V_T}{100}, \qquad \Delta V_K = \frac{V_K \cdot \delta V_K}{100}.$$

1.3.6. Определяем абсолютную погрешность исходных данных по формуле

$$\Delta X_i = \frac{\Delta V_T \left(\Delta V_K\right)}{n \cdot \left|\frac{\partial V}{\partial X_i}\right|}$$

где n – число переменных, входящих в функциональную зависимость (в нашем случае n = 4);

$\left|\frac{\partial f}{\partial X_i}\right|$ – частные производные функции по переменной X_i (например, для разрезной траншеи X_i – соответствует b, $H_У$, L, β).

1.4. Форма отчетности. По результатам практического занятия представляется отчет, содержащий краткую теорию существа вопроса, таблицу частных производных функций V_T и V_K, а также результаты расчетов по предложенной методике.

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ КАРЬЕРА СРАВНЕНИЕМ КОНТУРНОГО И ГРАНИЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТОВ ВСКРЫШИ

Цель работы: Определение глубины карьера на поперечном разрезе сравнением контурного (K_K) и граничного ($K_{ГР}$) коэффициентов вскрыши по условию:

$$K_{ГР} \geq K_K$$

при $K_K = \Delta V/\Delta P$, м^3/м^3

где ΔV ΔP – соответственно приращение объема полезного ископаемого и вскрышных пород при увеличении глубины карьера на ΔH_K, тыс.м^3.

2.1. ***Исходные данные*** оформлены в виде задания на бланке (рис. 2.1), которое включает:

- поперечный разрез месторождения;
- линии погашения бортов карьера;
- дополнительные данные – масштаб чертежа, высота уступа, граничный коэффициент вскрыши принимаются каждым студентом в зависимости от варианта индивидуального задания.

2.2. ***Порядок выполнения работы***

2.2.1. На поперечный разрез наносятся тонкие горизонтальные линии. Расстояние между ними равно высоте уступа ($H_У$) в масштабе чертежа. Проставляются отметки горизонтов от поверхности до нижней границы поперечного разреза (например: гор.-10; гор. -20; гор. -30; и т. д.).

2.2.2. Назначается исходная глубина горных работ (в пределах 160÷180 м). На поперечном разрезе отстраиваются контуры карьера, соответствующие этой глубине. Углы погашения бортов вычерчиваются параллельно показанным в бланке задания. Ширина дна карьера принимается в пределах 30÷40 м.

2.2.3. Задается величина приращения ($\Delta H_К$) глубины карьера. Рекомендуется принимать:

$$\Delta H_К = \pm H_У$$

2.2.4. По выбранной $\Delta H_К$ отыскиваются последующие контуры карьера. Рекомендуется назначать не менее 3-4 вариантов конечной глубины открытой разработки.

2.2.5. Между соседними границами конечных контуров карьера подсчитываются объемы дополнительно вынимаемой руды (ΔP) и вскрыши (ΔV). Для упрощения вычислений криволинейные контакты полезного ископаемого и вмещающих пород следует заменить отрезками прямых. Объемы ΔP и ΔV вычислять по формулам геометрии, как сумму площадей правильных фигур (параллелограммов, трапеций, треугольников).

2.2.6. Результаты вычислений заносятся в табл. 2.1.

Например:

Таблица 2.1

НАТУРНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВСКРЫШИ

НАЧАЛЬНАЯ ГЛУБИНА КАРЬЕРА, М	$H_К$, М	ΔV, ТЫС.М^3	ΔP, ТЫС.М^3	$K_К$, М^3/М^3
156	180	2466	834	2,96
	204	900	620	1,45

	228	2107	180	11,71

2.2.7. По данным табл. 2.1. строится график $K_K = f(H_K)$ изменения контурного коэффициента вскрыши с глубиной карьера. Точка пересечения функции $K_K = f(H_K)$ и $K_{ГР}$ = const дает значение экономически целесообразной глубины открытой разработки (рис. 2.1).

2.2.8. Рассчитанные контуры карьера вычерчиваются контрастным цветом (красным, синим, зеленым) на поперечном разрезе.

2.3. Форма отчетности. Отчет о проделанной работе должен содержать порядок определения глубины карьера, таблицу контурных коэффициентов вскрыши (табл. 2.1), график $K_K = f(H_K)$**.** Бланк задания с выделенными контурами карьера прилагается к отчету.

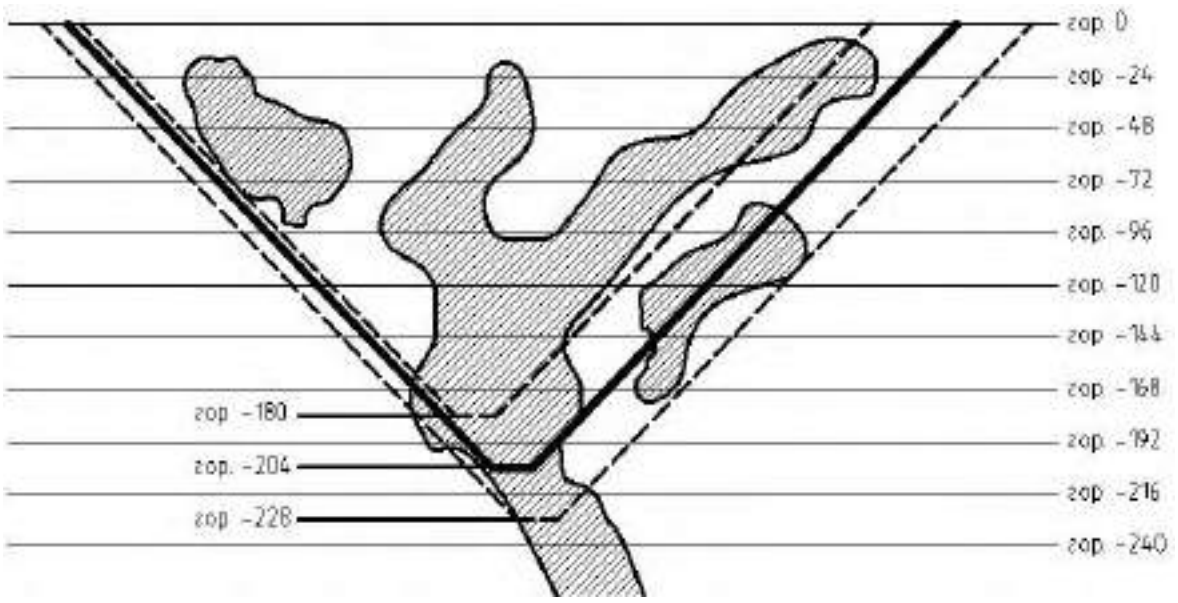


Рис. 2.1. Исходные данные и схема для расчета

контурных коэффициентов вскрыши

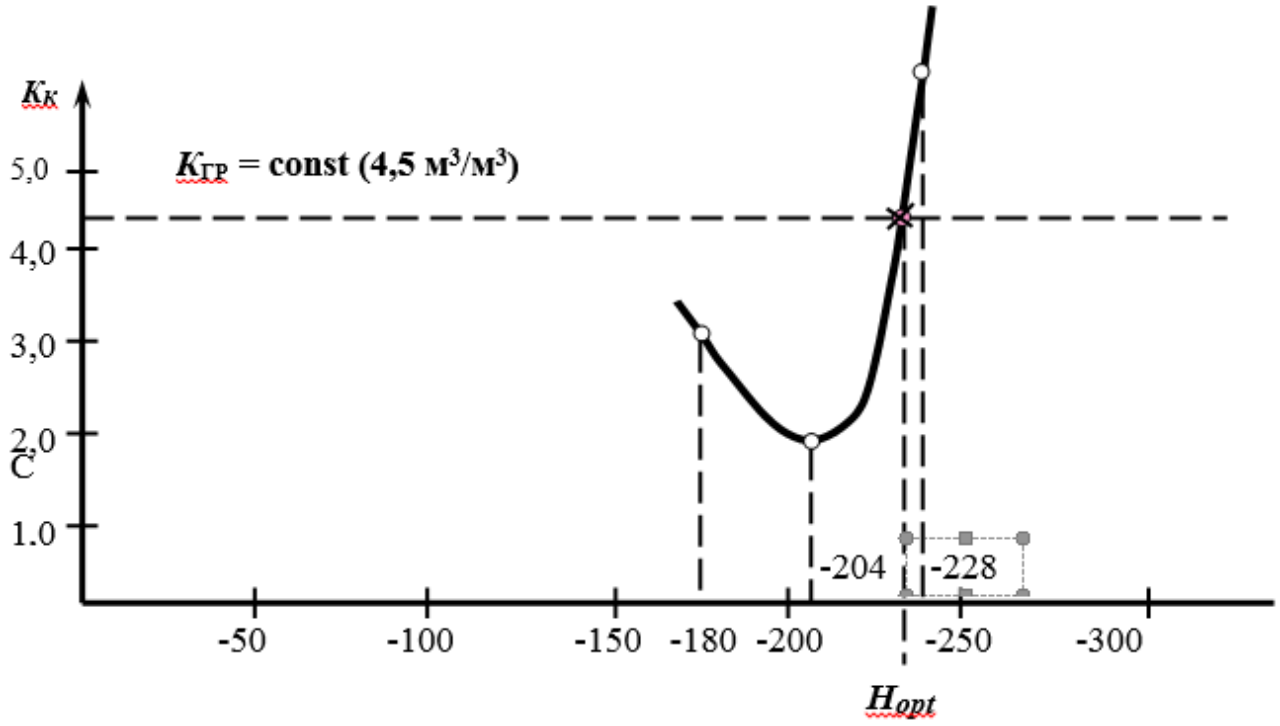


Рис. 2.2. График вида $K_К = f(H_К)$

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3
ЛИНЕЙНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Цель работы: Изучение сущности упрощенного линейного графического метода горно-геометрического анализа на поперечных разрезах, разработанного В. С. Хохряковым; исследование режима вскрышных и добычных работ в карьере.

Горно-геометрический анализ предназначен для обоснования элементов системы разработки, очередности и порядка отработки карьерного поля календарного плана разработки месторождения, исследования схемы вскрытия. Горно-геометрический анализ – это метод обоснования режима горных работ карьера.

График горно-геометрического анализа представляет собой зависимость объемов вскрыши (V) и полезного ископаемого (P), извлекаемых из карьера при ведении горных работ с заданными параметрами (высота уступа H_y, угол откоса рабочей зоны φ, направление развития горных работ β и т. д.), от глубины карьера ($H_к$) при крутом и наклонном залеганиях полезного ископаемого или размеров карьера (L, B) в плане при горизонтальном и пологом их залегании.

Режим горных работ представляется зависимостями вида:

$$\Sigma P,\ \Sigma V = f(H) \text{ или } \Sigma V = f(\Sigma P).$$

3.1. Исходные данные оформлены в видс бланка задания на отдельном листе (рис. 3.1), которое включает:

- поперечный разрез месторождения с нанесенными конечными контурами карьера и направлением понижения горных работ. Стрелками *A, B, C* показаны варианты направления понижения горных работ;
- данные для отстройки линии откосов рабочих бортов карьера: масштаб чертежа, высота уступа, угол откоса рабочего борта, длина карьера по простиранию.

3.2. Порядок выполнения работы

3.2.1. Ознакомившись с заданием, необходимо вычертить на поперечном разрезе карьера заданное направление углубки горных работ. На рис. 3.1. выделено направление "*B*" означающее вскрытие карьерного поля по центру залежи временными съездами.

3.2.2. Отметки горизонтов заносятся в табл. 3.1 объемов горной массы.

3.2.3. На поперечный разрез наносятся положения откосов рабочих бортов карьера для заданного направления развития горных работ при их понижении. Для этого из точек пересечения средней линий каждого уступа с линией понижения горных работ проводятся отрезки прямых до пересечения их с рассчитанным на предыдущем занятии контуром карьера или дневной поверхностью. Наклон отрезков прямых соответствует углу откоса рабочей зоны (φ). На рис. 3.1 отметка дна рабочей зоны на гор. -96 м соответствует точке 1. Отрезки 1-2 и 1-3 характеризуют среднюю линию наклонного слоя вынимаемой горной массы при понижении рабочей зоны карьера с гор. -48 м на гор. -72 м.

3.2.4. Масштабной линейкой производится замер общей длины отрезков, соответствующих ординатам руды и вскрыши в каждом выделенном наклонном слое. На рис. 3.1 ордината руды соответствует сумме длин отрезков 4-5, 1-6, 7-8, а ординаты вскрыши – отрезков 3-5, 4-1, 6-7 и 8-2.

Данные замеров и вычислений заносятся в табл. 3.1.

Примечание: Площади руды и вскрыши в каждом наклонном слое (этапе горных работ) определяются отдельно со стороны левого и правого бортов как площади трапеций.

Например, площадь руды (S_P) и площадь вскрыши (S_B) на гор. -96 м можно выразить:

$$S_{Р} = S_{Р.Л} + S_{Р.П} = (4\text{-}5)h_{Л} + (1\text{-}6;\ 7\text{-}8)h_{П}$$
$$S_{В} = S_{В.Л} + S_{В.П} = (3\text{-}5;\ 4\text{-}1)h_{Л} + (6\text{-}7;\ 8\text{-}2)h_{П}$$

$h_{Л}$, $h_{П}$ – толщина наклонного слоя по левому и правому рабочим бортам; при углубке на один горизонт;

$S_{Р.Л}$, $S_{Р.П}$ – площадь руды, соответственно по левому и правому рабочим бортам в наклонном слое;

$S_{Р.Л}$, $S_{Р.П}$ – то же по вскрыше.

$$h_{Л} = H_{У}\cdot\Delta_{Л}; \qquad h_{П} = H_{У}\cdot\Delta_{П}$$

Значение $\Delta_{Л}$ и $\Delta_{п}$ даны в табл. 3.2.

3.2.5. Результаты измерений заносятся в табл. 3.1 объемов горной массы в строку 1 и 5. Для примера: в табл. 3.1 внесены ординаты руды и вскрыши, соответствующие наклонному слою гор. -72 м. Переход к абсолютным величинам (строки 2 и 7) осуществляются умножением ординат (мм) на заданный масштаб чертежа.

3.2.6. Площади наклонных слоев (строки 3 и 8) получают умножением ординат в строках 2 и 7 на величину дискретного понижения рабочей зоны (в нашем примере – 24 м).

3.2.7. Объемы вскрыши и руды по слоям вычисляются умножением соответствующих слоевых площадей на длину месторождения по простиранию, т. е. числа в сроках 3 и 8 умножаются на заданную длину залежи (L). *Объемы вскрыши в торцах не учитываются, поскольку залежь вытянутая и указанными объемами можно пренебречь*.

3.2.8. Нарастающие объемы руды и вскрыши определяются последовательным суммированием текущих объёмов в каждом наклонном слое. Они характеризуют объемы горных работ, произведенные с начала разработки месторождения до рассматриваемого их положения.

3.2.9. Текущий коэффициент вскрыши вычисляется делением показателей строки 4 на показатели строки 9. Средний с начала разработки коэффициент вскрыши определяется делением в каждой колонке показателей в строке 5 на строку 10.

3.3. Форма отчетности.

По результатам практического занятия представляется заполненная таблица объемов горной массы, коэффициентов вскрыши и бланк исходной информации со всеми необходимыми построениями: (табл. 3.1).

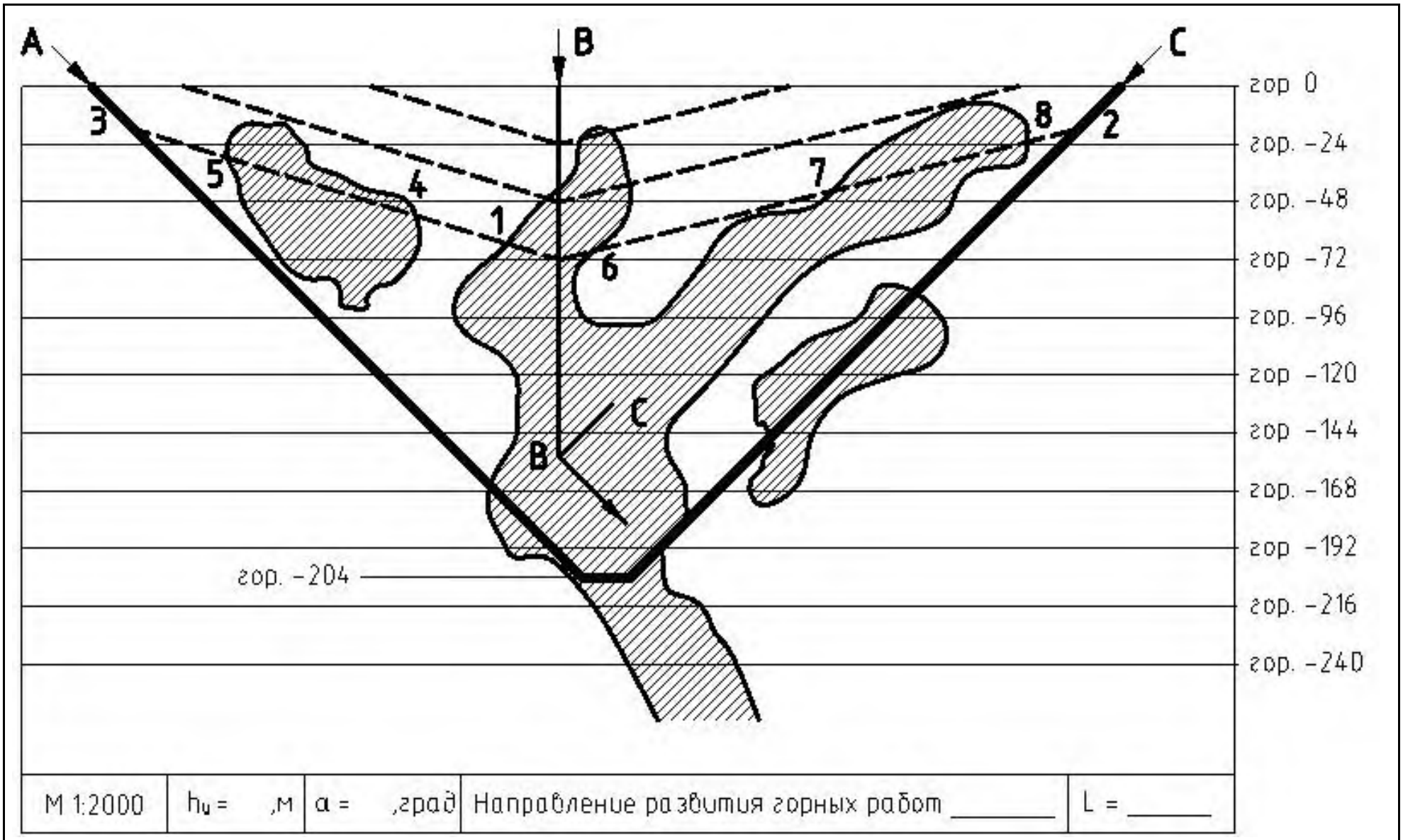


Рис. 3.1. Исходные данные и схема для расчета таблицы режима горных работ

Таблица 3.1

ОБЪЕМЫ ВСКРЫШИ И РУДЫ ПО ЭТАПАМ ПОНИЖЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В КАРЬЕРЕ

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Глубина (отметка горизонта)													
Вскрыша																
1	Ордината	мм														
2	Ордината	м														
3	Площадь	$м^2$														
4	Объем	тыс.·$м^3$														
Руда																
5	Ордината	мм														
6	Ордината	м														
7	Площадь	$м^2$														
8	Объем	тыс.·$м^3$														
9	Нарастающий объем вскрыши	тыс.·$м^3$														
10	Нарастающий объем ПИ	тыс.·$м^3$														
11	Текущий коэффициент вскрыши	$м^3/м^3$														
12	Средний коэффициент вскрыши	$м^3/м^3$														

Таблица 3.2

ПОПРАВОЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

Угол наклона линии направления развития горных работ, град.	Значение $\Delta_Л$					Значение $\Delta_П$				
	При угле наклона рабочего борта, град.									
	5	10	15	20	25	5	10	15	20	25
90	0,996	0,985	0,966	0,939	0,906	0,996	0,985	0,966	0,940	0,906
80	0,981	0,953	0,921	0,879	0,830	1,011	1,016	1,013	1,001	0,981
70	0,964	0,921	0,872	0,817	0,752	1,025	1,048	1,059	1,064	1,052
60	0,946	0,883	0,816	0,742	0,662	1,047	1,086	1,114	1,137	1,151
50	0,891	0,835	0,745	0,654	0,551	1,069	1,131	1,181	1,203	1,261

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
РАСЧЕТ СКОРОСТИ УГЛУБКИ В КАРЬЕРЕ

Цель работы: Определить скорость углубки в карьере на основе графика $L = = f(T)$ А. И. Арсентьева.

Скорость углубки $У_{Г.}$ (м/год) определяется по формуле:

$$У_{Г.} = \frac{12H_{у}}{T},$$

где $H_У$ – высота уступа, м,

T – время подготовки одного горизонта, мес.

Теоретические положения

Основой методики расчета являются следующие положения:

- подготовка нового горизонта к эксплуатации длится от начала проходки разрезной траншеи на вышележащем горизонте до начала проходки разрезной траншеи на нижележащем;
- к началу расширения разрезной траншеи необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше минимальной ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме длин экскаваторного блока и участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разноски и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- расчетное время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется с учетом времени совмещения работы экскаваторов, проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

4.1. Условные обозначения к работе:

$H_{у}$ – высота уступа, м;

$L_{б}$ – длина экскаваторного блока, м;

$L_{о}$ – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею, и экскаватором, расширяющим ее, м (50-100);

$L_{п}$, $L_{т}$ – длина тупикового (петлевого) разворота: для ж.д. путей, м (130-150); для автодорог, м (30-50);

$L_{тр}$ – длина разрезной траншеи, м;

$L_{В}$ – длина въездной траншеи на горизонт подготовки, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

$B_{рп}$ – ширина рабочей площадки, м;

β – угол направления углубки, град.;

α – угол откоса уступа, град.;

$B_{тр}$ – ширина дна разрезной траншеи, м;

$Q_{тр}$ – производительность экскаватора при проходке разрезной траншеи, м^3/мес.;

$Q_э$ – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м^3/мес.;

$V_т$ – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес.;

$V_о$ – скорость расширения разрезной траншеи, м/мес.;

i – уклон въездной траншеи, в тысячных;

M – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (не считая траншейных экскаваторов), единиц;

k – количество экскаваторных блоков на горизонте, необходимых для расширения вскрывающей выработки, единиц.

4.2. Порядок выполнения работы

Все графические построения выполняются на миллиметровой бумаге.

В варианты расчетов положены два определяющих признака:

1)способ вскрытия;

2)схема вскрытия.

Примечание: Расчетные схемы приведены в таблице. 4.1 (см.рис. 4.1).Параметры схем приведены в приложении 5.

Таблица 4.1 - Расчетные схемы

Способ вскрытия – вскрывающая выработка	Схема вскрытия (форма трассы):	
	поступательная	тупиковая (петлевая)
Разрезная траншея	Схема А	Схема В

Для построения схем А и В (рис. 4.1 и 4.2) рассчитываются скорости:

- проходки въездной траншеи;
- проходки разрезной траншеи;
- расширения разрезной траншеи.

Объем$V_{тр}$, м^3, время проходки$t_с$, мес. и длина въездной траншеи$L_в$, м, на горизонте определяются:

$$V_{тр} = \frac{H_y^2}{i}\left(\frac{B_{тр}}{2} + \frac{H_y}{3\mathrm{tg}\,\alpha}\right), \quad (4.1)$$

$$t_с = \frac{V_{тр}}{Q_{тр}}, \quad (4.2)$$

$$L_в = \frac{H_у}{i}. \quad (4.3)$$

Скорости проходки разрезной траншеи ($V_т$) и ее расширения ($V_о$), м/мес., определяются по формулам:

$$V_т = \frac{Q_{тр}}{H_у\left(B_{тр} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)}, \tag{4.4}$$

$$V_о = \frac{M \cdot Q_э}{H_у^2 \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}. \tag{4.5}$$

Округляется до целого в меньшую сторону $\left\lfloor M = \frac{Q_{ТР} \cdot H_у \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_Э \cdot \left(B_{ТР} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)} \right\rfloor$ (4.6)

Угол откоса рабочего борта(φ) определяется по формуле:

$$\operatorname{arctg}\varphi = H_у / \left(B_{РП} + H_у \operatorname{ctg}\alpha\right). \tag{4.7}$$

Примечание. Максимально возможное число экскаваторов *(M)*на расширении траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи ($V_т$) должна быть более или равна скорости ее расширения *($V_о$):*

$$V_т \geq V_о.$$

4.2.1. Расчеты по схеме А

Обобщенный график*L = f(T)* организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншеей и поступательными съездами (рис. 5.1)рассчитывается по временным интервалам.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется суммой временных отрезков, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \tag{4.8}$$

где t_1 – время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи), мес.:

$$t_1 = \frac{L_б + L_о}{V_т}, \tag{4.9}$$

t_2– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока, мес.:

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_б\left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э}, \tag{4.10}$$

t_3– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину, необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_3 = \frac{L_в + L_п}{V_о}, \tag{4.11}$$

где t_4 – время проходки вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_о} - \frac{(k-1)L_б + (L_в - L_п)}{V_t}. \quad (4.12)$$

Количество экскаваторных блоков (k) на горизонте определяется по выражению

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в + L_п}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \quad (4.13)$$

Примечание. При железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторов, при автомобильном – не более четырех-пяти.

4.2.2. Расчеты по схеме В

На рис. 5.2 показан обобщенный график $L = f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншей и внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (4.14)$$

Из схемы (рис. 5.2) можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_б + L_T + L_о}{V_T}, \quad (4.15)$$

где L_T – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м;

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_Б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}; \quad (4.16)$$

$$t_3 = \frac{L_в}{V_о}; \quad (4.17)$$

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_О} - \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_т}; \quad (4.18)$$

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \quad (4.19)$$

4.3. Форма отчетности

По результатам занятия представляется отчет, содержащий цель работы,

краткую теорию рассматриваемого вопроса, расчеты, необходимые для построения графика $L = f(T)$, и собственно график подготовки нового горизонта для рассмотренных схем.

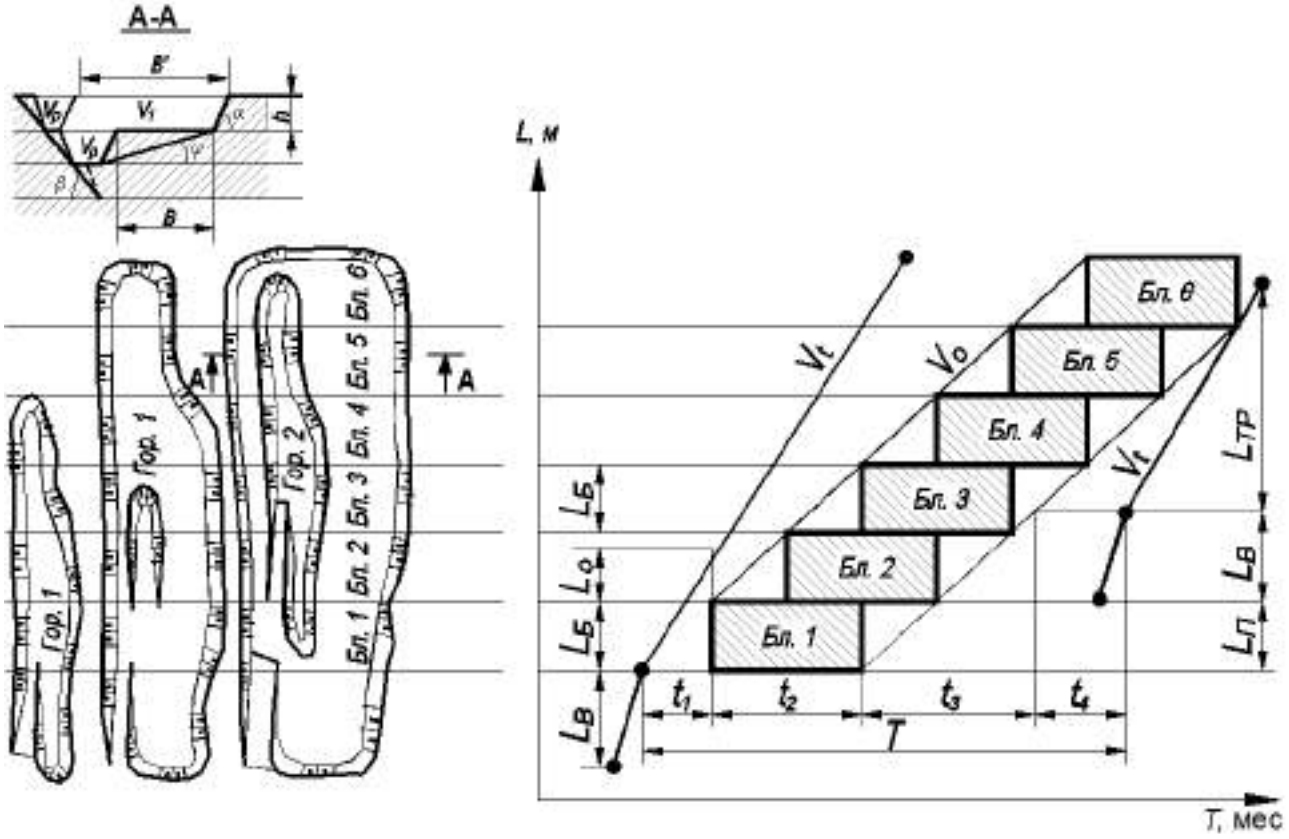


Рис. 4.1. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами поступательной формы трассы

(схема А)

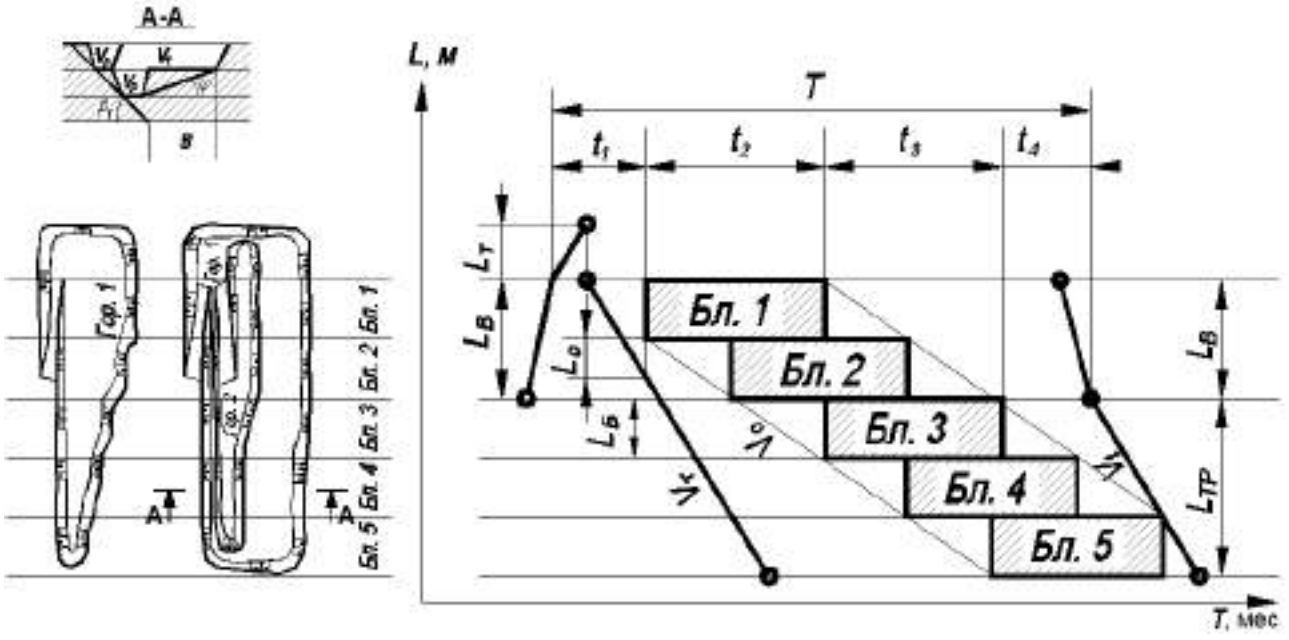


Рис. 4.2. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами тупиковой (петлевой) формы трассы

(схема В)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ КАРЬЕРА

Цель работы: Определить производительность карьера по полезному ископаемому и вскрыше;

сроки строительства карьера, ввода его в эксплуатацию.

5.1. Исходные данные – таблицы режима горных работ, рассчитанные на занятиях № 3, 4.

Примечание. Исходные данные и результаты расчетов представляются в виде графиков-номограмм режима горных работ (рис. 5.1).

5.2 Порядок выполнения работы

5.2.1. По данным таблицы режима горных работ строятся графики-номограммы. В левой части графиков-номограмм приводятся результаты горно-геометрического анализа карьера (извлекаемые в процессе разработки карьера объемы полезного ископаемого и вскрышных пород нарастающим итогом по горизонтам отработки с углом откоса рабочей зоны $\gamma = \quad = \gamma_р$), в правой части – разработанные календарные графики добычи полезного ископаемого и выемки пород вскрыши.

5.2.2. На первом этапе осуществляется трансформация верхней части графика $\sum P = f(H)$ – изменения объемов выемки полезного ископаемого *(P)* с глубиной карьера *(H)* в график $\sum P = f(T)$ нарастающих объемов полезного ископаемого *(P)* во времени разработки карьера *(T)*.

Главным регулирующим трансформацию параметром является скорость углубки карьера ($У_Г$), измеряемая в метрах в год.

Для этого в левой части графиков-номограмм (рис. 5.1) по оси абсцисс *H* последовательно откладываются и отмечаются отрезки, соответствующие скорости углубки карьера ($У_Г$), т. е. ежегодному углублению рабочей зоны.

Примечание. Перпендикуляр, проведенный к любой точке графика $\sum P = f(H)$ от оси абсцисс *H* – любой точки, характеризующей текущую глубину разработки, соответствует объему полезного ископаемого, извлекаемому из карьера к этому моменту.

Скорость углубки (УГ) принимается по данным работы №4.

5.2.3. По полученным ординатам добычи полезного ископаемого ($\sum P$), установленным на основании годового понижения горных работ, в правой части графиков (рис. 5.1) строится кривая вида $\sum P = f(T)$. При этом каждая точка графика устанавливает соответствие достигнутой глубины и разработки по оси *H* с годом выемки по оси *T*.

Примечание. Ординаты графика $\sum P = f(T)$ характеризуют накопленные с начала разработки объемы полезного ископаемого и вскрыши к моменту окончания t-го года ведения горных работ. Кривая $\sum P = f(T)$ состоит из отрезков прямых, разница ординат точек которых характеризует объем полезного ископаемого, извлекаемый из карьера за год разработки *t*.

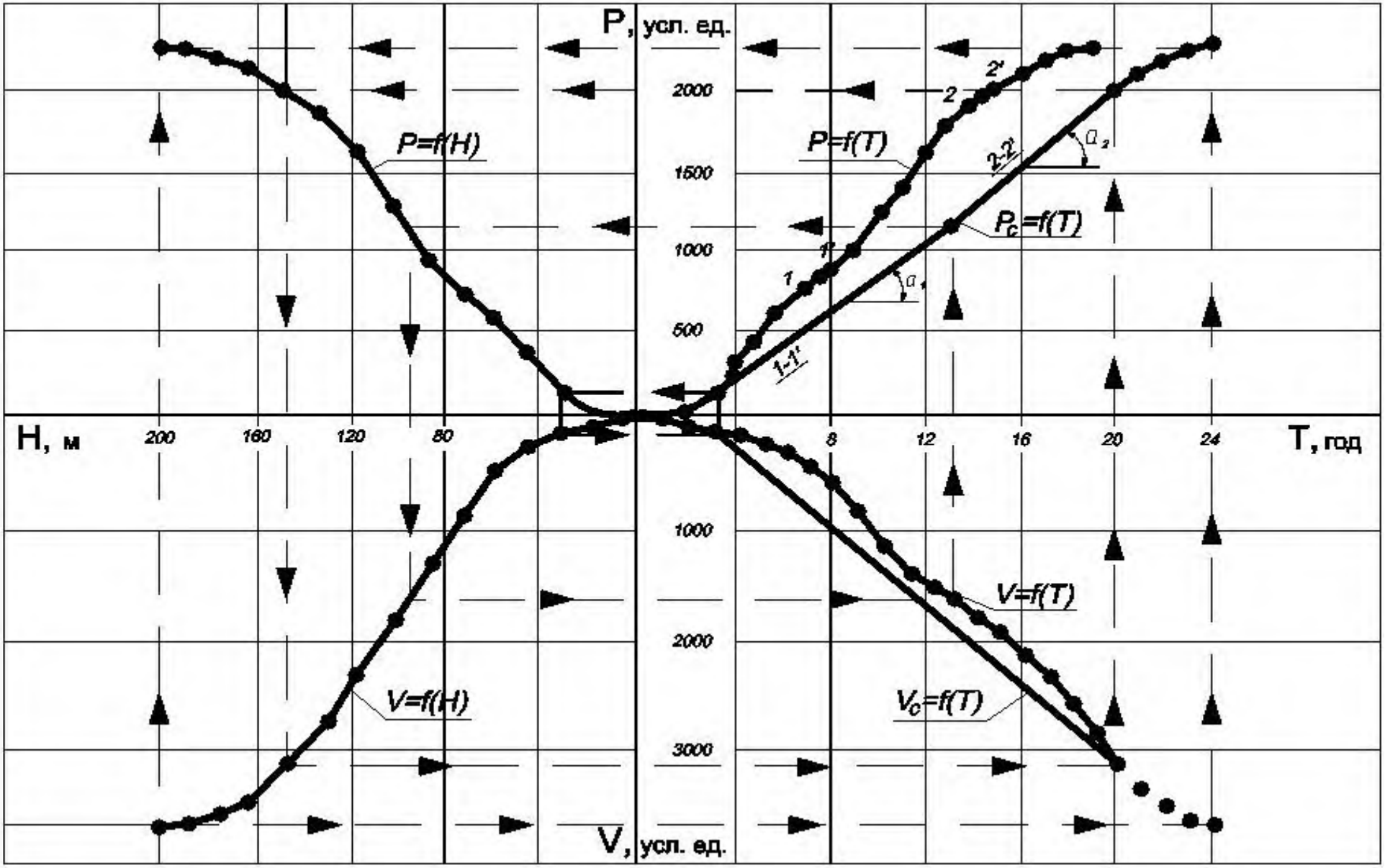


Рис. 5.1. Графики номограммы определения производительности карьера по руде и вскрыше

В результате построений получается неусредненный график, состоящий из отрезков прямых, годовые приращения которых характеризуют производительность карьера в каждый данный год разработки. Участок кривой с наибольшим углом наклона к оси абсцисс *T* обеспечит производительность карьера по полезному ископаемому не только большую по сравнению с другими, но и максимально достижимую на данном этапе по горнотехническим возможностям.

5.2.4. На втором этапе полученный построениями график – $\sum P = f(T)$ стабилизируется по периодам разработки. Для этого на графике $\sum P = f(T)$ выделяется начальный период разработки (период горно-капитальных работ и развития производительности по руде), характеризующийся отсутствием добычи руды или минимальными значениями добычи по сравнению с последующими годами разработки. Этот период будет характеризовать длительность строительства карьера и выхода его на полную производственную мощность.

5.2.5. В дальнейшем стабилизация производительности по полезному ископаемому на графике-номограмме – осуществляется по отдельным периодам (I_1, T_2, ... T_n), продолжительных которых находится в пределах 7-10 лет, исключая периоды развития мощности и затухания горных работ в карьере.
Стабильная производительность в каждом периоде эксплуатации карьера принимается по **минимальному** ее значению, достигнутому в один из отрезков времени разработки, карьера (один год). Во всех остальных годах разработки производительность снижается до принятого в периоде значения. Соответствующие участки кривой $\sum P_c = f(T)$ в рассматриваемом периоде выполаживаются, скорость углубки карьера уменьшается по сравнению с начально-принятым максимальным значением (рис. 5.1). Делается проверка на длительность каждого выделенного периода разработки карьера со стабильной производительностью по полезному ископаемому в течение не менее чем 7-10 лет.

5.2.6. На основании выделенных расчетных периодов разработки со стабильной производительностью по полезному ископаемому определяется производительность карьера по вскрыше (*V*), для чего строится график вида $\sum V = f(T)$. При определении производительности карьера по вскрыше, в первую очередь, устанавливается минимальный, нестабилизированный объем выемки вскрышных пород, обеспечивающий выполнение принятых годовых объемов добычи полезного ископаемого (графи $\sum V_{c\,(1.2)} = f(T)$).
Для этого по каждому году разработки по графику $\sum P_c = f(T)$ берется ордината объема полезного ископаемого, извлекаемого из карьера при работе со стабильной производительностью по руде, и через график $\sum P = f(H)$ определяется абсцисса глубины карьера на данный год разработки. Разница между соседними отметками глубины карьера на оси абсцисс дает скорость понижения работ в карьере. По ординатам понижения работ в карьере по графику $\sum V = f(H)$ определяются объемы выемки вскрыши.

Примечание. В период горно-капитальных работ, когда из карьера извлекаются практически только объемы вскрышных пород, т. е. до начала первого периода эксплуатации, скорость понижения горных работ принимается максимальной, равной принятой скорости углубки, и трансформация графика по вскрыше проводится так же, как по руде.

График $\sum V=f(T)$ выемки пород вскрыши строится на основе графика $\sum V = f(H)$ режима вскрышных работ так, производительность карьера по породам вскрыши определяется тангенсом угла наклона участков кривой $\sum V = f(T)$ к оси абсцисс T, как и производительность карьера по руде производительность по вскрыше постоянна по периодам, как это показано на рис. 5.1. Продолжительность периодов усреднения по вскрыше принимается 7-10 (до 12 лет).

Примечание. Календарный график работы карьера по вскрыше выравнивается за счет переноса части объемов на более ранние периоды работы.

Усреднительные прямые проводятся по касательной к точкам графика $\sum V = f(T)$ или как можно ближе к ним, таким образом, чтобы прямые не пересекали кривую $\sum V = f(T)$. В этом случае в карьере гарантируется сохранение рабочих площадок шириной не менее расчетной.

Примечание. Иногда в процессе усреднения необходимо уменьшение производительности по вскрыше в первый эксплуатационный период в связи с требованиями рационального графика режима горных работ. В этом случае усреднительные прямые могут пересекать кривую $\sum V = f(T)$, координаты точек этих пересечений показывают сроки и объемы консервации (расконсервация) объемов вскрыши и периоды работы карьера с новыми параметрами системы разработки.

5.2.7. Определяются сроки строительства, развития и ввода в эксплуатацию производственных мощностей с указанием объемов работ по добыче полезного ископаемого и выемке вскрыши. По нормам технологического проектирования устанавливается пусковая производительность и динамика наращивания мощности карьера (табл. 5.1). На графике $\sum P_C = f(T)$ определяется объем добычи полезного ископаемого по годам освоения мощности, длительность периода освоения мощности и развития ее до проектной величины. Затем на графике $\sum V_C = f(T)$ выделяется срок строительства карьера и определяется объем горно-строительных работ.

Примечание. Пусковая производительность карьера принимается не менее 30 % расчетной производительности по полезному ископаемому при годовом объеме добычи более 20 млн. т и не менее 50 % при годовой производительности 4-20 млн. т. На карьерах с годовым объемом добычи до 4 млн т при вводе карьера в эксплуатацию должна быть освоена его расчетная (100 %) производительность.

При достижении пусковой производительности по полезному ископаемому карьер считается сданным в эксплуатацию.

На графике $\sum P_C = f(T)$ этому моменту соответствует абсцисса точки с приращением ординат равным или большим производительности пускового комплекса по полезному ископаемому.

Примечание. Сроки освоения расчетной производительности карьера после пуска его в эксплуатацию должны быть не более приведенных в табл. 5.1. В случае несоблюдения этого условия требуется предусмотреть меры по увеличению скорости понижения горных работ в период строительства карьера и освоения его производственной мощности.

Таблица 5.1

СРОКИ ОСВОЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КАРЬЕРА

ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПУСКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО ПОЛЕЗНОМУ ИСКОПАЕМОМУ, МЛН Т	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ОСВОЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ, МЕС.	ОБЪЕМ ДОБЫЧИ В ПРОЦЕНТАХ ОТ ГОДОВОЙ ПРОЕКТ НОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ		
		1-Й ГОД	2-Й ГОД	3-Й ГОД
До 5	9	85	100	-
5-15	15	70	99	100
15-30	18	65*	98	100
Более 30	24	60	90	100

5.2.8. Устанавливается срок службы карьера (с учетом времени наращивания и затухания добычи полезного ископаемого, но без учета периода строительства). Если карьер является единственным в составе горно-обогатительного комбината, срок его разработки принимается после, приведенных выше расчетов, но не меньше нормативного (табл. 5.2).

Таблица 5.2

СРОКИ СЛУЖБЫ КАРЬЕРОВ ПО ОТРАСЛЯМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

СРОК СЛУЖБЫ КАРЬЕРА, ГОДЫ	ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, МЛН Т		
	УГОЛЬНЫЕ КАРЬЕРЫ	КАРЬЕРЫ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	КАРЬЕРЫ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
5-10	1-2	–	2-5
15-20	–	5-10	5-10
25-30	3-5	10-20	10
35-40	10-12	20	–

5.3. Форма отчетности. По результатам занятия представляется отчёт, содержащий краткую теорию рассматриваемого вопроса, графики-номограммы режима горных работ с указанием периодов разработки. Результаты расчетов сводятся в табл. 5.3. Вычерчивается календарный график отработки карьера вида *V,Q = F (T).*

Таблица 5.3

ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ КАРЬЕРА

ПЕРИОДЫ РАЗРАБОТКИ	ГОДОВАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРА		ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРИОДА, ЛЕТ
	ПО РУДЕ, ТЫС. $М^3$	ПО ВСКРЫШЕ, ТЫС. $М^3$	
Строительство карьера (на один из годов)			
Освоение производственной мощности (по годам)			
Работа с проектной мощностью: – 1-й период – 2-й период – …			
Затухание горных работ			

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

НОМЕР ВАРИАНТА	МАСШТАБ, М	ВЫСОТА УСТУПА $H_у$, М	УГОЛ ОТКОСА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ φ, ГРАД	НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	ДЛИНА ЗАЛЕЖИ, L, М	ГРАНИЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВСКРЫШИ, $К_{гр}$ $м^3/м^3$
1	1:2000	12	10	В	1100	4,5
2	1:2000	12	10	В	1100	4,5
3	1:2000	12	10	С	1100	4,5
4	1:2000	12	10	А	1200	4,5
5	1:2000	12	10	В	1200	4,5
6	1:2000	12	10	С	1200	5,0
7	1:2000	12	10	А	1300	5,0
8	1:2000	12	10	В	1300	5,0
9	1:2000	12	10	С	1300	6,0
10	1:2000	15	15	С	1100	5,0
11	1:2000	15	15	А	1100	5,0
12	1:2000	15	15	В	1100	5,5
13	1:2000	15	15	С	1200	5,5
14	1:2000	15	15	А	1200	5,5
15	1:2000	15	15	В	1200	5,5
16	1:2000	15	15	С	1300	5,5
17	1:2000	15	15	А	1300	5,5
18	1:2000	15	15	В	1300	5,5
19	1:2000	15	15	В	1100	6,0
20	1:2000	15	10	В	1100	6,0
21	1:2000	15	10	С	1100	6,0
22	1:2000	15	10	А	1200	6,0
23	1:2000	15	10	В	1200	6,0
24	1:2000	15	10	С	1000	6,0
25	1:2000	15	10	А	1300	6,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАБОТЕ № 4

№ ВАРИАНТА	$H_У$, М	AA, ГРАД	B, ГРАД	$B_{Р.П.}$, М	$L_{ТР}$, М	$L_Б$, М	$Q_{ТР}$, ТЫС. $М^3$/ГОД	$Q_Э$, ТЫС. $М^3$/ГОД	i, ДОЛИ ЕД	$B_{ТР}$, М	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА
1	10	70		45	600	300	500	600	0,080	22	
2	12	75		50	800	400	600	800	0,080	24	
3	15	60	40	60	1000	450	800	1000	0,080	24	А
4	16	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
5	12	70		50	900	400	800	1000	0,080	24	
6	15	75		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
7	10	60		45	700	300	500	600	0,080	22	
8	12	65	45	50	800	350	600	800	0,080	24	В
9	15	70		60	900	450	800	1000	0,080	24	
10	10	75		45	700	350	600	800	0,080	22	
11	12	60		50	800	400	800	1000	0,080	24	
12	15	65		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
13	10	70	50	45	700	300	500	600	0,080	22	А
14	12	75		50	900	400	600	800	0,080	24	
15	15	60		60	1000	450	900	1000	0,080	24	
16	10	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
17	12	70		50	1000	450	800	1000	0,080	24	
18	15	75	40	60	800	400	1000	1200	0,080	24	В
19	10	60		45	600	300	500	600	0,080	22	
20	12	65		50	700	350	600	800	0,080	24	
21	15	70		60	1000	400	800	1000	0,080	24	
22	10	75	45	45	700	300	600	800	0,080	22	А
23	12	65		50	800	350	800	1000	0,080	24	

Рекомендуемая литература

1. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров: учебник. – 3-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2009. – 694 с., илл.
2. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. – М.: ООО «НТЦ Горное дело», 2010. - 700 с.
3. Хохряков В.С. Проектирование карьеров: учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1992. – 383 с.: илл.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник. Изд. 8-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 552 с. (Классика инженерной мысли: горное дело)
5. Корнилков С.В., Беляев В.Л. Проектирование карьеров: учеб-метод пособ. по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Проектирование карьеров» для студентов специальности 130403 – «Открытые горные работы» (ОГР) направления 130400 – «Горное дело». – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 31 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1 «Точность расчетов при проектировании»	5
Практическая работа № 2 «Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте «Определение глубины карьера сравнением контурного и граничного коэффициентов вскрыши»	7
Практическая работа № 3 «Линейный графический метод горно-геометрического анализа»	10
Практическая работа № 4 «Расчет скорости углубки в карьере»	15
Практическая работа № 5 «Проектирование производственной мощности карьера»	20
Приложение 1	25
Приложение 2	26
Рекомендуемая литература	27

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А.Упоров

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность – ***21.05.04 Горное дело***

Специализация № 3 – ***Открытые горные работы***

Форма обучения: очная, заочная

Квалификация выпускника: **горный инженер (специалист)**

Автор: Лель Ю. И., профессор, д. т. н.

Одобрен на заседании кафедры	Рассмотрен методической комиссией факультета
Разработка месторождений открытым способом	Горно-технологического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____ *(подпись)*	Председатель _____ *(подпись)*
Лель Ю. И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение ……. 2

1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов 2

2. Содержание курса. Контрольные вопросы и упражнения …….. 3

3. Контрольные работы …… 6

3.1. Контрольная работа № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»…… 7

3.2. Контрольная работа № 2 «Расчет плановых объемов горных работ по процессам» …… 8

Рекомендуемая литература ……. 10

Введение

Самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки специалистов по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Открытые горные работы».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» объем учебной нагрузки студента составляет 108 часов или 3 зачетных единицы. Из них отводится на самостоятельную работу студентов: очной формы обучения – 44 часа, заочной – 88 часов.

По курсу «Взаимодействие процессов открытых горных работ» обязательная самостоятельная работа студентов осуществляется в следующих направлениях: освоение материалов по отдельным темам, входящим в рабочую программу дисциплины; подготовка и решение тестовых заданий; выполнение и защита контрольных работ. Данное учебное пособие предназначено для организации второй части самостоятельной работы студентов – освоение отдельных тем дисциплины и выполнение контрольных работ. Контрольные вопросы и задания предназначены для подготовки студентов очной и заочной форм обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ». Она содержит названия 8 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 учебниках по курсу [1,2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины на кафедре разработки месторождений открытым способом имеется тестовая обучающая программа и мультимедийные средства обучения. Эта программа заложена в каждый компьютер дисплейного класса и может быть скопирована студентом для использования на домашнем компьютере.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1, 2] 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 и выполните рекомендованные упражнения. 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.
6. Решите указанные задачи. Условия задач приведены в последнем разделе данного учебного пособия. При затруднении обратитесь за консультацией к преподавателю.
7. Для самоконтроля используйте тестовую обучающую программу

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 и упражнения

Темы 1-2. Технологические основы отвальных работ. Технология отвалообразования при автомобильном, железнодорожном и конвейерном транспорте.

Основные параметры отвалов, выбор месторасположения отвалов. Расчет приемной способности отвальных тупиков, параметров отвальных работ и производительности отвального оборудования.

Основные понятия термины и значение отвалообразования в общем комплексе открытых горных работ. Параметры отвалов и процесса отвалообразования. Способы отвалообразования и их оценка. Приемная способность отвального тупика. Выбор места под отвалы и сооружение первоначальных отвальных насыпей.

Технология и организация работ при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании. Методика расчета бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте. Технология отвалообразования при железнодорожном транспорте. Характеристика оборудования и организация работ при плужном отвалообразовании. Оборудование, применяемое при экскаваторном отвалообразовании, и требования, предъявляемые к нему. Расчет параметров экскаваторных отвалов. Отвалообразование с помощью драглайнов. Технологические схемы отвалообразования драглайнами и расчет их параметров. Технология отвалообразования при конвейерном транспорте. Расчет параметров отвалов при использовании полноповоротных, неполноповоротных и неповоротных отвалообразователей. Технико-экономические показатели и область применения различных способов отвалообразования. Рекультивация отвалов. Основные правила безопасности при производстве отвальных работ. Направления совершенствования отвальных работ [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие факторы оказывают влияние на выбор способа отвалообразования?
2. Назовите достоинства, недостатки и область применения отвалообразования мехлопатами при железнодорожном транспорте.
3. Какими рабочими параметрами экскаватора определяется ширина отвальной заходки при отвалообразовании мехлопатами?
4. Назовите основные правила конструирования многоярусных отвалов.
5. Как увеличить приемную способность отвальной заходки?
6. Назовите основные факторы, определяющие устойчивость отвалов.
7. Суть, достоинства и недостатки плужного отвалообразования.
8. Достоинства и недостатки бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.
9. Порядок развития бульдозерных отвалов по высоте и в плане (дать схемы).
10. Факторы, определяющие выбор бульдозера на отвале.
11. Виды и назначение участков на бульдозерном автомобильном отвале (показать на схеме).
12. Параметры безопасной установки автосамосвала на бульдозерном отвале при разгрузке.
13. Принцип расчета высот подъярусов при отвалообразовании мехлопатой.
14. Суть коэффициента «заваленности» при бульдозерном отвалообразовании. Его значения. На что он влияет?
15. Выведите формулу приемной способности экскаваторного отвального тупика по транспортным условиям при железнодорожном транспорте.
16. Развитие в плане плужных отвалов? Абзетцерных? (Дать схемы).
17. Направления совершенствования отвальных работ.
18. Параметры забоя мехлопаты при отвалообразовании (дать схему в разрезе, взаимосвязь параметров).

19. Нарисовать схему отвалообразования драглайнов с нижней отсыпкой отвального уступа.
20. Область применения отвалообразования драглайнами с верхней отсыпкой отвального уступа.
21. Выберите параметры отвального тупика (экскаваторное отвалообразование) и рассчитайте приемную способность отвальной заходки: ЭКГ-5А, породы скальные, $R_ч$ = 9,0 м, $R_р$ = 9,5 м.
22. Факторы, определяющие выбор месторасположения отвалов.

Тема 3-4. Структуры механизации. Параметрическая взаимосвязь процессов. экономическая взаимосвязь процессов. Общие принципы организации производственных процессов.

Общие понятия о структурах комплексной механизации открытых разработок. Структура механизации и принципы её комплексности. Классификации структур механизации. Порядок проектирования структуры комплексной механизации. Параметрическая взаимосвязь процессов открытых горных работ. Долгосрочные и текущие параметры технологических процессов.

Принципы экономической организации параметров процессов. Оптимальные текущие и долгосрочные параметры процессов. Общие принципы организации процессов (ритмичность, максимальное использование мощностей оборудования, независимость протекания процессов, экономичность). Определение коэффициентов неравномерности работы карьерного оборудования. Рациональные комплекты оборудования структур механизации [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что такое структура механизации (СМ)?
2. Назовите важнейшие принципы комплексности СМ.
3. В чем принципиальное отличие СМ первого класса от второго? Третьего от четвертого?
4. Приведите примеры СМ разных классов.
5. Назовите главные факторы, определяющие выбор: моделей выемочной машины, бурового станка, вида транспорта.
6. Докажите наличие параметрической взаимосвязи между процессами: БВР и экскавации, экскавации и транспорта.
7. Сформулируйте суть экономической взаимосвязи процессов. Покажите ее на примере.
8. Назовите тенденции изменения экономических показателей процессов при увеличении: диаметра скважин, вместимости ковша экскаватора, грузоподъемности автомашин.
9. Объясните, почему рационально увеличение оптимального среднего куска в трудновзрываемых породах? Для крупных экскаваторов?
10. Как изменяется удельный расход ВВ от $d_{ср}$? Взрываемости пород?
11. Почему рационально увеличивать диаметр скважин в крепких породах? При увеличении емкости ковша экскаватора?
12. Назовите оптимальную СМ 1В класса при объеме работ 10 млн. м^3 в год, мощности вскрыши 18 м и залежи 12 м.
13. Выберите оптимальную СМ 2А класса при объеме работ 15 млн. м^3 в год, мощности вскрыши 25 м и залежи 10 м.
14. Выберите оптимальные модели экскаватора и бурстанка в СМ 4В класса в породах IV класса, объеме работ 12 млн. м^3 в год.
15. Выберите оптимальную грузоподъемность автомашины при грузообороте 15 млн. т, расстоянии откатки 5 км.

Тема 5-7. Организация основных производственных процессов. Производительность комплексов карьерного оборудования.

Общие принципы организации процессов. Организация буровых работ. организационные особенности выемочно-транспортных работ при железнодорожном и автомобильном транспорте. Производительность комплексов.

Порядок обуривания экскаваторных блоков. Схемы передвижения станков в блоке. Определение оптимального объема взрывного блока. Варианты взрывных работ по периодичности и объему взрывного блока. Особенности ведения взрывных работ на узких и нормальных рабочих площадках. Организация совместной работы экскаваторов и буровых станков. Технико-экономические показатели взрывных работ.

Организация выемочно-погрузочных работ при железнодорожном транспорте. Зависимость производительности экскаватора от схемы путевого развития на уступах. Выбор рациональной схемы путевого развития. Порядок отработки смежных заходок при железнодорожном транспорте. Схемы переукладки железнодорожных путей при экскавации развалов. Зависимость производительности экскаваторов и поездов от их количества в карьере.

Организация выемочно-транспортных работ при автомобильном транспорте. Методические основы формирования экскаваторно-автомобильных комплексов. Вероятностные методы расчета необходимого числа автосамосвалов в комплексе. Эксплуатация экскаваторно-автомобильных комплексов по закрытому и открытому циклам. Общая организация работы автотранспорта в карьере. Производительность и технико-экономические показатели работы экскаваторно-автомобильных и экскаваторно-железнодорожных комплексов.

Влияние на производительность карьерного оборудования срока эксплуатации машин и глубины разработки. Производительность элементарного грузопотока. Интегральная производительность грузопотоков в карьере. Зависимость производительности комплекса от числа элементарных грузопотоков. Коэффициенты согласованности работы системы [1, 2, 4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Нарисуйте схемы передвижения бурстанков при разных сетках скважин.
2. Когда рационально закреплять бурстанки за экскаваторами?
3. Отметьте плюсы и минусы взрывания больших по объему блоков.
4. От каких факторов зависит объем взрывблока?
5. Назовите рациональную периодичность массовых взрывов.
6. Назовите размер оптимальных переходящих резервов обуренной массы. Взорванной массы.
7. Когда применяют каскадное взрывание?
8. Выделите основные факторы управления производительностью экскаватора при ж.-д. транспорте. При автотранспорте.
9. Почему с увеличением дальности откатки число загружаемых в автомашину ковшей увеличивается?
10. Как изменяется коэффициент использования экскаваторов с увеличением числа автомашин в потоке? Дальности откатки?
11. Что такое мощность грузопотока? Комплекса?
12. Почему и как изменяется мощность комплекса с увеличением числа элементарных грузопотоков?
13. Как влияет глубина карьера и срок эксплуатации машин (экскаваторов, станков и т.д.) на их производительность?

Тема 8. Планирование объемов работ по процессам.

Общие положения планирования объемов. Принципы и порядок планирования объемов работ по процессам. Общие положения планирования объемов. Этапы, расчетные зависимости. Выделение рабочих зон в выемочной панели. Планирование ремонтов оборудования. Технологический график работ и признаки его рациональности [1-4].

Дополнительная литература [7,8].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Как определяются месячные объемы работ: экскавации? Взрывания? Бурения?
2. Постройте зоны работ на уступе: при $V = 100$ тыс. м^3; $\vec{В}_{i-1} = 50$ тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1} = 20$ тыс. м^3; $B_1 = 120$ тыс. м^3; $Б_1 = 100$ тыс. м^3.
3. Определите наработку на текущий ремонт эксмкаватораЭКГ-15 в породах группы В, группы Г.
4. Для случая задачи 3 определите вид ремонта экскаватора, имеющего общую наработку к расчетному месяцу 9.0 млн. м^3.
5. Назовите принципы рациональности технологического графика работ.
6. Когда рационально проводить ремонты оборудования? Переукладку путей?
7. Рассчитать объем буровых работ на уступе при $V_i = 120$ тыс. м^3; $V_{i+1} = 120$ тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1} = 60$ тыс. м^3; $\vec{В}_{i-1} = 40$ тыс. м^3; $В_1 = 150$ тыс. м^3. Показать зоны на уступе.
8. Выделите на уступе расчетные зоны работ при: $\vec{Б}_{i-1} = 0$; $\vec{В}_{i-1} = 100$ тыс. м^3; $V_i = 120$ тыс. м^3; $В_i = 1{\times}80$ тыс. м^3; $Б_1 = 120$ тыс. м^3. Транспорт железнодорожный, развал убирается в две заходки.
9. Постройте зоны работ, если объемы (тыс. м^3): $V_i = 120$; $В_i = 100$; $Б_i = 130$; $\vec{В}_{i-1} = 60$; $\vec{Б}_{i-1} = 60$; $V_{i+1} = 100$.
10. При условиях $В_i = 120$ тыс. м^3; $V_{i+1} = 150$ тыс. м^3; $\vec{Б}_{i-1} = 60$ тыс. м^3 – принят на месяц объем буровых работ $Б_i = 100$ тыс. м^3. Правильно ли?

3. Контрольные работы

Общий порядок выполнения и оформления контрольных работ.

1. Контрольные работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса и изучения дополнительной литературы.

2. Перед выполнением контрольной работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Контрольные работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения контрольной работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты контрольной работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за контрольную работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по контрольным работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика контрольных работ, наименование студенческой группы,

полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

3.1. Контрольная работа № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторного отвалообразования с помощью шагающих экскаваторов с нижней отсыпкой отвальной заходки и с последовательной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов.

Задачи работы:

- определение высоты верхнего яруса (при работе с верхней и нижней отсыпкой);
- определение ширины отвальной заходки;
- определение приемуой способности отвала;
- расчет числа отвальных тупиков и протяженности фронта отвалообразования.

Исходные условия:

В соответствии с вариантом задаются (табл. 1):

Таблица 1

Исходные данные к контрольной работе № 1 «Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

№ задания	γ, т/м^3	$H_о$, м	Модель экскаватора	$V_{см}$, м^3/смену	Модель думпкара	$n_в$	$L_т$, км	$L_{оп}$, км
1	1,7	20	ЭШ-11.75	10	6ВС-60	6	2,0	2,5
2	2,1	25	ЭШ-20.90	12	ВС-85	7	1,5	0,6
3	2,0	30	ЭШ-15.100	14	ВС-85	8	1,8	0,8
4	2,1	35	ЭШ-25-90	16	2ВС-105	9	2,0	1,0
5	1,6	40	ЭШ-20.100	18	2ВС-105	9	1,0	0,6
6	1,9	32	ЭШ-15.110	20	ВС-145	10	1,2	0,8
7	1,7	30	ЭШ-40.100	21	ВС-145	10	1,5	0,9
8	2,0	38	ЭШ-30.110	28	ВС-170	6	2,0	1,0
9	1,65	25	ЭШ-25.120	16	ВС-170	7	1,6	0,5
10	2,1	35	ЭШ-65.100	20	ВС-145	8	1,0	0,6
11	1,7	45	ЭШ-40.130	19	ВС-145	6	1,0	1,0
12	1,8	41	ЭШ-100.100	25	2ВС-105	7	2,1	1,2
13	1,8	43	ЭШ-100.125	23	2ВС-105	6	1,5	0,6
14	1,9	22	ЭШ-11.75	8	6ВС-60	7	1,6	0,8
15	2,0	25	ЭШ-20.90	10	6ВС-60	7	1,7	0,9
16	2,1	30	ЭШ-15.100	12	ВС-85	7	1,2	1,0
17	1,6	31	ЭШ-25.90	14	ВС-85	8	1,5	1,2
18	1,8	37	ЭШ-20.100	16	2ВС-105	8	2,0	1,0
19	1,7	40	ЭШ-15.110	12	2ВС-105	9	2,5	0,9
20	1,9	41	ЭШ-40.100	14	ВС-145	9	2,4	0,8
21	1,8	43	ЭШ-30.110	16	ВС-145	6	1,2	0,7
22	2,0	44	ЭШ-25.120	18	ВС-170	6	1,3	0,8
23	2,0	42	ЭШ-65.100	20	ВС-170	6	1,4	0,9
24	2,1	43	ЭШ-40.130	28	ВС-170	7	1,5	1,0
25	1,6	45	ЭШ-100.100	24	ВС-170	7	1,6	1,2

- модель экскаватора;
- высота нижнего яруса $H_о$, м;
- схема отвалообразования; тип складируемых пород и плотность пород в целике γ, т/м^3;
- сменный объем отвальных работ $V_{см}$, тыс. м^3/ смену;
- модель думпкара;
- число вагонов в поезде $n_в$;

– длина отвального тупика $L_т$, км;

– расстояние от отвала до обменного пункта $L_{оп}$, км.

Дополнительные условия:

– четные варианты – схема с последовательной отсыпкой нижнего и верхнего ярусов, нечетные – схема с нижней отсыпкой отвального уступа;

– четные варианты – мягкие связные (глинистые) породы, нечетные – мягкие несвязные (песчаные) породы.

Порядок выполнения работы

1. При схеме с верхней и нижней отсыпкой (четные варианты) рассчитывается высота верхнего яруса по методике, изложенной в [3, с. 96]. Рабочие параметры экскаваторов принимаются по [3, с. 132, табл. 20].

2. Определяется ширина отвальной заходки (как при нижней, так и при одновременно нижней и верхней отсыпке) по методике, изложенной в [3, с. 97].

3. Определяется приемная способность отвального тупика (W, млн. м^3) по формуле (1.14) [6].

4. Определяется сменная производительность отвального тупика по производительности отвального экскаватора и по транспортным условиям [6, формулы (1.15) – (1.24)]. Сменная производительность драглайна определяется по методике, изложенной в [5, формулы (3.10) – (3.15)].

5. Рассчитывается число отвальных тупиков и протяженность фронта отвалообразования [6, формулы (1.24) – (1.29)].

6. Составляется паспорт отвалообразования. Пример паспорта отвалообразования представлен в [3, рис. 2, с. 97]. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров. Недостающие данные для составления паспорта (угол откоса яруса для различных пород, коэффициенты разрыхления и т.п.) взять из [6, табл. 1.3].

7. Форма отчетности.

По результатам контрольной работы представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом А4 или А3.

3.2. Контрольная работа № 2 «Расчет плановых объемов горных работ по процессам».

Цель работы: освоить методику планирования горных работ по процессам.

Задачи работы:

– рассчитать переходящие объемы горной массы на следующий месяц за планируемым;

– определить номинальные объемы работ;

– определить число взрывов в панели за месяц;

– определить расчетные объемы работ по процессам;

– установить фактические переходящие резервы;

– выделить расчетные зоны на уступе.

Исходные условия:

В соответствии с вариантом задаются (табл. 2):

– объем выемочных работ (примерный) на планируемый месяц V_i, тыс. м^3;

– объем выемочных работ (примерный) на месяц, следующий за планируемым V_{i+1}, тыс. м^3;
– перешедшие объемы резервов обуренной горной массы $\vec{Б}_{i-1}$, тыс. м^3;
– перешедшие объемы резервов взорванной горной массы $\vec{В}_{i-1}$, тыс. м^3;
– оптимальный объем взрывного блока $V_{в}^{опт}$, тыс. м^3.

Порядок выполнения работы

1. Определяются переходящие объемы обуренной и взорванной горной массы на следующий месяц за планируемым [4, формулы (3.5), (3.6)].

2. Определяется номинальные объемы погрузочных, взрывных и буровых работ [4, формулы (3.1) – (3.4)].

3. Определяется число взрывов в панели за месяц [4, с. 86].

4. Определяются расчетные объемы погрузочных, взрывных и буровых работ [4, с. 84].

5. Устанавливаются фактические переходящие резервы обуренной и взорванной горной массы [4, с. 87].

6. Выделяются расчетные зоны на уступе [4, с. 87, рис. 3.2].

Таблица 1

Исходные данные к контрольной работе № 2
«Расчет отвальных работ при использовании на отвале шагающих экскаваторов (драглайнов)»

№ задания	Месячный объем выемочных работ, тыс. м^3		Переходящие резервы, тыс. м^3		Оптимальный объем взрывного блока $V_{в}^{опт}$, тыс. м^3
	V_i	V_{i+1}	$\vec{Б}_{i-1}$	$\vec{В}_{i-1}$	
1	500	400	100	200	100-150
2	100	120	120	0	60-80
3	120	130	0	100	80-110
4	300	310	150	120	120-160
5	80	100	40	60	80-120
6	60	80	50	30	60-80
7	75	90	0	40	40-60
8	175	180	120	80	100-120
9	65	70	70	0	70-95
10	75	60	30	40	30-50
11	120	110	60	50	70-90
12	135	140	70	80	60-80
13	145	130	55	0	50-70
14	160	150	85	90	100-140
15	250	210	80	110	150-170
16	210	190	120	140	1250-1690
17	190	185	0	100	90-120
18	225	210	90	0	100-140
19	425	400	150	140	100-140
20	325	300	210	180	150-190
21	165	150	85	95	95-115
22	175	160	0	100	85-110
23	185	195	0	120	115-135
24	220	210	110	0	120-160
25	235	250	150	140	140-180

7. Форма отчетности.

По результатам контрольной работы представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется схемой расчетных зон горных работ на уступе с указанием вида и объема работ в каждой зоне.

Рекомендуемая литература

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Производственные процессы : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых" / В. В. Ржевский. - Изд. 8-е. - Москва: ЛЕНАНД, 2016. - 512 с.
2. Репин, Н. Я. Перемещение и складировании е горных пород: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - Изд. 2-е, стер. - Москва: Горная книга, 2016. - 221 с.: рис., табл., фот. - (Процессы открытых горных работ; № 9).
3. Репин, Н. Я. Практикум по дисциплине "Процессы открытых горных работ": учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горны работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - [2-е изд., стер.]. - Москва: Горная книга, 2018. - 156 с.: рис., табл. - (Процессы открытых горных работ; № 7).
4. Сорокин Л.А. Взаимодействие процессов на карьерах. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 96 с.
5. Процессы открытых горных работ. Выемочно-погрузочные работы: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, Д. А. Шлохин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 53 с.
6. Взаимодействие процессов открытых горных работ: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 42 с.
7. Томаков П. И. Структуры комплексной механизации карьеров с техникой цикличного действия. – М.: Недра, 1976. – 232 с.
8. Русский И. И. Отвальное хозяйство карьеров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1971. – 240 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Екатеринбург

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

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-технологического
факультета
«19» _____04____ 2019 г.
Председатель комиссии
_____ст. преп. Колчина Н. В.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие
по выполнению практических работ
по дисциплине «Процессы открытых горных работ»
для студентов специализации
«Открытые горные работы» (ОГР)
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Ю. И. Леля

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

УДК 622.221
П84

Р е ц е н з е н т: *Н. В. Мартынов*, канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений открытым способом УГГУ

Учебно-методические пособие рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений открытым способом « 11 » сентября 2019 г. (протокол № 332) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

П84 Взаимодействие процессов открытых горных работ: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 27 с.

В учебно-методическом пособии даны рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень источников.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» и требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования к обязательному минимуму содержания и уровня подготовки специалистов по специализации «Открытые горные работы» специальности 21.05.04 – «Горное дело».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов очного и заочного обучения, изучающих данную дисциплину, а также может быть использовано при выполнении курсового проекта, бакалаврской и дипломной работ.

УДК 622.221

© Уральский государственный горный университет, 2019
© Лель Ю. И., Стенин Ю. В., Глебов И. А., 2019

Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению практических работ «Выемочно-погрузочные работы» разработано на основе рабочей учебной программы дисциплины «Взаимодействие процессов открытых горных работ» для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 21.05.04 – «Горное дело». Оно содержит рекомендации по выполнению практических работ, исходные данные для расчетов, алгоритмы решения, расчетные формулы, информационно-справочный материал, рекомендации по оформлению работ и перечень литературных источников.

Основная цель практических работ – приобретение базовых знаний, умений и навыков по технологии отвалообразования и организации производственных процессов, необходимых для осуществления учебной и профессиональной деятельности.

Задачами практических работ являются:

– приобретение практических навыков по обоснованию технологических параметров отвалообразования в карьерах;

– овладение методами расчета, необходимыми для выбора рациональной организации технологических процессов в конкретных горнотехнических условиях эксплуатации.

Каждая практическая работа рассчитана на два-четыре академических часа при соответствующей подготовке студента.

Общий порядок выполнения работ:

1. Практические работы проводятся после прослушивания студентами лекций по соответствующим разделам курса.

2. Перед выполнением практической работы студент должен проработать рекомендуемую литературу и соответствующие темы лекций, а также изучить порядок и алгоритм её выполнения.

3. Практические работы выполняются на основе индивидуальных исходных данных. Номера вариантов определяются преподавателем.

4. Для выполнения практической работы необходимо иметь при себе конспект лекций, рабочую тетрадь, чертёжные инструменты и калькулятор.

5. Результаты практической работы представляются в виде отчёта – технического документа, оформленного в соответствии с требованиями ГОСТа 2.105-95. Отчёт должен содержать следующие разделы: наименование и цель работы; исходные данные; краткое описание теоретических положений, лежащих в основе данной работы; основные формулы и расчёты, таблицы с результатами расчётов, графики; анализ полученных результатов и выводы.

6. Оценка за практическую работу выставляется на основе защиты отчёта и ответов на контрольные вопросы с учётом качества оформления.

7. Отчёты по практическим работам выполняются в виде отдельной работы со сквозной нумерацией страниц, с титульным листом стандартной формы и содержанием. На титульном листе указывается общая тематика практических работ,

наименование студенческой группы, полные фамилия, имя и отчество студента-исполнителя, а также фамилия, имя, отчество и должность преподавателя.

Практическая работа № 1

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНЫХ ОТВАЛОВ

Цель работы: освоить методику расчета параметров экскаваторного отвалообразования при железнодорожном транспорте.

Задачи работы:

1. Выбор модели отвального экскаватора.
2. Расчет параметров отвального яруса.
3. Определение приемной способности отвала.
4. Расчет числа отвальных тупиков и протяженности фронтов отвалообразования.
5. Составление паспорта экскаваторного отвалообразования.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 270-285; 2, с. 192-210] изучить основные технологические параметры экскаваторных отвалов, схемы отвалообразования и методику расчета производительности отвального оборудования.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 1.1) задаются:

- тип складируемых пород (скальные, песчаные, глинистые);
- плотность пород в целике γ, т/м^3;
- сменный объем отвальных работ $V_{см}$, тыс. м^3/смену;
- модель думпкара;
- число вагонов в поезде $n_в$;
- длина отвального тупика $L_т$, км;
- расстояние от отвала до обменного пункта $L_{оп}$, км.

Порядок выполнения работы

1. Выбирается модель отвального экскаватора (табл. 1.2).

Выбор модели экскаватора производится на основе принципов комплексности механизации согласно рекомендациям по рациональным сочетаниям и количественным соотношениям погрузочного, транспортного и отвального оборудования в комплексах [4, 6, 7].

1. В соответствии с типом складируемых пород принимаются (табл. 1.3):
   - высота отвального яруса $H_о$, м;
   - угол откоса отвального яруса $\alpha_о$, град.;
   - коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале $k_р$;
   - остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале $k_{р.о}$;
   - угол откоса борта приямка $\beta_п$, град.

2. В соответствии с расчетной схемой (рис. 1.1) определяется:

2.1. Коэффициент уплотнения (усадки) пород в отвале ($k_у$)

$$k_у = \frac{k_р - k_{р.о}}{k_{р.о}} \qquad (1.1)$$

где $k_р$ – коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород;

$k_{р.о}$ – остаточный коэффициент разрыхления.

Таблица 1.1

Исходные данные к практической работе № 1

«РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНЫХ ОТВАЛОВ»

№ задания	Складируемые породы		$V_{см}$, тыс. м^3/смену	Модель думпкара	Число вагонов в поезде $n_в$	$L_т$, км	$L_{оп}$, км
	тип	γ, т/м^3					
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Скальные	2,5	4,0	6ВС-60	6	2,0	0,5
2	То же	2,6	6,0	ВС-85	7	1,5	0,6
3	«	2,7	8,0	ВС-85	8	1,8	0,8
4	«	2,8	10,0	2ВС-105	9	2,0	1,0
5	«	2,9	12,0	ВС-145	9	1,0	0,6
6	«	2,5	14,0	ВС-145	10	1,2	0,8
7	«	2,6	16,0	ВС-170	10	1,5	0,9
8	«	2,7	4,0	6ВС-60	6	2,0	1,0
9	«	2,8	6,0	ВС-85	7	1,6	0,5
10	«	2,9	8,0	2ВС-105	8	1,0	0,6
11	Мягкие несвязные (песчаные)	1,6	4,0	2ВС-105	6	1,0	1,0
12	То же	1,7	4,5	6ВС-60	7	2,1	1,2
13	«	1,8	5,0	ВС-85	6	1,5	0,6
14	«	1,6	6,0	ВС-85	7	1,6	0,8
15	«	1,7	7,0	2ВС-105	7	1,7	0,9
16	«	1,8	8,0	2ВС-105	7	1,2	1,0
17	«	1,6	8,5	ВС-145	8	1,5	1,2
18	«	1,7	9,0	ВС-145	8	2,0	1,0
19	«	1,8	10,0	ВС-145	9	2,5	0,9
20	«	1,8	12,0	ВС-145	9	2,4	0,8
21	Мягкие связные (глинистые)	2,0	4,0	2ВС-105	6	1,2	0,6
22	То же	2,1	5,0	2ВС-105	6	1,3	0,7
23	«	1,9	6,0	2ВС-105	6	1,4	0,8
24	«	2,0	7,0	2ВС-105	7	1,5	0,9
25	«	2,1	8,0	2ВС-105	7	1,6	1,0
26	«	1,9	9,0	2ВС-105	7	1,7	1,1
27	«	2,0	10,0	ВС-145	8	1,8	1,2

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	Мягкие связные (глинистые)	2,1	11,0	ВС-145	8	1,9	1,3
29	То же	1,9	12,0	ВС-145	8	2,0	1,4
30	«	2,0	12,5	ВС-170	8	2,1	1,5

3.1. Высота слоя уплотнения (Δh, м)

$$\Delta h = k_{\text{у}} H_{\text{о}}, \qquad (1.2)$$

где $H_{\text{о}}$ – высота отвального яруса, м.

Таблица 1.2

Параметры карьерных экскаваторов

Параметр	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5
Вместимость ковша E, м^3	5,2	8,0	10,0	12,5
Максимальный радиус черпания $R_{\text{ч max}}$, м	14,5	18,4	18,4	22,5
Максимальный радиус разгрузки $R_{\text{р max}}$, м	12,3	16,3	16,3	19,9
Максимальная высота разгрузки $H_{\text{р max}}$, м	6,7	9,2	8,6	10,0
Высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки $H_{\text{р}}$, м ……..	4,26	5,7	5,7	7,6
Ширина хода $B_{\text{х}}$, м……	5,2	6,98	6,98	9,4
Длина хода $L_{\text{х}}$, м……	6,1	8,2	8,2	13,0

Таблица 1.3

Рекомендуемые параметры экскаваторного отвалообразования [2]

Тип складируемых пород	Высота яруса $H_{\text{о}}$, м	Угол откоса яруса α, град.	Угол откоса приямка β, град.	Коэффициент разрыхления	
				свежеотсыпанных пород $k_{\text{р}}$	остаточный $k_{\text{р.о}}$
Скальные …….	30-40	40-45	55-60	1,35-1,40	1,08-1,15
Песчаные……..	25-30	30-35	40-45	1,10-1,15	1,01-1,015
Глинистые ……..	15-20	35-40	45-50	1,30-1,35	1,06-1,07

3.2. Высота верхнего подъяруса ($H_{\text{в}}$, м)

Высота верхнего подъяруса должна удовлетворять условиям

$$\begin{cases} H_{\text{в}} \le H_{\text{р}} - \Delta h; \\ H_{\text{в}} \le \dfrac{R_{\text{р.max}} - 0{,}5L_{\text{х}} - \Delta h \operatorname{ctg}\alpha_{\text{о}} - 0{,}6}{\operatorname{ctg}\alpha_{\text{о}}} \end{cases}, \qquad (1.3)$$

где $H_р$ – высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки, м; $R_{р.\,max}$ – максимальный радиус разгрузки, м; $L_х$ – длина хода экскаватора, м; $\alpha_о$ – угол откоса отвального яруса, град.

Выбирается наименьшее значение $H_в$, полученное из формул (1.3). Если $H_в$ принимает отрицательные значения, уменьшается высота отвального яруса $H_о$ и пересчитывается высота слоя уплотнения Δh.

3.4. Высота нижнего подъяруса ($H_н$, м)

$$H_н = H_о - H_в\,. \tag{1.4}$$

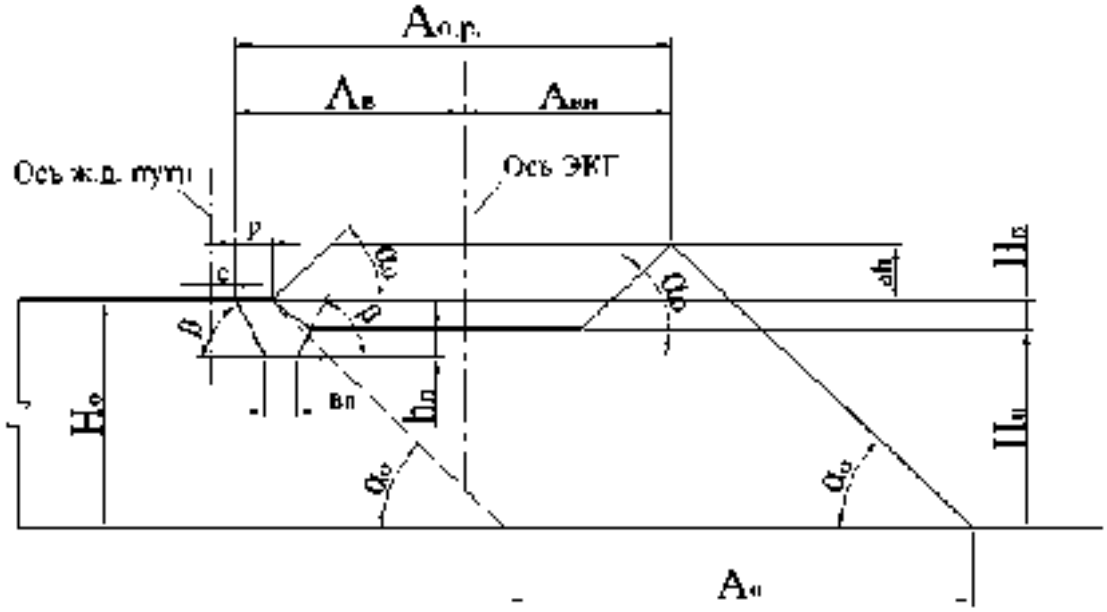


Рис. 1.1. Схема к расчету параметров отвального яруса

$H_о$ – высота отвального яруса; $H_н$ – высота нижнего подъяруса; $H_в$ – высота верхнего подъяруса; Δh – высота слоя уплотнения; $\alpha_о$ – угол откоса отвального яруса; $h_п$ – глубина приямка; $b_п$ – ширина приямка по дну; β – угол откоса борта приямка; $A_{о.р}$ – расчетная ширина отвальной заходки; $A_в$ – ширина внутренней части отвальной заходки; $A_{в.н}$ – ширина внешней части отвальной заходки; $A_о$ – фактическая ширина отвальной заходки; C – расстояние от оси железнодорожного пути до верхней бровки приямка; P – дальность разгрузки породы на уровне рельсового пути

4. Определяется ширина отвальной заходки.

4.1. Расчетная ширина отвальной заходки ($A_{о.р}$)

$$A_{о.р} = A_в + A_{в.н}, \tag{1.5}$$

где $A_в$ – ширина внутренней части отвальной заходки, м; $A_{в.н}$ – ширина внешней части отвальной заходки, м.

$$A_в = \sqrt{R_ч^2 - \left(\frac{l_п}{2}\right)^2}\,, \tag{1.6}$$

$$A_{в.н} = R_р\,, \tag{1.7}$$

где $R_р$ – радиус разгрузки, м; принимается $R_р \approx (0{,}85 \div 0{,}90)\, R_{р\,max}$; $R_{р\,max}$ – максимальный радиус разгрузки экскаватора, м; $R_ч$ – радиус черпания, м; принимается

$R_ч \approx (0{,}85 \div 0{,}90)\, R_{ч\,max}$; $R_{ч\,max}$ – максимальный радиус черпания экскаватора, м; $l_п$ – длина приямка, м.

Таким образом

$$A_{о.р} = \sqrt{R_ч^2 - \left(\frac{l_п}{2}\right)^2} + R_р. \quad (1.8)$$

Размеры приямка принимаются из условия, что одновременно в приямок разгружается один вагон [3].

$$l_п = (1{,}5...2{,}0)\, l_в, \quad (1.9)$$

где $l_в$ – длина вагона, м (табл. 1.4).

Глубина приямка ($h_п$, м)

$$h_п \le h_{к\,max}, \quad (1.10)$$

где $h_{к\,max}$ – максимальная глубина копания экскаватора, м.

Принимается $h_п$ = 1,5 м для ЭКГ-5А, $h_к$ = 1,8÷2,0 м для ЭКГ-8И, ЭКГ-10 и ЭКГ-12,5.

Ширина приямка по дну $b_п$ = 3÷4 м.

Расстояние от оси железнодорожного пути до верхней бровки приямка C = 1,6÷2,0 м.

Дальность разгрузки породы на уровне рельсового пути P = 1,5÷2,0 м.

Ширина внутренней части отвальной заходки должна удовлетворять условию

$$A_в \ge H_в \operatorname{ctg}\beta + 2h_п \operatorname{ctg}\beta + b_п + B_х/2 + 0{,}6. \quad (1.11)$$

Если условие не выполняется, то применяется более мощный экскаватор или сокращается длина приямка. Минимальная длина приямка должна удовлетворять условию

$$l_п \ge 1{,}2\, l_в. \quad (1.12)$$

Фактическая ширина отвальной заходки ($A_о$, м)

$$A_о = A_{о.р} + \Delta h \operatorname{ctg}\alpha_о - P. \quad (1.13)$$

Таблица 1.4

Параметры думпкаров

Параметр	Модель думпкара				
	6ВС-60	ВС-85	2ВС-105	ВС-145	ВС-170
Грузоподъемность $Q_в$, т ……	60	85	105	145	170
Вместимость кузова $V_в$, м^3…	26,2	38	50	68	75
Длина вагона $l_в$, м……	11,8	12,2	14,9	17,63	16,95

5. Определяется приемная способность отвального тупика ($W_т$, млн. м^3)

$$W_т = \frac{10^{-6} L_т A_о H_о}{k_{р.о}}, \quad (1.14)$$

где $L_т$ – длина отвального тупика, м; $A_о$ – фактическая ширина отвальной заходки, м; $H_о$ – высота отвального яруса, м.

6. Рассчитывается сменная производительность отвального тупика.

Сменная производительность отвального тупика определяется:

6.1. производительностью отвального экскаватора ($П_э$, м^3/смену)

$$П_э = Q_т\, T_{см}\, k_и\,, \tag{1.15}$$

где $Q_т$ – техническая производительность экскаватора на отвале, м^3/ч (табл. 1.5); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени экскаватора ($k_и \approx 0{,}80$).

Таблица 1.5

Техническая производительность экскаваторов при работе на отвале ($Q_т$, м^3/ч)

Категория пород по трудности экскавации	Модель экскаватора			
	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-10	ЭКГ-12,5
IV (скальные)……	365	495	600	715
II (песчаные и глинистые)…	530	720	875	1035

6.2. Приемной способностью отвального тупика по транспортным условиям ($П_т$, м^3/смену)

$$П_т = N_п\, Q_п\,, \tag{1.16}$$

где $N_п$ – количество поездов, которые могут разгрузиться в тупике в течение смены, шт.; $Q_п$ – объем породы в поезде, м^3.

$$Q_п = \frac{n_в Q_в}{\gamma}\,, \tag{1.17}$$

где $n_в$ – число думпкаров в поезде, шт.; $Q_в$ – грузоподъемность думпкара, т; γ – плотность пород в целике, м^3.

$$N_п = \frac{T_{см} k_и}{T_о}\,, \tag{1.18}$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и \approx 0{,}8$); $T_о$ – время обмена составов, ч.

Время обмена составов (рис. 1.2) рассчитывает по формуле

$$T_о = T_д^г + T_р + T_д^п + \tau, \tag{1.19}$$

где $T_д^г$ – время движения груженого состава от забоя экскаватора до обменного пункта, ч; $T_д^п$ – время движения порожнего состава от обменного пункта до забоя отвального экскаватора, ч; $T_р$ – продолжительность разгрузки состава, ч; τ – время на связь при обмене составов, ч ($\tau \approx 0{,}2$ ч) при телефонной или радиосвязи).

$$T_д^г = T_д^п = \frac{L}{v_{ср}} = \frac{L_{о.п} + 0{,}5 L_т}{v_{ср}}\,, \tag{1.20}$$

где L – среднее расстояние транспортирования от отвального экскаватора до обменного пункта, км; $v_{ср} \approx v_г \approx v_п$ – средняя скорость движения состава на отвале, км/ч ($v_{ср} \approx 15$ км/ч); $v_г$, $v_п$ – соответственно скорость движения груженого и порожнего состава на отвале, км/ч.

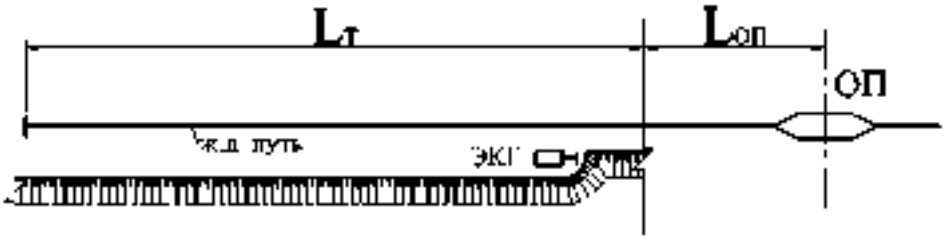


Рис. 1.2. Схема к расчету времени обмена составов на отвале:
$L_т$ – длина отвального тупика; $L_{о.п}$ – расстояние от отвала до обменного пункта;
ОП – обменный пункт

Продолжительность разгрузки состава ($T_р$, ч)

$$T_р = \frac{t_р n_в}{60}, \quad (1.21)$$

где $t_р$ – продолжительность разгрузки одного думпкара, мин ($t_р \approx 1{,}5$ мин).

7. Определяется длительность экскавации породы, перевозимой одним составом ($T_э$, ч)

$$T_э = \frac{Q_п}{Q_т}, \quad (1.22)$$

где $Q_п$ – объем породы в составе, м^3; $Q_т$ – техническая производительность экскаватора на отвале, м^3/ч.

8. Устанавливаем условие, по которому определяется сменная

Если $T_э \geq T_о$, то сменная производительность отвального тупика ($П_о$) определяется производительностью экскаватора

$$П_о = П_э. \quad (1.23)$$

Если $T_э \leq T_о$, то сменная производительность отвального тупика определяется приемной способностью тупика по транспортным условиям ($П_т$)

$$П_о = П_т. \quad (1.24)$$

9. Рассчитывается число отвальных тупиков и протяженность фронта отвалообразования.

9.1. Число рабочих тупиков ($N_р$)

$$N_р = \frac{V_{см}}{П_о}, \quad (1.25)$$

где $V_{см}$ – сменный объем отвальных работ, тыс. м^3/смену; $П_о$ – сменная производительность отвального тупика, тыс. м^3/смену. $N_р$ округляется до целого в большую сторону.

9.2. Число резервных тупиков ($N_{рез}$)

$$N_{рез} \approx (0{,}2 \div 0{,}4)\, N_р. \quad (1.26)$$

9.3. Полное число отвальных тупиков ($N_т$)

$$N_т = N_р + N_{рез}. \quad (1.27)$$

9.4. Протяженность активного фронта отвальных работ ($L_{ф.а}$, км)

$$L_{ф.а} = L_т\, N_р. \quad (1.28)$$

9.5. Общая протяженность фронта отвальных работ ($L_{ф.о}$, км)

$$L_{ф.о} = L_т N_т. \quad (1.29)$$

10. Составляется паспорт экскаваторного отвалообразования.

Пример паспорта экскаваторного отвалообразования представлен на рис. 1.3. Паспорт составляется в стандартном масштабе с указанием числовых значений определяющих параметров.

11. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты, а также расчетные схемы (см. рис. 1.1, 1.2).

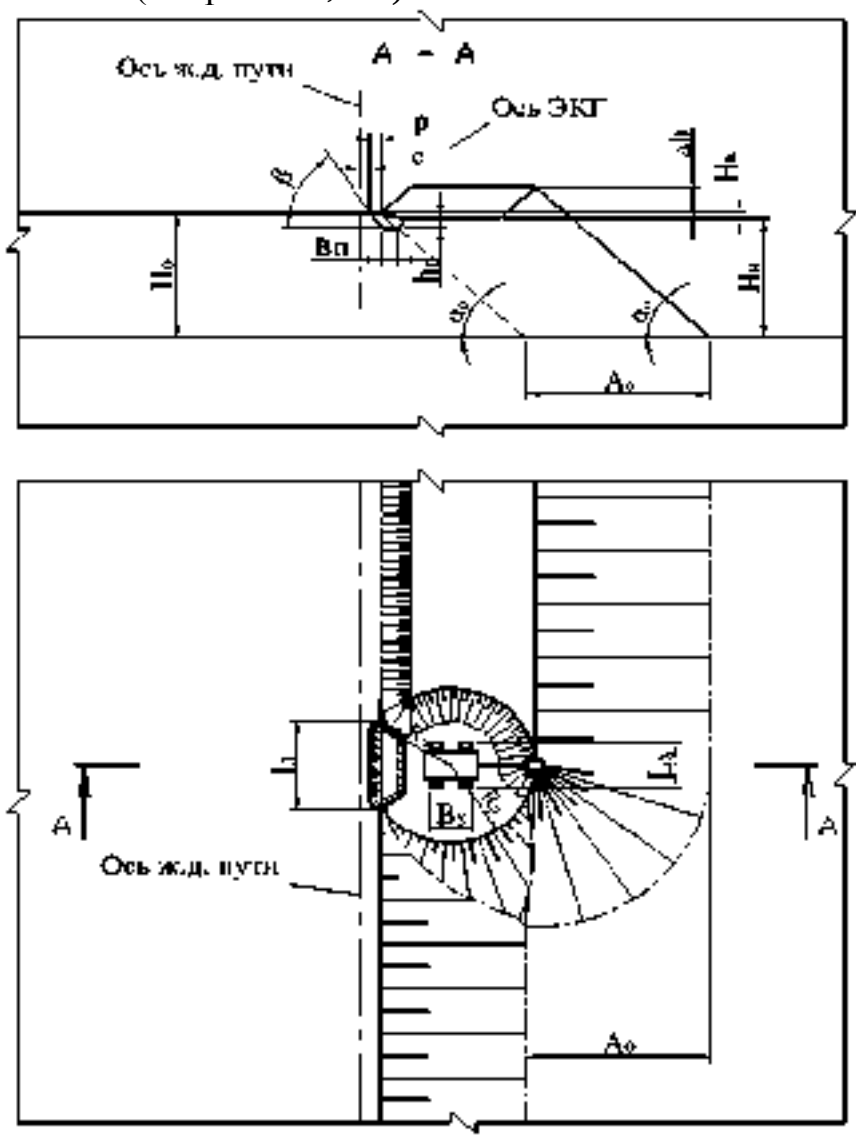


Рис. 1.3. Паспорт экскаваторного отвалообразования

Графическая часть представляется одним листом формата А4 или А3 и включает:

1. Паспорт экскаваторного отвалообразования (план и разрез). В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 1.3).

Таблицу, включающую технологические параметры отвалообразования (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Технологические параметры экскаваторного отвалообразования

Параметр	Значение
Модель экскаватора	
Максимальный радиус разгрузки $R_{р\ max}$, м	
Максимальный радиус черпания $R_{ч\ max}$, м	
Высота разгрузки при максимальном радиусе разгрузки $H_р$, м	
Тип складируемых пород	
Плотность пород в массиве γ, т/м^3	
Коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород $k_р$	
Остаточный коэффициент разрыхления $k_{р.о}$	
Коэффициент уплотнения пород в отвале $k_у$	
Расчетная ширина отвальной заходки $A_{о.р}$, м	
Фактическая ширина отвальной заходки $A_о$, м	
Высота отвального яруса $H_о$, м	
Высота слоя уплотнения Δh, м	
Высота верхнего подъяруса $H_в$, м	
Высота нижнего подъяруса $H_н$, м	
Длина приямка $l_п$, м	
Угол откоса отвального яруса $\alpha_о$, град.	
Угол откоса борта приямка β, град.	
Модель думпкара	
Длина отвального тупика $L_т$, км	
Расстояние от отвала до обменного пункта $L_{о.п}$, км	
Объем породы в поезде $Q_п$, м^3	
Приемная способность отвального тупика $W_т$, млн. м^3	
Производительность отвального тупика $П_о$, м^3/смену	
Полное число отвальных тупиков $N_т$	
Протяженность активного фронта отвальных работ $L_{ф.а}$, км	
Общая протяженность фронта отвальных работ $L_{ф.о}$, км	

Практическая работа № 2

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Цель работы: освоить методику расчета параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте.

Задачи работы:

1. Выбор высоты отвального яруса и отвала.
2. Расчет площади отвала.
3. Расчет параметров отвальных забоев и фронтов отвалообразования.
4. Определение объема бульдозерных работ.
5. Выбор модели бульдозера, расчет производительности и парка бульдозеров.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [1, с. 323-326; 2, с. 183-192] изучить основные технологические параметры экскаваторных отвалов, схемы отвалообразования и методику расчета производительности отвального оборудования.

Исходные условия

В соответствии с вариантом (табл. 2.1) задаются:

- тип складируемых пород (скальные, песчаные, глинистые);
- объем пород, подлежащих размещению в отвале за срок его существования $V_о$, млн. м^3
- годовая производительность карьера по вскрыше $П_в$, млн. м^3/год;
- модель автосамосвала;
- рабочий угол откоса отвального яруса α, град.;
- устойчивый угол откоса отвального яруса $\alpha_у$, град.;
- плотность пород в целике γ, т/м^3 (табл. 2.2);
- коэффициент разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале $k_р$, (см. табл. 2.2);
- остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале $k_{р.о}$, (см. табл. 2.2).

Порядок выполнения работы

1. Выбирается высота отвального яруса, количество ярусов и рассчитывается высота отвала.

Выбор высоты отвального яруса ($H_о$, м) производится исходя из типа складируемых пород (см. табл. 2.2). Количество отвальных ярусов ($n_я$) назначается самостоятельно исходя из условия, что общая высота отвала должна быть, как правило, не более 120-150 м.

Общая высота отвала ($H'_о$)

$$H'_о = H_о n_я , \qquad (2.1)$$

где $H_о$ – высота отвального яруса, м; $n_я$ – число ярусов.

Таблица 2.1

Исходные данные к практической работе № 2
«Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транспорте»

№ задания	Тип складируемых пород	Объем пород в отвале $V_о$, млн. м^3	Производительность карьера по вскрыше $П_в$, млн. м^3/год	Модель автосамосвала	Угол откоса отвального яруса	
					рабочий $\alpha_р$ град.	устойчивый $\alpha_у$, град.
1	Скальные	160	8,0	БелАЗ-7548	40	38
2	То же	180	9,0	БелАЗ-7548	45	42
3	«	200	10,0	БелАЗ-7549	44	42
4	«	220	11,0	БелАЗ-7549	43	41
5	«	120	5,0	БелАЗ-7540	41	38
6	«	140	6,0	БелАЗ-7548	39	37
7	«	185	7,5	БелАЗ-7548	40	37
8	«	260	12,5	БелАЗ-7549	41	38
9	«	170	8,5	БелАЗ-7549	42	39
10	«	210	9,5	БелАЗ-7549	43	39
11	Глинистые	250	13,0	БелАЗ-7512	36	32
12	То же	280	13,5	БелАЗ-7512	36	31
13	«	300	14,0	БелАЗ-7512	38	35
14	«	320	14,5	БелАЗ-7512	38	34
15	«	195	9,0	БелАЗ-7549	34	30
16	«	100	5,0	БелАЗ-7540	35	31
17	«	150	7,5	БелАЗ-7548	40	36
18	«	200	9,4	БелАЗ-7549	40	35
19	«	210	8,3	БелАЗ-7549	36	32
20	«	240	12,7	БелАЗ-7512	38	34
21	Песчаные	120	4,5	БелАЗ-7540	35	30
22	То же	150	6,0	БелАЗ-7540	34	32
23	«	225	7,5	БелАЗ-7548	33	30
24	«	325	14,0	БелАЗ-7512	32	29
25	«	315	12,0	БелАЗ-7512	35	32
26	«	160	5,5	БелАЗ-7540	34	31
27	«	155	6,5	БелАЗ-7540	35	29
28	«	250	9,0	БелАЗ-7548	36	30
29	«	320	10,0	БелАЗ-7549	35	31
30	«	345	11,0	БелАЗ-7549	32	29

2. Рассчитывается площадь отвала ($S_о$, га):

$$S_{\text{о}} = \frac{V_{\text{о}} k_{\text{р.о}} 10^{-4}}{H_{\text{о}}\, n_{\text{я}}\, \eta_{\text{о}}}, \qquad (2.2)$$

где $V_{\text{о}}$ – объем пород в отвале, м^3; $k_{\text{р.о}}$ – остаточный коэффициент разрыхления пород в отвале; $H_{\text{о}}$ – высота отвального яруса, м; $n_{\text{я}}$ – количество ярусов; $\eta_{\text{о}}$ – коэффициент использования площади отвала (ярусности). $\eta_{\text{о}}$ принимается для одноярусных отвалов – 0,8÷0,9; для двухъярусных – 0,6÷0,7; для трехъярусных и более – 0,5.

Таблица 2.2

Рекомендуемые параметры бульдозерного отвалообразования [1]

Тип складируемых пород	Плотность пород γ, т/м^3	Высота отвального яруса $H_{\text{о}}$, м	Коэффициент разрыхления	
			свежеотсыпанных пород $k_{\text{р}}$	остаточный $k_{\text{р.о}}$
Скальные ……..	2,5-3,0	30-35	1,35-1,40	1,08-1,15
Песчаные……..	1,6-1,8	15-20	1,10-1,15	1,01-1,015
Глинистые …….	1,9-2,0	10-15	1,30-1,35	1,06-1,07

3. Рассчитывается количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа ($N_{\text{а}}$, шт.)

$$N_{\text{а}} = \frac{\Pi_{\text{в}}^{\text{ч}} k_{\text{н}}}{Q_{\text{п}}}, \qquad (2.3)$$

где $\Pi_{\text{в}}^{\text{ч}}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч; $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_{\text{н}}$ =1,1÷1,2); $Q_{\text{п}}$ – объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала, м^3.

Часовая производительность карьера по вскрыше ($\Pi_{\text{в}}^{\text{ч}}$, м^3/ч)

$$\Pi_{\text{в}}^{\text{ч}} = \frac{\Pi_{\text{в}}}{T_{\text{г}} n_{\text{см}} T_{\text{см}} k_{\text{и}}}, \qquad (2.4)$$

где $\Pi_{\text{в}}$ – годовая производительность карьера по вскрыше, м^3/год; $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней карьера в году ($T_{\text{г}}$ = 350 дней); $n_{\text{см}}$ – число рабочих смен в сутках ($n_{\text{см}}$ = 3); $k_{\text{и}}$ – коэффициент использования сменного времени ($k_{\text{и}}$ = 0,75÷0,80).

Объем вскрыши в целике в кузове автосамосвала ($Q_{\text{п}}$, м^3)

$$Q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{а}}}{\gamma}, \qquad (2.5)$$

где $q_{\text{а}}$ – грузоподъемность автосамосамосвала, т (табл. 2.3); $\boldsymbol{\gamma}$ – плотность пород в целике, т/м^3.

Должно выполняется условие

$$Q_{\text{п}} \le \frac{V_{\text{а}}}{k_{\text{р}}}, \qquad (2.6)$$

где V_a – вместимость кузова автосамосвала «с шапкой», м^3 (см. табл. 2.3); $k_р$ – коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала. Принимается равным коэффициенту разрыхления свежеотсыпанных пород в отвале (см. табл. 2.2).

Таблица 2.3

Параметры карьерных автосамосвалов

Параметры	Модель автосамосвала			
	БелАЗ-7540	БелАЗ-7548	БелАЗ-7549	БелАЗ-7512
Грузоподъемность $q_а$, т ……	30	42	80	120
Вместимость кузова «с шапкой» $V_а$, м^3……	18,0	26,0	46,0	59,0
Минимальный радиус поворота R_{min}, м……	8,7	10,2	11,0	13,0
Диаметр колеса $D_к$, м……	1,55	1,90	2,61	2,97
Длина базы автосамосвала B, м	3,55	4,20	4,55	5,30
Минимальное расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса, при котором $k_{зав}$ = 0, $a_о$, м ……	1,6	1,8	2,2	2,5
Средняя продолжительность разгрузки $t_р$, мин. ……	0,67	0,78	1,00	1,17
Ширина транспортных берм при двухполосном движении $B_т$, м….	16,0-19,0	17,8-20,0	24,0-26,7	26,3-29,5

Если условие (2.6) не выполняется, то принимается

$$Q_п = \frac{V_а}{k_р}. \qquad (2.7)$$

4. Определяется количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале ($N_о$, шт.)

$$N_о = N_а \frac{t_р + t_{м.р}}{60}, \qquad (2.8)$$

где $N_а$ – количество автосамосвалов, разгружающихся на отвале в течение часа, шт.; $t_р$ – продолжительность разгрузки автосамосвала, мин. (см. табл. 2.3); $t_{м.р}$ – продолжительность маневровых операций при установке на разгрузку, мин.;

$$t_{м.р} \approx 0{,}063\, R_{min}, \qquad (2.9)$$

где R_{min} – минимальный конструктивный радиус поворота автосамосвала, м (см. табл. 2.3).

Количество одновременно разгружающихся автосамосвалов ($N_о$) округляется до целого в большую сторону.

5. Определяется длина участка разгрузки ($L_р$, м)

$$L_р = N_о\, l_п, \qquad (2.10)$$

где $N_о$ – количество одновременно разгружающихся автосамосвалов на отвале, шт.; $l_п$ – ширина полосы по рабочему фронту отвала, занимаемая одним автосамосвалом при маневрировании, м. 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.

6. Определяется общая длина отвального фронта ($L_о$, м).

Отвальный фронт состоит из трех участков: разгрузки ($L_р$), планировки ($L_п$) и резервного ($L_{рез}$).

По мере заполнения участка разгрузки и выравнивания участка планировки последний начинается 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

$$L_р = L_п = L_{рез}, \tag{2.11}$$

где $L_п$ – длина участка планировки, м;

$L_{рез}$ – длина резервного участка, м.

Общая длина отвального фронта

$$L_о = 3\,L_р. \tag{2.12}$$

7. Определяется сменный объем бульдозерных работ ($Q_б$, м^3/смену)

$$Q_б = П_в^{см} k_н k_{зав}, \tag{2.13}$$

где $П_в^{см}$ – сменная производительность карьера по вскрыше, м^3/смену; $k_н$ – коэффициент неравномерности работы карьера по вскрыше ($k_н$ =1,1÷1,2); $k_{зав}$ – средний коэффициент «заваленности» отвала.

Сменная производительность карьера по вскрыше ($П_в^{см}$,м^3/смену)

$$П_в^{см} = П_в^{ч} T_{см} k_и, \tag{2.14}$$

где $П_в^{и}$ – часовая производительность карьера по вскрыше, м^3/ч (см. п. 3); $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $k_и$ – коэффициент использования сменного времени ($k_и$ = 0,75÷0,80).

Средний коэффициент «заваленности» определяется по эмпирической формуле

$$k_{зав} \approx (A - a_о)^n\, 0{,}1\ , \tag{2.15}$$

где A – фактическое расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса автосамосвала при разгрузке, м; $a_о$ – минимальное расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса автосамосвала, при котором $k_{зав}$ = 0, м; n – коэффициент, характеризующий скорость роста $k_{зав}$ в зависимости от модели автосамосвала. Для автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 30-80 т n = 2, для автосамосвалов 120-240 т n = 1,5.

$$A \approx Б + {}^3\!/_4\, D_к, \tag{2.16}$$

где $Б$ – ширина бермы безопасности (призмы возможного обрушении), м; $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала, м.

$$Б = H_о\,(\operatorname{ctg}\alpha_у - \operatorname{ctg}\alpha), \tag{2.17}$$

где $H_о$ – высота отвального яруса, м; α – рабочий угол откоса отвального яруса, град.; $\alpha_у$ – устойчивый угол откоса отвального яруса, град.

Если расчетное значение по формуле (2.15) $k_{зав} > 1$, то принимается $k_{зав} = 1{,}0$.

Согласно «Единым правилам безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом» площадки бульдозерных отвалов должны иметь по всему фронту разгрузки поперечный уклон не менее 3°, направленный от бровки откоса в глубину отвала на длину базы автосамосвала. По всему фронту в зоне разгрузки должен быть сформирован предохранительный вал высотой не менее 0,5 диаметра колеса автосамосвала. Вертикальная ось, проведенная через вершину предохранительного вала, должна располагаться вне призмы обрушения (рис. 2.1).

8. Выбирается модель бульдозера исходя из грузоподъемности автосамосвала и сменного объема бульдозерных работ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Параметры бульдозеров, применяемых на открытых горных работах

Параметры	Модель бульдозера			
	ДЗ-171.1	ДЗ-25	ДЗ-118	ДЗ-60ХЛ
Базовый трактор ……..	Т-170	Т-180Г	ДЭТ-250	Т-330
Мощность двигателя $N_д$, кВт…….	125	132	243	250
Длина отвала $l_о$, м…….	3,22	4,43	4,31	5,48
Высота отвала $h_о$, м…….	1,15	1,20	1,55	1,42
Максимальное заглубление $h_{загл}$, м ……..	0,465	0,30	0,55	0,79
Объем грунта в призме волочения $V_{пв}$, ^{3} …..	≤ 4,0	≤ 4,5	≤ 7,5	≤ 8,0
Скорость перемещения породы $v_п$, м/сек …	0,88	0,70	0,82	0,92
Скорость холостого хода $v_х$, м/сек ……	1,33	1,20	1,95	1,60

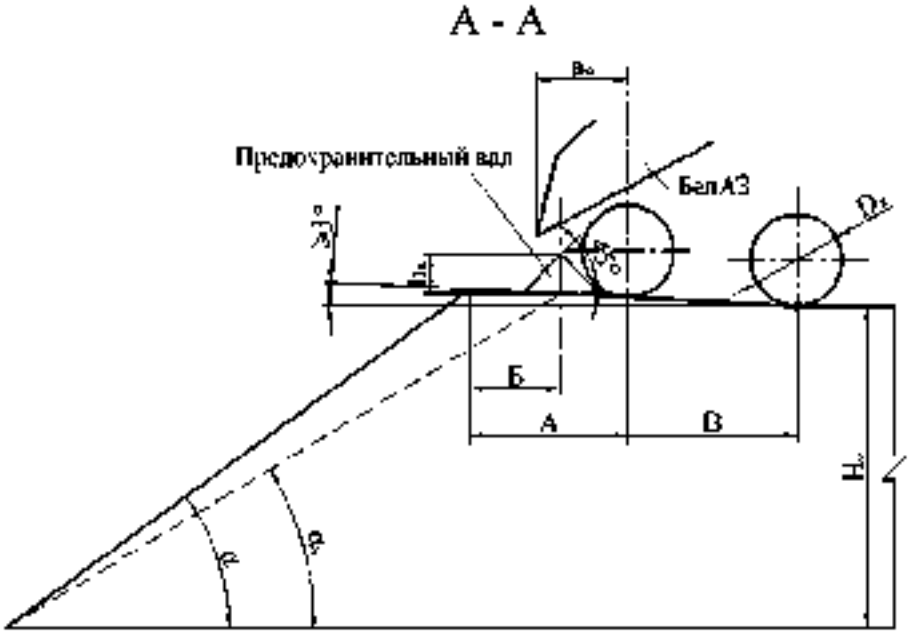


Рис. 1. Паспорт разгрузки автосамосвалов на отвале:

$H_о$ – высота отвального яруса; α – рабочий угол откоса отвального яруса; $α_у$ – устойчивый угол откоса отвального яруса; $h_в$ – высота предохранительного вала ($h_в \geq ½ D_к$); $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала; B – длина базы автосамосвала; $Б$ – ширина бермы безопасности (призмы возможного обрушения); $a_о$ – минимальное расстояние между верхней бровкой от-

вального яруса и осью заднего колеса автосамосвала, при котором коэффициент «заваленности» равен нулю ($k_{зав} = 0$); A – фактическое расстояние между верхней бровкой отвального яруса и осью заднего колеса автосамосвала при разгрузке

9. Рассчитывается сменная производительность бульдозера ($П_б$, м^3/смену) [5]

$$П_б = 60\frac{T_{см}V_{п.в}k_п k_у k_и}{T_ц k_р}, \quad (2.18)$$

где $V_{п.в}$ – объем призмы волочения, м^3; $T_{см}$ – продолжительность смены, ч ($T_{см}$ = 8 ч); $T_ц$ – продолжительность рабочего цикла бульдозера, мин; $k_п$ – коэффициент, учитывающий потери грунта при транспортировании; $k_у$ – коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность бульдозера; $k_и$ – коэффициент использования сменного времени бульдозера ($k_и$ = 0,75÷0,80); $k_р$ – коэффициент разрыхления породы (см. табл. 2.2).

Объем призмы волочения ($V_{пв}$, м^3) рассчитывается по формуле

$$V_{п.в} = 0{,}5h_о^2 l_о \operatorname{ctg}\beta, \quad (2.19)$$

где $l_о$ – длина отвала бульдозера, м (табл. 2.4); $h_о$ – высота отвала бульдозера, м; β – угол развала породы в призме волочения, град. Принимается:

- для скальных пород β = 42÷45°;
- для глинистых пород β = 37÷40°;
- для песчаных пород β = 35÷37°.

Продолжительность рабочего цикла бульдозера ($T_ц$, мин) рассчитывается по формуле

$$T_ц = \left(\frac{L_п}{v_п} + \frac{L_п}{v_х} + t_п \right)\frac{1}{60}, \quad (2.20)$$

где $L_п$ – расстояние перемещения породы бульдозером, м; $v_п$ – скорость перемещения породы бульдозером, м/с; $v_х$ – скорость холостого хода бульдозера, м/с (скорости $v_п$ и $v_х$ для различных моделей бульдозеров приведены в табл. 4); $t_п$ – время на переключение скоростей и опускание лемеха бульдозера, с (для всех моделей бульдозеров $t_п \approx 9$ с).

Среднее расстояние перемещения породы бульдозером ($L_п$, м) определяется по формуле

$$L_п \approx Б + 0{,}5D_к, \quad (2.21)$$

где $Б$ – ширина бермы безопасности, м; $D_к$ – диаметр колеса автосамосвала, м.

Коэффициент, учитывающий потери породы при транспортировании бульдозером ($k_п$), рассчитывается по формуле

$$k_п \approx 1 - 0{,}005L_п, \quad (2.22)$$

где $L_п$ – расстояние перемещения породы бульдозером, м.

Коэффициент, учитывающий влияние уклона на производительность бульдозера ($k_у$), для уклона $i = 3°$ принимается $k_у \approx 0{,}8$.

10. Определяется рабочий парк бульдозеров ($N_б$, шт.)

$$N_б = \frac{Q_б}{П_б}k_{пл}, \quad (2.23)$$

где $Q_б$ – сменный объем бульдозерных работ, м^3/смену; $П_б$ – сменная производительность бульдозера, м^3/смену; $k_{пл}$ – коэффициент, учитывающий работу бульдозеров по разравниванию поверхности отвала и формированию предохранительного вала ($k_п \approx 1{,}2$).

11. Рассчитывается инвентарный парк бульдозеров ($N_{б.и}$, шт.)

$$N_{б.и} \approx 1{,}4\ N_б. \qquad (2.24)$$

12. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты.

Графическая часть представляется одним листом формата А3 и включает:

1. Паспорт разгрузки автосамосвалов на отвале. В паспорте указываются числовые значения определяющих параметров (см. рис. 2.1). Паспорт выполняется в стандартном масштабе.

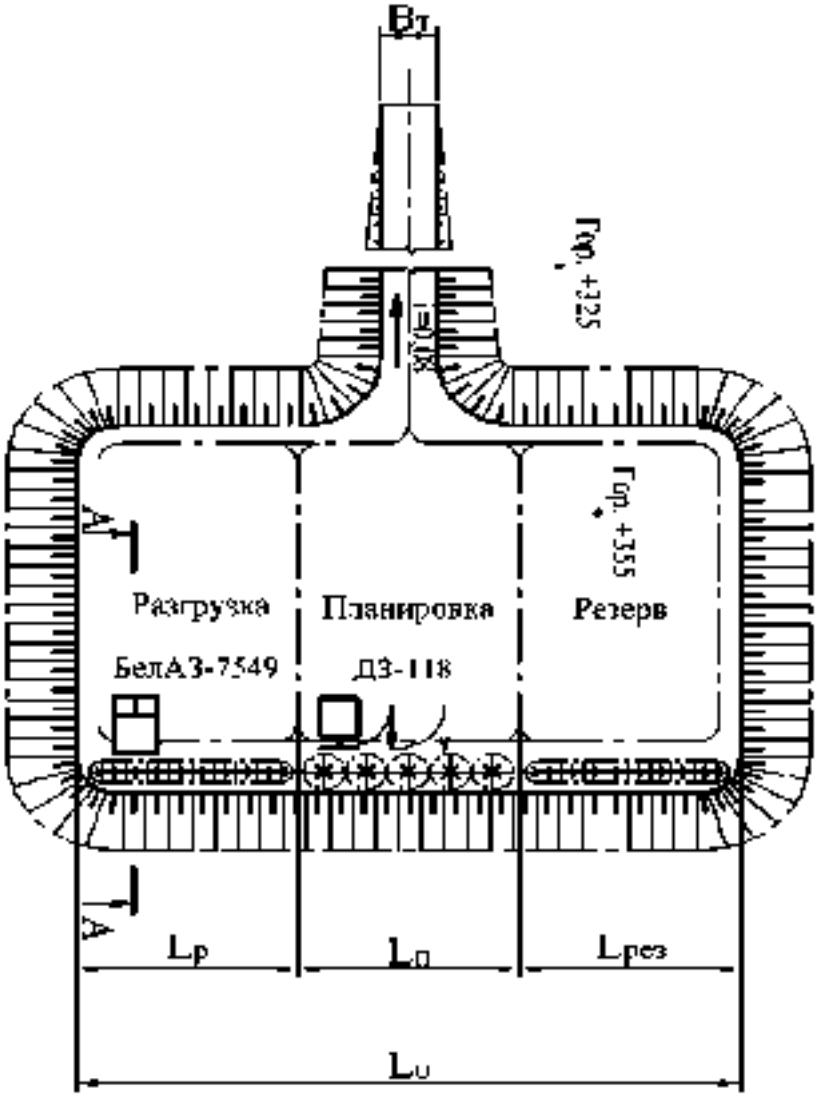
2. План бульдозерного отвала (рис. 2.2). План выполняется в стандартном масштабе при отсыпке одного яруса с указанием числовых значений определяющих параметров.

3. Таблицу, включающую технологические параметры отвалообразования (табл. 2.5).

Рис. 2.2. План бульдозерного отвала:
$L_р$ – длина участка разгрузки; $L_п$ – длина участка планировки; $L_{рез}$ – длина резервного участка; $L_о$ – общая длина отвального фронта; $B_т$ – ширина транспортной бермы; i – величина уклона автодороги

Таблица 2.5

Технологические параметры бульдозерного отвалообразования



Параметр	Значение
Тип складируемых пород	
Плотность пород в массиве γ, т/м^3	

Параметр	Значение
Объем пород в отвале $V_о$, млн. м^3	
Производительность карьера по вскрыше $П_в$, млн. м^3/год	
Угол откоса отвального яруса, град.: рабочий α	
устойчивый $α_у$	
Высота отвального яруса $H_о$, м	
Число ярусов $n_я$, м	
Общая высота отвала $H'_о$, м	
Площадь отвала $S_о$, га	
Модель автосамосвала	
Модель бульдозера	
Длина участка разгрузки $L_р$, м	
Общая длина отвального фронта $L_о$, м	
Высота предохранительного вала $h_в$, м	
База автосамосвала B, м	
Ширина бермы безопасности $Б$, м	
Фактическое расстояние между бровкой отвала и осью заднего колеса при разгрузке A,м	
Коэффициент заваленности $k_{зав}$	
Сменный объем бульдозерных работ $Q_б$, м^3/смену	
Производительность бульдозера $П_б$, м^3/смену	
Рабочий парк бульдозеров $N_б$, шт.	
Инвентарный парк бульдозеров $N_{б.и}$, шт.	

Практическая работа № 3
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА УСТУПЕ

Цель работы: освоить методику планирования объемов горных работ по процессам в течение месяца.

Задачи работы:

1. Расчет переходящих объемов горной массы на месяц, следующий за планируемым.

2. Расчет номинальных объемов работ по процессам.

3. Определение оптимального объема взрывного блока и числа взрывов в панели за месяц.

4. Определение расчетных объемов работ по процессам.

5. Установление фактических переходящих резервов.

6. Выделение расчетных зон на уступе и оценка выполненности плана буровых и выемочных работ.

Для подготовки к выполнению работы необходимо по конспекту лекций и с помощью литературы [4, с. 84-94] изучить принципы и порядок планирования объемов работ по процессам, расчетные зависимости, этапы планирования, выделение рабочих зон в выемочной панели.

Исходные условия

Общие условия:

- Уральский регион;
- число смен в сутки $n_{см} = 3$;
- предусмотрен планово-технический ремонт в течение месяца:
  - экскаватора длительностью 9 смен;
  - бурстанка – 12 смен.

В соответствии с вариантом (табл. 3.1) задаются:

- модель экскаватора;
- вид карьерного транспорта;
- сменная производительность экскаватора $A_э$, м^3/смену;
- сменная производительность бурстанка $A_б$, м^3/смену;
- плановые объемы выемочных работ, тыс. м^3/мес:
  - на планируемый месяц V_i;
  - на последующий месяц V_{i+1};
- перешедшие объемы резервов обуренной горной массы $\vec{Б}_{i-1}$, тыс. м^3;
- перешедшие объемы резервов взорванной горной массы $\vec{В}_{i-1}$, тыс. м^3.

Порядок выполнения работы

1. Определяются переходящие объемы обуренной ($\vec{Б}_{i+1}$, тыс. м^3) и взорванной ($\vec{В}_{i+1}$, тыс. м^3) на следующий месяц

$$\vec{Б}_{i+1} \approx (0{,}3 \div 0{,}7)\, V_{i+1}\,, \qquad (3.1)$$

$$\vec{В}_{i+1} \approx (0{,}5 \div 0{,}7)\, V_{i+1}\,, \qquad (3.2)$$

где V_{i+1} – плановые объемы выемочных работ на месяц, следующий на планируемый месяц, тыс. м^3.

Таблица 3.1

Исходные данные к практической работе № 3
«Планирование процессов на уступе»

№ варианта	Вид транспорта	Экскаватор	Производительность, м³/смену		Объем месячный, тыс. м³		Переходящие резервы, тыс. м³	
			экскаватора, $A_э$	бурового станка, $A_б$	на i-й (V_i)	на (i+1)-й (V_{i+1})	обуренной $\vec{Б}_{i-1}$	взорванной $\vec{В}_{i-1}$
1	Автомобильный	ЭКГ-5А	1800	2500	90	100	0	50
2					100	100	60	0
3					180	140	40	120
4					70	120	30	30
5		ЭКГ-8И	2500	4000	120	150	50	40
6					200	120	10	80
7					60	160	60	20
8					170	120	100	20
9		ЭКГ-12,5	3500	4500	150	100	60	40
10					120	80	40	100
11					60	100	20	20
12					100	80	60	20
13	железнодорожный	ЭКГ-5А	1700	2600	120	80	60	60
14					140	60	40	50
15					160	120	50	20
16					80	100	30	30
17		ЭКГ-8И	2300	3600	200	160	80	40
18					160	200	30	100
19					150	150	120	0
20					240	200	100	120
21		ЭКГ-12,5	3200	4000	200	180	80	100
22					280	240	60	40
23					250	200	50	100
24					160	200	60	60
25		ЭКГ-15	4000	4000	300	320	100	120
26					320	300	150	100
27					360	300	80	140
28					380	350	120	60

2. Определяются номинальные объемы (тыс. м³) погрузочных, взрывных и буровых работ на планируемый месяц:

погрузочных $Э_i^{н} = V_i$; (3.3)

взрывных $B_i^{Н} = V_i - \vec{B}_{i-1} + \vec{B}_{i+1}$; (3.4)

буровых $Б_i^{Н} \approx B_i^{Н} - \vec{Б}_{i-1} + \vec{Б}_{i+1}$. (3.5)

3. Определяется оптимальный объем взрывного блока $V_в^{опт}$, тыс. м³:

$$V_в^{опт} \approx (5 \div 7) E\, A_э\, k_{тр}\, k_к\,, \quad (3.6)$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м^3; $A_э$ – сменная производительность экскаватора, м^3/смену; $k_{тр}$ – коэффициент, учитывающий вид транспорта ($k_{тр}$ =1,0 для автотранспорта, $k_{тр}$ =1,2÷1,4 для железнодорожного транспорта); $k_к$ – коэффициент, учитывающий климатические условия ($k_к$ =1,0 для Урала).

4. Принимается расчетный объем взрывного блока ($V_в^р$, тыс. м^3), который должен находиться в диапазоне значений оптимального взрывного блока.

5. Принимается число взрывов в панели за месяц $n_в$ и определяется расчетный объем взрывных работ на планируемый месяц B_i, тыс. м^3

$$B_i = n_в V_в^р . \quad (3.7)$$

Число взрывов $n_в$ и расчетный объем B_i принимается с условием, чтобы он максимально близок к номинальному объему взрывных работ $B_i^н$.

6. Определяются расчетные объемы погрузочных ($Э_i$, тыс. м^3) и буровых ($Б_i$, тыс. м^3) работ

$$Э_i^н = V_i , \quad (3.8)$$

$$Б_i = B_i - \vec{Б}_{i-1} + \vec{Б}_{i+1} . \quad (3.9)$$

7. На схеме выделяются зоны и устанавливаются фактические переходящие объемы обуренной ($\vec{Б}_{i+1}$) и взорванной ($\vec{B}_i$) горной массы.

8. Определяется длительность погрузочных ($T_э$, смен) и буровых ($T_б$, смен) работ:

$$T_э = Э_i / A_э , \quad (3.10)$$

$$T_б = Б_i / A_б . \quad (3.11)$$

9. Определяется фактическое количество рабочих смен в месяце экскаватора ($N_э$, смен) и бурового станка ($N_б$, смен)

$$N_э = n_{дн} n_{см} - N_р^э , \quad (3.12)$$

$$N_б = n_{дн} n_{см} - N_р^б , \quad (3.13)$$

где $n_{см}$ – количество смен работы в сутки ($n_{см}$ = 3); $n_{дн}$ – количество рабочих дней в месяце ($n_{дн}$ = 28÷30); $N_р^э$ – продолжительность нахождения экскаватора в планово-техническом ремонте в течение месяца, смен ($N_р^э$ = 9 смен); $N_р^э$ – продолжительность нахождения бурового станка в планово-техническом ремонте в течение месяца ($N_р^э$ = 12 смен).

10. Определяется возможная производительность экскаватора ($V_э$, м^3/мес) и бурового станка ($V_б$, м^3/мес):

$$V_э = A_э N_э , \quad (3.14)$$

$$V_б = A_{ст} N_б . \quad (3.15)$$

11. Определяется возможность выполнения плана буровых и выемочных работ:

$V_э \geq Э_i$ – план выемочных работ выполним,

$V_э \geq Б_i$ – план буровых работ выполним.

12. Форма отчетности.

По результатам занятия представляется отчет, содержащий исходную информацию, расчетные зависимости, необходимые расчеты и их результаты. Расчетные показатели планирования сводятся в таблицу (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Расчетные результаты планирования

Показатель	Результат расчета
Переходящие объемы горной массы на следующий месяц, тыс. м: обуренной $\vec{Б}_{i+1}$ взорванной $\vec{В}_{i+1}$	
Номинальные объемы работ, тыс. м^3: погрузочных $Э_i^{н}$ взрывных $В_i^{н}$ буровых $Б_i^{н}$	
Объем взрывного блока, тыс. м^3: оптимальный $V_{в}^{опт}$ расчетный принятый $V_{в}^{р}$	
Число взрывов в панели за месяц $n_{в}$	
Расчетные объемы, тыс. м^3: погрузочных $Э_i$ взрывных $В_i$ буровых $Б_i$	
Фактические переходящие резервы, тыс. м^3: обуренной горной массы $\vec{Б}_{i+1}$ взорванной горной массы $\vec{В}_{i+1}$	
Объем работ по зонам, тыс. м^3: 1 $Э_1$ 2 $В_2$ $Э_2$ 3 $Б_3$ $В_3$ $Э_3$ 4 $Б_4$ $В_4$ 5 $Б_5$	
Длительность работ, машино-смен: погрузочных $T_э$ буровых $T_э$	
Возможная производительность, тыс. м^3/мес: экскаватора $V_э$ бурстанка $V_б$	

Графическая часть представляется схемой рабочих зон на уступе, где указываются номер зоны, объемы и виды работ [4, с. 87, рис. 3.2].

Рекомендуемая литература

1. Ржевский, В. В. Открытые горные работы. Производственные процессы : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых" / В. В. Ржевский. - Изд. 8-е. - Москва: ЛЕНАНД, 2016. - 512 с.

2. Репин, Н. Я. Перемещение и складировании е горных пород: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горные работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - Изд. 2-е, стер. - Москва: Горная книга, 2016. - 221 с.: рис., табл., фот. - (Процессы открытых горных работ; № 9).

3. Репин, Н. Я. Практикум по дисциплине "Процессы открытых горных работ": учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Открытые горны работы" направления подготовки "Горное дело" / Н. Я. Репин, Л. Н. Репин. - [2-е изд., стер.]. - Москва: Горная книга, 2018. - 156 с.: рис., табл. - (Процессы открытых горных работ; № 7).

4. Сорокин Л.А. Взаимодействие процессов на карьерах. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 96 с.

5. Процессы открытых горных работ. Выемочно-погрузочные работы: учебно-методическое пособие / Ю. И. Лель, Ю. В. Стенин, Д. А. Шлохин, И. А. Глебов; под ред. Ю. И. Леля; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 53 с.

6. Томаков П. И. Структуры комплексной механизации карьеров с техникой цикличного действия. – М.: Недра, 1976. – 232 с.

7. Русский И. И. Отвальное хозяйство карьеров. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1971. – 240 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение …….. 3

Практическая работа № 1 «Расчет параметров экскаваторных отвалов» 4
…….

Практическая работа № 2 «Расчет параметров бульдозерного отвалообразования при автомобильном транс-
порте»……. 13

Практическая работа № 3 «Планирование процессов на уступе» …… 22

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.
Кокунина Л.В., ст. преподаватель, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель
Сорокин Л.А., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 337 от 19.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ **3**
2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА **4**
3. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ **6**
4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА **8**
4.1. Геолого-экологическая характеристика месторождения 9
4.2. Параметры карьерного поля 9
4.3. Режим и объемы работ 10
4.4. Механизация горных работ 10
4.5. Система разработки 10
4.6. Вскрытие карьерного поля 11
4.7. Подготовка новых горизонтов 12
4.8. Горно-строительные работы 12
4.9. Генплан карьера 13
4.10. Экономические показатели разработки 13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ **14**
5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ГРАФИКИ **14**
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **16**
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 ..... **17**
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ..... **По какой схеме осуществляет** **18**
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ..... **19**
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ..... **20**
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 ..... **22**
ЗАКЛЮЧЕНИЕ **52**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовое проектирование – завершающий этап в изучении дисциплины "Технология и комплексная механизация открытых горных работ " и его цель – приобретение навыков творческого решения принципиальных задач открытой разработки месторождений - вскрытия и системы их разработки.

Объектом проектирования, как правило, является месторождение (карьер) по месту прохождения студентом производственной практики.

Тема проекта – одна из трех альтернативных, определяемая руководителем проекта в зависимости от сложности объекта и состояния горных работ на нем:

1) вскрытие и система открытой разработки рудного (угольного, нерудного) типа ...;

2) дальнейшая разработка (поддержание мощности) рудного (угольного, нерудного) карьера ...;

3) реконструкция ... карьера (например, в связи с увеличением глубины карьера).

При теме 1 " Вскрытие и система ..." предполагается, что месторождение еще не разрабатывалось, и цель проекта – принять рациональные решения по освоению и разработке месторождения в выделенных границах карьера и при заданной его мощности. В задачи проекта входит: оптимизация параметров горных работ, их развития и вскрытия карьерного поля на три фиксированных момента (год сдачи карьера в эксплуатацию, полное развитие горных работ и, наконец, – их завершение), расчет и обоснование размеров и объема карьерного поля, ожидаемого уровня потерь и разубоживания сырья, запасов полезного ископаемого, включаемых в карьер, среднегодовых объемов горных работ, структуры механизации и технопарка основных горных машин, состава и объема горно-строительных работ, длительности строительства карьера, состава и параметров размещения промышленных объектов карьера на поверхности, технологии проходки и параметров подготовительных выработок, уровня технико-экономических показателей разработки.

При теме 2 "Дальнейшая разработка ..." ("Поддержание мощности ...") за исходное принимается состояние горных работ на момент проектирования, и цель проекта – выбрать рациональные пути вскрытия, развития горных работ и их параметров на последующие периоды разработки месторождения. Необходимо проанализировать сложившееся положение горных работ, особо отметив соответствие механизации уровню развития техники, а вскрытия и системы разработки – производственной мощности, уровню извлечения полезного ископаемого и задачам будущего развития горных работ на карьере; обосновать схему и параметры вскрытия, систему разработки на последующий период (в том числе на конец разработки); рассмотреть целесообразность модернизации структуры механизации, рассчитать потребность в оборудовании и в случае перехода на новое оборудование рассчитать новые па-

раметры технологических процессов; определить оставшиеся запасы полезного ископаемого и предложить вариант их использования во времени (сократить, увеличить мощность и объемы работ или сохранить их на прежнем уровне); рассмотреть технологию подготовки новых горизонтов и изменения в инфраструктуре предприятия.

В теме 3 "Реконструкция ..." целевая направленность проекта формулируется заданием на проектирование. Непременными должны быть задачи реконструкции и вскрытия, системы разработки, контуров карьера, а также сохраняются некоторые другие задачи темы 2.

Содержание разделов при любой теме уточняется руководителем в задании на проектирование (прил. 1).

Состав проекта: пояснительная записка с расчетами и обоснованиями объемом до 25 – 35 страниц текста и графики на двух-трех листах формата А1.

2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Расчетно-пояснительная и графическая части проекта оформляются строго по действующим в РФ стандартам. Проекты, оформленные с существенными отклонениями от принятых норм, подлежат переоформлению.

Пояснительная записка должна содержать достаточно исчерпывающую аргументацию в форме умозаключений, расчетов, анализа принимаемых решений и т. д. Ни одно из принимаемых положений не может быть принято априорно, и важнейшее требование к текстовой части проекта - доказательность решений.

Структура записки – по типу прил. 2 или устанавливается руководителем проекта с соответствующей записью в особых условиях задания на проектирование (прил. 1).

Текст излагается кратко, логично, пишется от руки или представляется в печатном виде. Формат бумаги 297×210 мм. Текст размещается на одной или двух сторонах листа. По краям страниц оставляются поля шириной слева 30 мм, справа 15 мм, сверху 20 мм снизу 30 мм. Страницы нумеруются по нижнему полю.

Разделы выделяются шрифтом. Между текстом и наименованием разделов и подраздел оставляется двойной или тройной пробел (примеры см. в настоящем издании).

Предложения строятся в безлично-именной форме. Запрещаются зачеркивания текста, помарки, сокращения слов, кроме общепринятых (КПД – коэффициент полезного действия, проч. – прочие, т. е. – то есть и т. д. – так далее). Допускается введение аббревиатур, часто используемых словосочетаний. Например, вместо слов "карьерное поле" (КП) можно после введения аббревиатуры (см. выше) далее писать КП.

Таблицы и рисунки, помещаемые в записку, нумеруются и им даются краткие названия по сущности содержания. Нумерация их последовательная по разделам: так, рисунок (таблица), размещенный в разделе 1 вторым, имеет номер 1.2, а размещенный в разделе 3 первым – номер 3.1 и т. д. Слово "таблица" и ее номер – в правой части над таблицей, название таблицы – второй строкой, по центру таблицы. Название рисунка – над ним, а номер – под ним в записи, например, "Рис. 1.2". Все графические материалы, помещаемые в записку, именуются как рисунки.

В тексте должны быть (хотя бы раз) ссылки на таблицы и рисунки.

При аналитических расчетах сначала записывается в символах зависимость, ставится знак равенства, в последовательности размещения символов подставляются их цифровые значения и после второго знака равенства записывается результат вычислений. Размерность последнего указывается в конце предложения, предшествующего расчетной формуле. Ниже формулы дается расшифровка входящих в нее параметров. Значения параметров обосновываются ранее, либо приводятся со ссылками на источник при расшифровке символов. Расчеты проводятся с точностью, принятой для данного показателя или параметра.

Записка брошюруется и должна иметь обложку. Лицевая обложка оформляется как титульный лист (прил. 3). Он считается первой страницей записки (но не нумеруется!). К записке прилагается оригинал задания на проектирование (с. 2). Текстовая часть предваряется отдельной страницей (с. 3) с содержанием (оглавлением) записки по типу прил. 2 и таблицей на одной (с. 5) или двух (с. 5 и 6) страницах основных технико-экономических показателей проекта (прил. 4). Нумерации подлежат все страницы записки, включая страницы с рисунками и другими возможными приложениями (кроме страниц с титульным листом и заданием на проектирование).

Титульный лист печатается на принтере.

Графическая часть представляется основными чертежами (с. 19) и схемами, графиками и другими рисунками, прилагаемыми к тексту (в случае необходимости).

Основные чертежи размещаются на листах формата А1. При необходимости для размещения крупномасштабного изображения (например, плана горных работ) допускается приложение к основному половины листа.

Изображения выполнять только в стандартных масштабах (1:5, 1:0, 1:20, 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000).

Их построение – согласно стандартам и принятым нормам изображения элементов горных работ.

Графика вычерчивается в карандаше или в программной среде AutoCAD (по согласованию с руководителем проекта). Некоторые элементы выделяются другим цветом: оси железнодорожных путей – красным, проезжая часть автодорог – желтым, изолинии рельефа местности – коричневым, залежи – цветом согласно виду ископаемого и проч.

На всех чертежах обязательна размерная разметка. Размеры наносить с точностью, принятой для измерения данного параметра.

Основная надпись чертежа помещается в нижнем правом углу листа (а если чертеж размещается на 1½ или двух листах – в правом углу второго листа), оформляется в соответствии с ГОСТ 21.103-78 (прил. 5). Если на листе один главный чертеж, то его название и масштаб указываются только в "штампе". Если на листе равноценные изображения разного содержания, то названия указываются над чертежами, а масштабы – под названиями, и в этом случае в поле 8 штампа дается обобщающее название изображений и там же перечисляются все использованные на листе масштабы.

3. ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Большинство задач вскрытия карьера и развития горных работ взаимосвязано, что обусловливает их решение по "челночной" схеме: с опережением принимаются ориентировочные решения некоторых задач, на базе их решаются логически ближние задачи и после этого уточняются параметры решения задач "второго эшелона". В этой связи рекомендуется оформление расчетной и графической частей производить только после полностью выполненной вчерне всей работы.

Графические изображения и, в частности, планы горных работ строятся параллельно с расчетами.

Алгоритм действий при теме проекта "Вскрытие и система..." может быть следующим:

1. Обоснование приближенных значений устойчивых углов погашения бортов карьера.

2. Ориентировочные (в записке не фиксируются) решения по размерам дна карьера, длине и ширине карьерного поля на уровне поверхности, объемам карьера, вскрыши и полезного ископаемого в приближенных контурах, по сроку и годовым объемам горных работ.

При поэтапной разработке месторождения выделяются показатели первой очереди.

3. Компоновочные решения по размещению отвалов пород и некондиционного сырья, складов или перерабатывающих (дробильных, обогатительных) комплексов (окончательное решение).

4. Выбор структур механизации для добычных и вскрышных работ (окончательное решение).

При длительной (более 20 – 25 лет) или поэтапной разработке обязателен прогноз вида и параметров карьерного транспорта на период за пределами первых 12 – 15 лет работ или первой очереди разработки (разд. 4.6).

5. Обоснование высоты уступов: рабочих вскрышных и добычных, погашенных.

6. Обоснование (в том числе расчетным путем) ширины берм очистки, углов погашения уступов. Принятие окончательных значений устойчивых углов погашения бортов, ширины берм очистки, профиля бортов.

7. Обоснование вскрытия карьерного поля в конечных контурах (в границах I очереди):

– способ вскрытия и тип вскрывающих выработок;

– место размещения вскрывающих выработок в карьерном пространстве;

– расчеты параметров вскрывающих выработок (уклонов, ширины оснований и т. д.);

– принятие ориентировочных конструктивных углов погашения бортов;

– конструирование масштабной (1:5000) абрис-схемы вскрытия карьерного поля;

– конструирование плана карьера на конец разработки (1:2000, 1:1000).

8. Уточняющие расчеты конструктивных углов погашения бортов карьера; размеров карьерного поля; объемов карьера, вскрыши и эксплуатационных запасов полезного ископаемого; годовых расчетных объемов работ.

9. Обоснование системы разработки и ее параметров (кроме высоты уступов).

10. Технология подготовки новых горизонтов и параметры подготовительных выработок.

11. Решения по строительству карьера и конструирование карьера на год сдачи его в эксплуатацию. Определение объемов горно-строительных работ и других показателей карьера на это момент.

12. Выбор года, соответствующего моменту полного развития горных работ. Расчеты и обоснования на этот год:

– числа погашенных уступов;

– схемы вскрытия;

– потребного основного оборудования (экскаваторов, буровых станков;

– показателей системы разработки (рабочих забоев, минимальных фронтов работ и проч.);

– конструирование плана горных работ;

– определение по плану работ основных исполнительных показателей карьера (фактические фронты вскрышных и добычных работ, резервы готовой к разработке горной массы и т. д.).

13. Конструирование генплана карьера.

14. Экономические показатели проекта.

15. Сводные технико-экономические показатели.

16. Оформление графической и текстовой частей проекта.

При теме проекта "Дальнейшая разработка..." ("Поддержание мощности...") рекомендуется изложение проекта построить по следующей схеме:

1. Анализ существующего положения горных работ: глубина карьера, величина отработанных запасов, оставшиеся запасы полезного ископаемого, выполненные объемы вскрыши, оставшиеся объемы вскрыши в контурах карьера; сколько и какие именно уступы погашены или временно законсервированы, сколько и какие уступы находятся в работе; описание общей схемы вскрытия карьерного поля и вскрытия отдельных горизонтов, параметры вскрывающих выработок; направление и порядок развития горных работ, параметры и показатели системы разработки (высота рабочих уступов, ширина рабочих площадок, фронты работ и проч.); структура механизации (СМ); применяемое оборудование, сроки службы машин, их производительность и другие показатели СМ; параметры и организация буровых, взрывных, выемочных, транспортных, отвальных работ и других процессов; частные особенности разработки, выявленные при эксплуатации (например, в устойчивости бортов карьера, в мерах по снижению потерь и разубоживания, в работе оборудования и т. д.); общие технико-экономические показатели работы карьера за последние год – два.

Вычерчивание (воспроизводство) плана карьера на один из последних годов.

2. Доказательства целесообразности технического перевооружения горных работ и внедрения нового (какого?) оборудования.

3. Дальнейший порядок расчетов и обоснований аналогичен теме "Вскрытие и система ..." с существенной особенностью: должна быть обеспечена преемственность новых решений любой задачи с существующим положением горных работ. Например, дальнейшее вскрытие карьерного поля должно учитывать существующую схему вскрытия, контуры бортов отстраиваются с учетом конструкции уже погашенных участков, объемы работ устанавливаются на базе оставшихся запасов и объемов горной массы и т. д.

При теме проекта "Реконструкция ..." обязательными являются задача 1-й темы 2-й «Анализ существующего положения горных работ и обоснование преимуществ, направления (вида) реконструкции карьера и ее мотивов» (например, реконструкция вскрытия карьерного поля в связи с поэтапной разработкой карьера или реконструкция системы разработки с целью сокращения потерь и разубоживания угля и проч.)

Перечень других решаемых задач, как отмечалось ранее, устанавливается руководителем проекта и фиксируется в задании на его выполнение.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Ниже излагается содержание разделов темы проекта по основной теме 1 "Вскрытие и система..." и общих (кроме раздела 1) для двух других тем. В последнем случае производится некоторая корректировка содержания (по указанию руководителя).

4.1. Геолого-экологическая характеристика месторождения

Раздел базируется на данных реального объекта по месту прохождения студентом производственной практики и задания на курсовое проектирование. Включает только следующие сведения, необходимые и достаточные для решения технологических задач проекта.

Типы сырья и месторождения. Число и форма залежей. Их структура. Мощность, углы падения, длина залежей по простиранию, относительные размер и объем включений. Глубины залегания от поверхности и выклинивания залежей.

Геологические нарушения в массиве и место их расположения.

Содержание полезного компонента (ПК) в сырье и его разделение в недрах по простиранию залежей и глубине. Промышленное и бортовое содержание ПК.

Кондиции на полезное ископаемое (ПИ) по мощности залежей, по содержанию ПК или по другим признакам (обогатимости, зольности и проч.).

Разведанность месторождения (степень, распределение запасов по категориям, границы подсчета запасов).

Физико-механические и технологические свойства пород: их геологические разновидности, крепость, плотность, буримость, взрываемость, разрабатываемость, устойчивость. Трещиноватость массива.

Гидрогеологические условия разработки: степень обводненности, водопритоки, уровень подземных вод, влияние на устойчивость откосов и на разработку в целом и т. д.

Агрохимические свойства пород и почв. Их сельскохозяйственная и промышленная ценность.

Резюме по разделу: относительная оценка сложности разработки месторождения, возможные осложнения и особенности в горных работах, вызванные природными характеристиками объекта, возможность проектирования и разработки по степени разведанности запасов и по геолого-экологическим условиям.

4.2. Параметры карьерного поля

Глубина карьера. Этапы разработки месторождения по глубине или в плане (для горизонтальных и пологопадающих).

Углы устойчивости откосов уступов и бортов в покрывающих и вмещающих породах. Целесообразный устойчивый профиль бортов карьера.

Конструкция бортов карьера на конец разработки: высота и углы уступов, ширина берм очистки, ширина транспортных берм (из раздела 4.6), конструктивные углы откосов бортов.

Исполнительные углы погашения бортов карьера.

Конструкция временно нерабочих бортов (ВНБ) при поэтапной разработке месторождения: высота и углы откосов уступов, ширина берм погашения и шаг их размещения по глубине, угол откоса ВНБ.

Размеры карьерного поля (КП) в плане: ширина по дну и по поверхности, длина по простиранию на уровнях дна и поверхности. Размеры очередей разработки.

Объемы горной массы в границах КП и его частей. Геологические, балансовые и промышленные запасы. Ожидаемый уровень потерь ПИ в недрах и при добыче, уровень разубоживания (засорения), эксплуатационные запасы ПИ в КП, в том числе в границах I очереди разработки. Коэффициент извлечения руды (угля) из недр. Объем вскрыши, в том числе рыхлой. Средний коэффициент вскрыши в границах КП. Объемы некондиционного ПИ, биоагрессивных пород, подлежащих отдельному складированию.

4.3. Режим и объемы работ

Годовые объемы добычи ПИ и вскрышных работ (по разновидности пород). Ориентировочный срок работ в границах КП, в том числе I очереди разработки.

Календарный режим работы карьера, вскрышных и добычных работ в течение года, недели, суток, смены. Режим работы в течение суток и смены выемочного, бурового и другого оборудования.

Расчетные сменные объемы работ: вскрышных (с подразделением) и добычных, выемочно-погрузочных и буровзрывных.

4.4. Механизация горных работ

Структура механизации вскрышных и добычных работ: класс, подкласс, тип оборудования процессов, модели машин основных производственных процессов. Механизация вспомогательных процессов.

Сменная производительность оборудования основных процессов на добыче и вскрышных работах.

Рабочий и инвентарный парки оборудования на два расчетных момента: на год после сдачи карьера в эксплуатацию и на год, принятый как момент полного развития горных работ.

4.5. Система разработки

Обоснование системы разработки на периоды строительства и эксплуатации карьера. Ориентировка фронтов уступов, подвигания фронта и углубки карьера. Способ подготовки новых горизонтов, место размещения подготовительных выработок и порядок развития работ при подготовке горизонтов.

Общая организация вскрышных и добычных работ на уступах и в рабочей зоне в целом. Конструкция рабочей зоны.

Способ выемки ПИ и вскрыши.

Мероприятия по снижению уровня потерь и разубоживания (засорения) ПИ.

Обоснования главных параметров системы разработки: высоты рабочих уступов, углов их откоса, типа забоев и технологических параметров их разработки (высоты забоев, порядка выемки пород в забое по высоте и ширине забоя и т. д.), минимальная ширина рабочих площадок, резервов готовой к разработке горной массы, нормальной ширины рабочих площадок, параметров взрывных блоков (если ведутся буровзрывные работы), удельных фронтов горных работ, общих минимальных фронтов добычных и вскрышных работ.

Технологически максимальные подвигания фронта работ и углубки карьера. Проверка пропорциональности показателей развития, принятие скорости подвигания и углубки.

Описание системы работ на год полного развития (по одноименному плану горных работ): число погашенных уступов; рабочие горизонты с выделением добычных; горизонт, находящийся в подготовке; фактическая ширина рабочих площадок; число забоев; фронты работ; угол откоса рабочего борта; резервы вскрытых и готовых к разработке (выемке) запасов горной массы.

4.6. Вскрытие карьерного поля

Задачи вскрытия решаются на три момента: год сдачи карьера в эксплуатацию, полное развитие горных работ, погашение карьера в конечных границах.

Обоснованию и расчетам в первую очередь подлежит вскрытие на конец разработки, решения по вскрытию на два других вышеуказанных момента лишь описываются.

В обязательном порядке прогнозируются система транспорта за срок эксплуатации месторождения (сохраняется один вид транспорта или последовательно происходит замещение видов транспорта), примерные зоны и этапы использования видов по глубине карьера и в связи с этим – трансформация (если будут несколько видов транспорта) схем вскрытия. В глубоких карьерах можно ожидать, что строится карьер с одним видом транспорта, а отсюда соответствующая схема вскрытия, в период разработки средней по глубине зоны применяется другой вид, а на этапе разработки глубинной части карьера – третий (а может, четвертый) вид транспорта. Все изменения фиксируются в текстовой части проекта и учитываются при отстройке карьера в разные периоды.

Этапы разработки и вскрытия с прогнозом применяемых видов транспорта.

Выбор способа вскрытия КП на конец разработки. Места и направления ввода трасс в карьере, пространственное размещение вскрывающих вырабо-

ток в КП. Форма трасс вскрывающих выработок. Число траншей основных и вспомогательных с учетом пропускной и провозной способностей траншей.

Параметры вскрывающих выработок и элементов трасс: руководящий и принятый уклоны траншей, радиусы кривых, длина съездов, длина тупиковых площадок и площадок примыканий, ширина съездов и промежуточных площадок, глубина погружения внешних траншей и другие параметры последних и т. д.

Абрис-схема вскрытия КП. План карьера на конец разработки, его описание и расчет показателей вскрытия: места размещения площадок, петлевых разворотов и т. д.; глубина ввода трасс; коэффициент развития трасс; конструктивные углы погашения бортов карьера; необходимость в разносе отдельных участков бортов и объем разноса.

Описание вскрытия на момент полного развития работ (по одноименному чертежу): вскрытие нерабочей зоны, вскрытие рабочей зоны и отдельных горизонтов, размещение вскрывающих выработок, особенности организации движения и транспортного обслуживания забоев горизонтов, размещение перегрузочных пунктов и зона обслуживания ими, наиболее нагруженный элемент трассы и проверка пропускной и провозной способности элемента.

Описание вскрытия на год сдачи карьера в эксплуатацию (по приведенной выше схеме).

4.7. Подготовка новых горизонтов

Тип подготовительных выработок. Предпочтительное место их размещения. Параметры подготовительной выработки (котлована, разрезной траншеи) в расчете на параметры карьера в год полного развития работ или сдачи его в эксплуатации: ширина по дну, длина, объем. Объем работ по подготовке горизонта. Способ, механизация и организация подготовительно-проходческих работ. Длительность подготовки горизонта, максимальная скорость углубки карьера.

4.8. Горно-строительные работы

Пусковая мощность карьера по ПИ. Динамика ее наращивания во времени и срок развития. Объем добычи и вскрышных работ в году, следующем после года ввода в эксплуатацию.

Объекты, включаемые в состав горно-строительных работ, и их объемы. Состав и объем работ по подготовке территории, развитию инфраструктуры рудника.

Механизация горно-строительных работ, в том числе проходки траншей, и ожидаемый парк основного оборудования в первый год эксплуатации.

Принятые при строительстве параметры работ: ширина рабочих площадок на вскрышных и добычных уступах, длина выемочных блоков, резерв готовой к разработке (выемке) горной массы; размеры подготовительных вы-

работок, производительность основного оборудования, необходимые минимальные фронты вскрышных и добычных работ в конце года строительства.

Конструирование карьера на год сдачи его в эксплуатацию. Расчет параметров карьера, объема горно-строительных работ и его составляющих. Описание состояния горных работ на этот момент: место расположения пионерного карьера относительно залежей и проектных контуров карьера, нерабочие и рабочие уступы, фактически принятые фронты работ, расстановка оборудования в рабочей зоне, особенности развития работ в этот период и пр.

Длительность строительства карьера, в том числе производства горно-строительных работ.

4.9. Генплан карьера

Состав основных объектов, размещаемых в промзоне карьера (карьер, отвалы пород и некондиционного ПИ, промплощадка, подъездные коммуникации, обогатительная и дробильная фабрики и пр.).

Укрупненный расчет площадей основных промобъектов.

Природные и технические объекты в районе разработки (водоемы, лес, пашня, линии ЛЭП, магистральные автодороги, линии МПС и т. д.). Перечень объектов, подлежащих охране, и выделение охраняемых зон по сейсмическим, экологическим и другим обстоятельствам.

Энергоснабжение и теплоснабжение промобъектов (чем, как, откуда?).

Система транспортной связи с внешними сетями. Способ вывоза продукции.

Защита рудничных объектов от возможных форс-мажорных обстоятельств. Меры по защите территории от загрязнений горного производства.

Компоновка объектов рудника и краткое описание принятых решений.

Горный и земельный отводы: границы, площади.

4.10. Экономические показатели разработки

Прогнозные экономические показатели рассчитываются укрупненно, по методике, согласованной с руководителем проекта. Расчеты – в ценах базового года (например, 1984 г.) с пересчетом на год проектирования.

Определяются: себестоимость франко-карьер 1 т руды (угля), 1 $м^3$ вскрыши, 1 $м^3$ горной массы; себестоимость обогащения (если оно есть) 1 т ПИ; полная себестоимость 1 т продукции; удельные и общие инвестиции на горные работы и технологический комплекс; цена реализации товарной продукции; доходы при выходе карьера на номинальную мощность; прибыль и рентабельность предприятия.

Сводные технико-экономические показатели проекта (прил. 4) рекомендуется поместить в начале пояснительной записки (после титульного листа, задания на проектирование и содержания записки).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Очень кратко (3 – 4 предложения) делается заключение об относительной экономичности производства работ, соответствии полученных показателей уровню лучших предприятий и мировой практике, дается заключение о целесообразности открытой разработки (реконструкции) карьера.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНОЙ ГРАФИКИ

(Тема 1 "Вскрытие и система...")

5.1. План карьера на конец разработки (при поэтапной разработке месторождения допускается по согласованию с руководителем проекта вычерчивание карьера на момент начала реконструкции карьера или условно погашенного карьера в границах I очереди).

Масштабы чертежа 1:2000, 1:1000. В исключительных случаях (горизонтальное, пологопадающее месторождение) 1:5000.

На чертеже показать: все погашенные уступы; внешние траншеи, внутренние съезды (основные и вспомогательные), тоннели и стволы (если есть); залежи ископаемого в границах выхода на горизонты; оси железнодорожных путей, автодороги, конвейеры, перегрузочные узлы; рельеф поверхности; отметки горизонтов; путевые знаки (только для железнодорожных съездов); углы откосов бортов в 1 – 2 сечениях; координатную сетку, соответствующую масштабу чертежа; линии природных разломов, сдвигов, сбросов массива в границах карьерного поля.

5.2. Сечения по бортам карьера (два – три). Масштаб 1:2000, 1:1000. Обязательны размеры всех элементов борта: высоты уступов, углов их откосов, ширины берм, устойчивых и конструктивных углов погашения борта. Показать отметки базовых горизонтов.

5.3. План горных работ на момент полного развития (момент задается руководителем проекта). Масштабы 1:2000, 1:1000 и как исключение, по согласованию с руководителем – 1:5000.

Отображается то же, что в 5.1, и дополнительно – границы карьерного поля по поверхности, выемочные забои (включая резервные), развалы пород после взрывов и буровые блоки (если есть БВР), все определенные расчетом выемочные машины и буровые станки, находящиеся в работе перегрузочные пункты, разрезные траншеи (котлованы), находящиеся в проходке временные съезды, в том числе по развалам пород.

Чертеж должен отображать систему развития работ и вскрытия рабочей и нерабочей зон, технологию выемочно-погрузочных и проходческих работ, организацию транспортного обслуживания забоев, конструкцию рабочей зоны и принятые принципы развития горных работ.

5.4. План горных работ на год сдачи карьера в эксплуатацию. Масштабы 1:2000, 1:1000.

Состав чертежа аналогичен чертежу 5.3.

5.5. Геологический разрез месторождения. Масштабы 1:5000, 1:2000, 1:1000.

Показать: породно-минеральные разновидности горной массы и границы их контактов; геологические нарушения в поле разреза; границы карьера на моменты погашения, полного развития горных работ и сдачи в эксплуатацию, а также контуры этапов при поочередной разработке месторождения; высотные отметки дна карьера.

5.6. Генеральный план карьера. Масштабы 1:10 000, 1:5000.

Показываются: планы залежей; границы карьерного поля и очередей разработки; зоны – санитарная, взрывоопасная, горного отвода; отвалы; поверхностные склады; промплощадка и технологический комплекс обогащения (дробления), если он вне промплощадки; внешние транспортные примыкания и поверхностные транспортные коммуникации; природоохранные зоны; рельеф поверхности и природные объекты (лес, луга, водоемы и пр.); роза ветров; границы земельного отвода под промзону; координатная сетка в условных координатах с шагом 100 мм в масштабе чертежа.

5.7. Конструкция добычных площадок минимальной и нормальной ширины (в разрезе). Масштабы 1:500, 1:250.

Указать размеры всех элементов рабочих площадок. Сделать привязку чертежа к плану горных работ (рис. 5.3).

5.8. Реконструкция внешних траншей или внутренних съездов (план и разрез). Масштабы 1:1000, 1:500.

Указать размеры всех элементов траншей, включая пункты примыкания к горизонтам, высотные отметки примыканий, углы откосов уступов и бортов.

5.9. По указанию руководителя на чертежах могут изображаться (дополнительно или взамен некоторых чертежей):

– схемы структур механизации вскрышных и добычных работ;

– масштабная схема, характеризующая систему вскрышных и добычных работ (как правило, при бестранспортной и транспортно-отвальной схемах);

– схема развития фронта работ на каком-либо горизонте;

– паспорта буровзрывных работ и порядок уборки развалов (например, при бестранспортно-взрывной со сбросом горной массы в выработанное пространство схеме вскрышных работ);

– график строительства карьера (линейно-кусочный или сетевой);

– график подготовки нового горизонта.

В темах проекта 2 и 3 вместо чертежа 5.4 выполняется чертеж "План карьера на текущий момент (фактическое положение горных работ на один из последних моментов)". Кроме того, могут представляться:

– схема расконсервации временно погашенного борта (ВПБ) карьера;

– график расконсервации ВПБ;

– график реконструкции карьера и пр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анистратов Ю. И. Технология открытой добычи руд редких и радиоактивных металлов: Учебник для вузов. М.: Недра, 1988. 430 с.

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М.: Недра, 1981.

Виницкий К. Е. Управление параметрами технологических процессов на открытых разработках. М.: Недра, 1984.

Временные методические указания по управлению устойчивости бортов карьеров цветной металлургии. М.: Унипромедь, 1989. 128 с.

Галустьян Э. Л. Геомеханика открытых горных работ. М.: Недра, 1992.

Гопаков П. И., Наумов И. Н. Технология, механизация и организация открытых горных работ. – М., МГИ, 1992. 464 с.

Единые правила безопасности при взрывных работах/Редкол. М.П.Васильчук и др. М.: НПО ОБТ, 1992. 238 с.

Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. 3-е изд., доп. и перераб. М.: НПО ОБТ, 1992. 109 с.

Научные основы проектирования карьеров/Под общ. ред. В. В. Ржевского, М. Г. Новожилова, Б. П. Юматова. М.: Недра, 1971. 598 с.

Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП 13-1-86. Л., 1986. 264 с.

Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий цветной металлургии с открытым способом разработки. ВНТП 35-86. Свердловск, 1986. 100 с.

Нормы технологического проектирования угольных и сланцевых разрезов. М.: Минуглепром СССР, 1986. 56 с.

Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб., ВНИМИ, 1998. 208 с.

Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. М.: Недра, 1985. 520 с.

Сорокин Л. А. Взаимодействие процессов: Учеб. пособие. Екатеринбург, УГГГА, 1996. 96 с.

Сорокин Л. А. и др. Вскрытие и система разработки месторождений открытым способом//Методические указания по курсовому проектированию. – Екатеринбург, УГГГА, 1997. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. М.: Недра, 1982. 406 с.

Сорокин Л. А. Технологические и методические основы проектирования вскрытия и системы разработки карьеров: Учеб.-метод. пособие. Екатеринбург, УГГГА, 2000.

Хохряков В. С. Проектирование карьеров. М.: Недра, 1992. 383 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Бланк задания

Уральский государственный горный университет
Кафедра РМОС

ЗАДАНИЕ
на курсовое проектирование по дисциплине
"Технология и комплексная механизация открытых горных работ"

Исполнитель проекта: студент группа
Руководитель проекта
Тема проекта:

Базовые условия

1. Параметры и характеристики месторождения:

число залежей ; угол падения залежей ; мощность залежи (продуктивной толщи) м; длина залежей по простиранию м; доля включений пород %; мощность покрывающих пород м; глубина выклинивания залежей м; степень разведанности запасов – принять по данным реального объекта; геологические и балансовые запасы – подлежат расчету; типы и геотехнологические свойства пород и массива – принять по данным реального объекта; гидрогеологические условия – принять по данным реального объекта.

2. Параметры карьерного поля: глубина м; размеры в плане – определить расчетом.

3. Очередность разработки –

4. Производственная мощность по

5. Способ выемки ископаемого –

6. Состав и размещение объектов рудника – подлежат обоснованию.

7. Характеристика поверхности карьера – принять по данным реального карьера.

8. Особые условия:

Задание выдано Руководитель проекта

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Содержание проекта (пример)

1. Технико-экономические показатели проекта…….. 4
2. Геолого-экологическая характеристика месторождения…….. 6
3. Параметры карьерного поля……. 9
4. Режим и объемы работ……. 12
5. Механизация горных работ…….. 14
6. Система разработки…….. 16
7. Вскрытие карьерного поля……... 18
8. Подготовка новых горизонтов……. 20
9. Горно-строительные работы……..... 22
10. Генплан карьера……..… 25
11. Экономические показатели разработки……..……...…… 27
Список использованных источников…….. 30

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример титульного листа

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО
Уральский государственный горный университет
Кафедра РМОС

ВСКРЫТИЕ И СИСТЕМА ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
ГРАНИТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА
КУРМАНСКОГО НА ЩЕБЕНЬ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине "Технология открытых горных работ"
специальности 130403 – "Открытые горные работы"
направления подготовки 130400 – "Горное дело"

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Исполнитель:
студент гр. ОРМ-96-2 С. В. Старицын

Руководитель:
профессор, канд. техн. наук Л. А. Сорокин

Зав. кафедрой:
проф., доктор техн. наук Ю. И. Лель

Екатеринбург, 2005

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Технико-экономические показатели проекта

Общие по карьеру

1. Параметры карьерного поля на конец разработки/I очереди:
   - глубина, м
   - длина по простиранию, м
   - ширина, м
   - конструктивные углы погашения бортов, град.
2. Объемы (запасы) в контурах КП/I очереди:
   - эксплуатационные запасы руды (угля), тыс. т
   - вскрышных пород, тыс. $м^3$
3. Средний коэффициент вскрыши, $м^3$/т (т/т)
4. Производительность карьера годовая:
   - по добыче, тыс. т
   - по вскрыше, тыс. $м^3$
5. Срок существования карьера, лет
6. Механизация горных работ:
   - класс структуры механизации (СМ)
   - подкласс СМ
   - выемочные машины на добыче (модель и число)
   - на вскрыше (модель и число)
   - вид транспорта и модели транспортных машин
   - подготовка горной массы (способ, модели и число машин)
7. Площади, га:
   - земельного отвода
   - горного отвода
8. Себестоимость, руб.:
   - 1 т добытого ПИ
   - 1 $м^3$ вскрыши
   - 1 т продукции
9. Удельные инвестиции, руб./т:
   - горной массы франко-карьер
   - руды (угля) франко-карьер
   - товарной продукции
10. Рентабельность производства, %

Показатели на период строительства

11. Пусковая мощность карьера, тыс. т
12. Объем горно-строительных работ, тыс. $м^3$
13. Срок строительства карьера, лет

Показатели системы разработки и развития

14. Принятая система разработки (по классификации...)
15. Направления:
    - углубки карьера

подвигания фронта работ

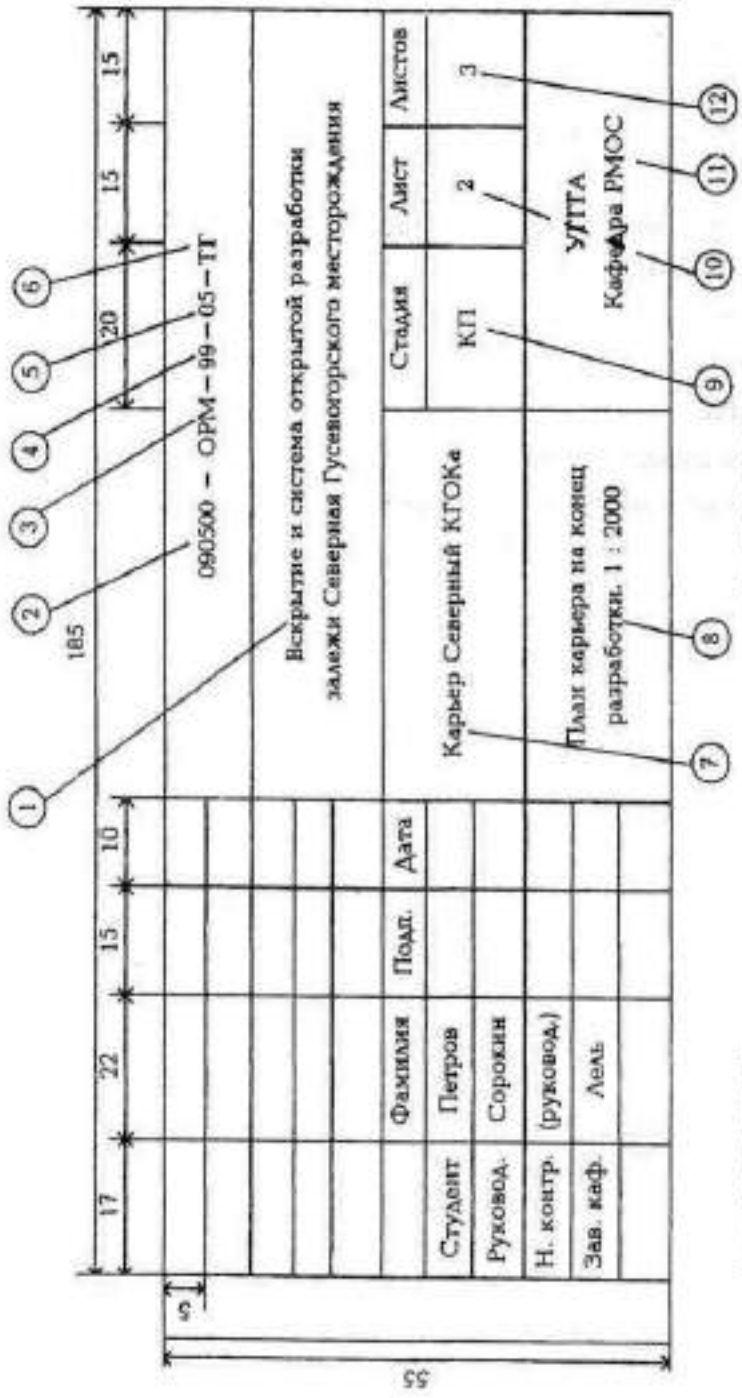
16. Высота рабочих уступов, м:
    добычных
    вскрышных
17. Ширина рабочих площадок, м:
    технологически минимальных
    нормальных (принятых)
18. Фронта горных работ, м:
    удельные расчетные на 1 забой
    общие в год сдачи карьера в эксплуатацию
    общие в расчетный год эксплуатации,
    в том числе активные
19. Показатели потерь:
    общие при разработке, %
    эксплуатационные, %
    коэффициент извлечения
20. Показатель разубоживания ПИ, %
21. Скорости развития, м/год:
    углубки карьера
    подвигания фронта работ

Показатели КП и подготовки горизонтов

22. Способ вскрытия КП
23. Уклон вскрывающих выработок:
    капитальных
    скользящих
24. Число капитальных траншей
25. Объем работ по подготовке горизонтов, тыс. $м^3$
26. Длительность подготовки горизонта, мес.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Содержание углового штампа



Примечание. Допускается компьютерное изготовление углового штампа

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Пример расчетов по проекту на тему "Вскрытие и система разработки меднорудного месторождения типа С"

Ниже излагается пример расчетов и обоснований проекта разработки указанного выше объекта. Задание на проектирование и содержание разделов не приводится, а все необходимые сведения даны в соответствующих разделах.

Читая текст примера, контролируйте ход рассуждений и действий с рекомендациями разделов программы проекта!

П.6.1. Технико-экономические показатели проекта

Общие показатели

1. Параметры карьерного поля по поверхности:	
глубина, м…….	240
длина по простиранию, м……...	1240
ширина вкрест простирания, м……..	810
конструктивные углы погашения бортов, град……	34-37
2. Эксплуатационные запасы руды, тыс. т…….	30 347
3. Объем вскрыши в контурах карьера, млн $м^3$……	72 584,7
4. Средний коэффициент вскрыши, $м^3$/т ($м^3$/$м^3$)….....	2,39(10)
5. Мощность карьера годовая:	
по сырой руде, тыс. т…….	1000,0
по вскрыше, тыс. $м^3$……	3333,4
по горной массе, тыс. $м^3$ (тыс. т)…….....	2580 (9356)
6. Срок работ, лет……	31
7. Механизация горных работ:	
класс СМ для руды (вскрыши)……..	3В(4В)
выемочные машины…….....	ЭКГ-5А (4 ед.)
буровые станки…….....	5СБШ-200-36 (3 ед.)
транспорт внутрикарьерный…….	Авто (БелАЗ-7523)
8. Площади, га:	
земельного отвода……..	320
горного отвода……..……..	96
9. Себестоимость, руб.:	
1 т добытой руды……	162,81
1 $м^3$ вскрыши……...……	43,5
1 т товарной продукции……..	3124,4
10. Удельные инвестиции, руб./т:	
горной массы, франко-карьер……	43,65
руды, франко-карьер……..	407,55
концентрата (товарной продукции)……..	10 160,6
11. Рентабельность производства, %……..	27,6

Показатели на период строительства

12. Пусковая мощность, тыс. т……..	1000,0
13. Объем горно-строительных работ, тыс. м^3….....	15 122
14. Срок строительства карьера, лет……..…….	3

Показатели системы разработки

15. Принятая система разработки (по классификации В. В. Ржевского):	
углубочная,	
кольцевая,	
центральная	
16. Направление углубки карьера……..……..	По центру залежи
17. Высота рабочих уступов, м:	
добычных…….…….....	7,5
вскрышных……..	10 и 15
18. Ширина рабочих площадок, м:	
технологически минимальных…….	56,3
нормальных……	Более 69,1
19. Фронта горных работ, м:	
удельные расчетные на 1 забой……	400-500
общие в расчетный год,…….	2600
в том числе активные…….....…….	2600
20. Показатели потерь (разубоживания) руды, %:	
общие при разработке……..……..	6,5(7,5)
эксплуатационные …….....	3(7,5)
извлечение руды из недр……	93,5
21. Скорости развития, м/год:	
углубки принятая……	7,3
углубки допускаемая (по фактору подготовки горизонта…….....	13,6
подвигания фронта работ…….…....	64,0

Показатели вскрытия КП и подготовки горизонтов

22. Способ вскрытия на конец разработки:	
комбинированное	
внешней и внутренней	
спиральной формы	
траншеями	
23. Уклоны вскрывающих выработок, ‰ :	
капитальных…….....	80
скользящих……	80
24. Число капитальных траншей……..	1
25. Объем подготовительных работ, тыс. м^3……..	800,7
26. Длительность подготовки горизонта, мес. ……..	8,0

П.6.2. Геолого-экологическая характеристика месторождения

Меднорудное месторождение типа С представлено залежью сложной линзообразной формы, крутого падения и простирающейся с юго-запада на северо-восток (рис. П.6.2.1)*.

Оно приурочено к субвулканическому телу, сложенному липаритовыми и липарит-дацитовыми породами, шириной до 1,5 км и длиной до 2 км. По-

этому рудная зона представлена комплексом гидротермально измененных субвулканических пород: порфирами, ультрабазитами, а также медными, медно-цинковыми и цинковыми рудами (в верхней части массивными, в нижней – прожилково-вкрапленными).

Мощность рудного тела – наименьшая в южной части и возрастает к северу, колеблясь от 22 до 180 м. Углы падения залежи от вертикальных до 35 – 40°. Длина залежи по простиранию – 650 м в верхней части и 530 м в нижней (отм. –140 м).

Она выклинивается на глубине 450 – 500 м.

Залежь прикрыта наносами из глинистых и суглинистых пород (0,5 – 1,0 м) и дезинтегрированными выщелоченными сильно разрушенными породами (29 – 31 м). Средняя мощность слоя покрывающих пород 30 м.

Покрывающие породы относятся к классу мягких, вмещающие и руды – скальных, крепких, подлежащих рыхлению перед выемкой. Крепость их по шкале проф. М. М. Протодьяконова f = 10÷14, показатели буримости $П_б$ = 14÷16 и взрываемости $П_в$ = 15÷17 (по классификации В. В. Ржевского). Плотность наносов ($\gamma_н$ = 1,8 т/м^3, вмещающих пород ($\gamma_в$ = 2,75 т/м^3, руд $\gamma_р$ = 4,2 т/м^3). Сцепление в образцах пород наносов С = 1,2 МПа, вмещающих $C_о$ = 28÷30 МПа. Углы внутреннего трения, соответственно, ($\rho_о$ = 26° и $\rho_о$ = 38°).

Массив слабо нарушен тектоническими явлениями. Опасных, осложняющих разработку, нарушений нет. Трещиноватость массива в среднем IV класса. Выделяются субтрещины простирания с юго-запада на северо-восток с падением на запад под углом 65 – 70°. Обводненность его слабая, предварительного осушения месторождения перед разработкой не требуется, влияние на устойчивость откосов обводненность существенно не оказывает.

Общая устойчивость пород наносов удовлетворительная, а вмещающих - хорошая.

Залежь разведана до глубины 320 м. Запасы по категориям: А – 12 %, В – 34 %, $С_1$ – 50%, $С_2$ – 4 %.

Месторождение разрабатывается на медь и цинк. Содержание меди в руде до 5,2 % (в среднем 2,7 %), содержание цинка до 4,7 % (в среднем 1,5 %). Распределение Cu и Zn в блоках неравномерное, и разработка требует селективной выемки и усреднения добытого сырья.

---

* Рис. П. 6.2.1, П. 6.6.1, П. 6.7.1, П. 6.9.1 выполнены бакалавром М. Н. Чернецовым

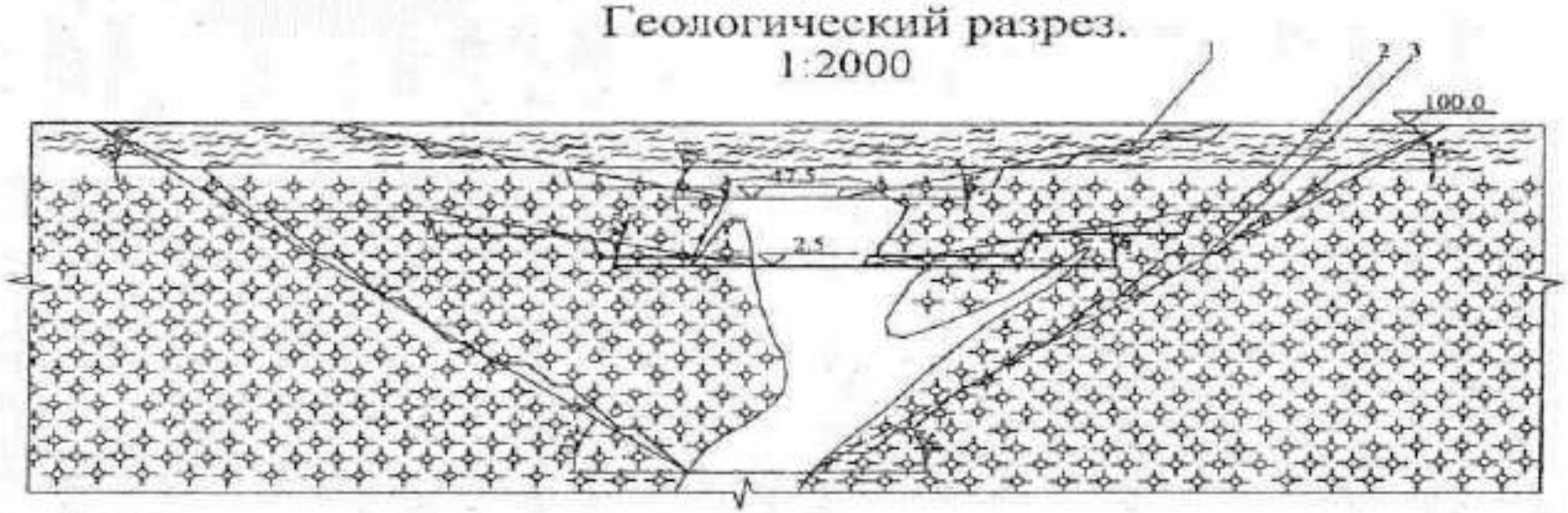


Рис. 6.2.1. Геологический разрез

Рис. 6.3.1. Сечения по бортам карьера

Все разновидности руд биологически агрессивны, поэтому отвалы некондиционных руд должны оборудоваться на площадках, оборудованных защитой от проникновения водостоков с поверхностей отвалов и складов в почву.

Растительный слой (0,4 – 0,6 м) пригоден для использования в сельскохозяйственных целях, а кварцевые порфиры – для получения щебня марок 800 – 1000.

Рельеф поверхности относительно спокоен, в границах промзоны перепад высотных отметок в пределах 8 – 10 м.

По строению месторождение относится ко второй группе сложности, и условия для разработки весьма благоприятны.

Разработка месторождения открытым способом возможна: степень его разведанности достаточна (допускаемый объем запасов по категории В > 20 %); залежь относительно крупная для месторождений руд цветных металлов; мощность наносов сравнительно невелика; гидрологические условия благоприятны; содержание полезных компонентов в рудах весьма высокое; спрос на продукцию неограничен.

П.6.3. Параметры карьерного поля

Согласно заданию на проектирование, перспективная глубина карьера 240 м (отм. дна –140 м). Карьер, учитывая незначительную глубину, разрабатывается без выделения очередей.

Погашенные борта будут иметь выпуклую форму: в пределах разрушенных пород углы откоса его ниже, чем по коренным породам.

В соответствии с типом пород устойчивые углы откосов погашаемых уступов прогнозно приняты [10]: в разрушенных породах 35 – 40°, в коренных для одиночных уступов 70 – 75° и сдвоенных 65 – 70° (с восточного борта обязательно не выше 70°).

Рабочие уступы верхней части страиваются и, таким образом, борт в ее пределах представлен единым откосом с устойчивым углом, как отмечено выше, не более 35 – 40°.

Устойчивый угол борта в нижней части рассчитан методом предельного равновесия. Массив квазиоднороден, IV категории трещиноватости (размер отдельности l т (1,5 м), высота участка борта $H_б$ = 210 м и тогда:

сцепление в массиве

$$C_м = \frac{C_о - C'}{1 + a' \ln \frac{H_б}{l_т}} + C' = \frac{29 - 1}{1 + 7 \ln \frac{210}{1{,}5}} = 1{,}8 \text{ МПа}; \qquad (П.6.3.1)$$

расчетное сцепление в массиве

$$C_р = \frac{C_м}{n} = \frac{1{,}8}{1{,}5} = 1200 \text{ кПа}; \qquad (П.6.3.2)$$

расчетный угол внутреннего трения

$$\varphi_{\text{р}} = \text{arctg}\frac{\text{tg}\varphi}{n} = \text{arctg}\frac{\text{tg}38^{\circ}}{1{,}5} = 27^{\text{o}}; \qquad \text{(П.6.3.3)}$$

глубина трещины отрыва

$$H_{90} = \frac{2C_{\text{р}}}{\gamma_{\text{д}}} = \text{ctg}\left(45^{\circ} - \frac{\varphi_{\text{р}}}{2}\right) = \left(\frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{3}}{2{,}75 \cdot 9{,}81}\right)\text{ctg}\left(45^{\circ} - \frac{27^{\circ}}{2}\right) = 53{,}5 \text{ м}; \quad \text{(П.6.3.4)}$$

коэффициент высоты

$$H' = \frac{H_{\text{б}}}{H_{90}} = \frac{210}{53{,}5} = 3{,}9. \qquad \text{(П.6.3.5)}$$

В формулах: C’ – сцепление по контактам микроблоков пород. В малотрещиноватых породах C’= 0,5÷1,0 МПа, принимаем C’ = 1,0 МПа [12]; a’ – коэффициент, для прочных пород a’ = 7÷10, принято a’ = 7; n – коэффициент запаса, на стадии проектирования рекомендуется n = 1,5.

Для H’ = 3,9 при $\varphi_{\text{р}}$ = 27° устойчивый угол откоса борта по графику Г. Л. Фисенко [12] $\beta_{\text{у}}$ = 55°.

На конец разработки в верхней части уступы страиваются, в коренных породах – сдваиваются и, таким образом, высота погашенных уступов $h_{\text{п}}$ = 30 м. Принимаем к расчету углы их откосов, учитывая факторы устойчивости и технологию консервации, соответственно, $\alpha_{\text{п}}$ = 35° и $\alpha_{\text{п}}$ = 60°.

Минимальная ширина берм очистки по условиям сработки их осыпью (расчетный срок службы Т > 30 лет) и задержания падающих кусков составляет в верхней части 7,9–9,0 в нижней – 2,5–3,0 м; по условию сработки берм при обрушении нижележащего уступа –10–12,5 м [15], а по условию механизированной очистки берм (например, бульдозерами) – не менее 7–8 м. Принимаем окончательно ширину берм очистки $b_{\text{о}}$ = 12,5 м.

Ширина транспортных берм согласно расчетам (раздел п. 6.7) $b_{\text{тр}}$ = 25,4 м.

Конструктивные углы погашения бортов, вычисленные после отстройки карьера на конец разработки по зависимости

$$\beta_{\text{к}} = \text{arctg}\, H_{\text{к}} / (\Sigma b_{\text{о}} + \Sigma b_{\text{тр}} + \Sigma h_{\text{п}}\, \text{ctg}\, \alpha_{\text{п}} \qquad \text{(П.6.3.6)}$$

составляют: по западному борту – 35°, восточному – 37°, южному – 37°, северному – 34° (рис. П.6.3.1). Указанные значения углов ниже устойчивых $\beta_{\text{у}}$ = 55°) и приняты как исполнительные.

Размеры карьерного поля (КП) по дну приняты по контурам залежи на гор. –140 м и составляют: ширина от 32 до 180 м, длина – 520 м.

Размеры КП поверху вычислены по зависимости:

$$B_в\ (L_в) = \beta_д(L_д) + H_к \operatorname{ctg} \beta_к, \qquad (П.6.3.7)$$

где $B_в\ (L_в)$ – ширина (длина) КП поверху; $B_у\ (L_у)$ – ширина (длина) КП "по дну"; $\beta_к$ – угол погашения борта в сечении "к".

Согласно расчетам КП имеет ширину до 810 м и длину 1240 м.

Объемы горной массы, вскрыши и геологические запасы руды определены способом горизонтальных сечений: вычерчены погоризонтные планы на уровне отметок 100 (поверхность), 70, 10, –50, –110 и –140 м, где показаны залежь и контуры уступа в погашенном состоянии (рис. П.6.3.2); определены для каждого плана площади S зон руды и горной массы; объемы (раздельно по руде и горной массе) определены по зависимости:

$$V = 0{,}5\ (S_{100} + S_{70}) \overset{100}{\underset{70}{h}} + 0{,}5\ (S_{70} + S_{10}) \overset{100}{\underset{10}{h}} + \ldots + 0{,}5\ (S_{-110} + S_{-140}) \overset{-110}{\underset{-140}{h}}, \qquad (П.\ 6.3.8)$$

где S_{100}, S_{70} ... – площади зон руды (горной массы) по горизонтам 100 м, 70 м и т. д.;

100 м, 70 м и т. д. – высота слоя между горизонтами, м.

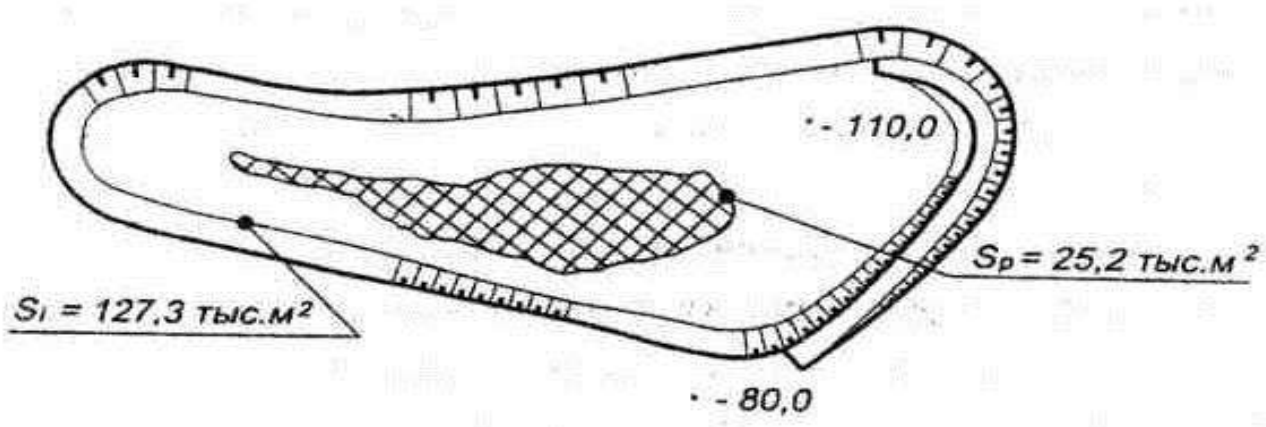


Рис. 6.3.2. План горизонта –110 м

Результаты расчетов приведены в табл. П.6.3.1.

Таблица П.6.3.1

Данные к расчету объема карьера

Горизонт, м	Высота слоя	Площади зон, тыс. м^2		Объемы в слое, тыс. м^3	
		руды	итого	руды	итого
100	30	0	724,2		
70		38,1	543,8	0	1920*
10	60	34,6	387,5	2334	27942
-50	60	25,2	248,6	2226	19083
-110	60	30,3	127,3	1794	11250
-140	30		32,4	834	2396
Всего:	240	167,9	2063,8	7188	79691

* 1. Объем дан без объема внешней траншеи.

2. Объем карьера в случае компьютерной отстройки плана карьера в системе AutoCAD может быть определен автоматически без разделения на слои

Вместе с внешней траншеей, объем которой 378 тыс. м^3 (раздел 6), объем карьера 79691 + 378 = 80 069 тыс. м^3, в том числе геологические запасы руды в контурах карьера $Z_г$ = 7188 тыс. м^3 (7188×4,2 = 30 189,6 тыс. т).

К забалансовым отнесены руды с содержанием Cu менее 0,5 % и Zn менее 0,4 %, а также участки с мощностью рудного тела менее 1,0 м. Ориентировочно (по данным геологоразведки) запасы этой категории составляют по месторождению около 3,6 %, и, таким образом, забалансовые запасы $Z_{зб} \approx \approx 0{,}036 Z_г \approx 0{,}036 \cdot 30189{,}6 = 1086{,}8$ тыс. т. Балансовые запасы $Z_{бал}$ = 30189,6 – 1086,8 = 29102,8 тыс. т. Поскольку они находятся в контуре разработки, промышленные запасы $Z_п = Z_{бал}$ = 29102,8 тыс. т.

Для линзообразных невыдержанных, сложноструктурных тел с мощностью 20–150 м при высоте уступа 10 м уровень эксплуатационных потерь (и разубоживания (при их соотношении 1:1 в среднем составляет 6,2–5,0 % [15, 16]. Полагая, что высота добычного уступа в рудной зоне 7,5 м, ожидаемые $\eta(\rho) \approx 0{,}9(6{,}2–5{,}0) = 5{,}6–4{,}5$ %. Для медно-цинковых месторождений обычно оптимальное соотношение $\eta:\rho = 1:(2 \ldots 3)$. Тогда, приняв в среднем нормативное $\eta(\rho)$ = 5,2 % и оптимальное $\eta:\rho = 1:2{,}5$, для расчетов принимаем $\eta \approx 3$ % и $\rho \approx 7{,}5$ %.

Эксплуатационные запасы руды

$$Z_э = Z_п(1 – \eta)(1 + \rho) = 29102{,}8(1 – 0{,}03)(1 + 0{,}075) = 30347 \text{ тыс. т}$$

или $$\frac{30347}{4{,}2} = 7225{,}5 \text{ тыс. м}^3.$$

Всего будет потеряно, таким образом, 1086,8 + 29 102,8·0,03 = 1959,9 тыс.т. Коэффициент общих потерь руды $\eta_o = \frac{1959{,}9}{30189{,}6} = 0{,}065$, а извлечения 1–0,065 = = 0,935. Это значение следует признать достаточно высоким.

Таким образом, объем карьера 80069 тыс. м^3, забалансовые запасы $\frac{1086,8}{4,2}$ = = 258,8 тыс. м^3 (подлежат отдельной выемке и хранению), эксплуатационные запасы $Z_э$ = 7225,5 тыс. м^3, всего забалансовых и эксплуатационных запасов руды 258,8 + 7225,5 = 7484,3 тыс. м^3, вскрыши $\underline{V}_в$ = 80069 – 7484,3 = 72 584,7 тыс. м^3. Из них мягкой вскрыши 378 + 19 020 = 19398 тыс. м^3 (объем внешней траншеи и слой между поверхностью и гор. 70 м), скальной 72584,7 – – 19398 = 53186,7 тыс. м^3.

Средний коэффициент вскрыши

$$K_{ср} = \frac{V_в}{Z_э} = \frac{72584,7}{7225,5} = 10,0 \text{ м}^3/\text{м}^3, \left(\frac{72584,7}{7225,5} = 2,39 \text{ м}^3/\text{т}\right).$$

П.6.4. Режим и объемы работ

Товарной продукцией для карьера является кондиционная руда, а всего рудника – концентрат. Руда складируется на специальном складе и в дальнейшем отгружается для дробления, измельчения и обогащения на ДОФ, размещенную в 12,5 км от карьера.

Переработка скальной массы на щебень к моменту проектирования не планируется.

Согласно заданию, годовой объем добычи кондиционной руды $Д$ = 1000 тыс. т (238,1 тыс. м^3), некондиционной массы $\frac{258,8}{7225,5}$·1000 = = 35,8 тыс. т (8,5 тыс. м^3), итого рудной массы $V_{рм}$ = 1000 + 35,8 = 1035,8 тыс. т (246,6 тыс. м^3). Среднегодовой расчетный объем вскрышных работ $V_в = K_{ср} Д K_{нер}$ = 10·238,1·1,4 = 3333,4 тыс. м^3 (где $K_{нер}$ – коэффициент неравномерности годовых объемов, принят 1,4). Из указанного объема скальной вскрыши ориентировочно $\frac{53186,7}{72584,7}$· 100 % = 73,3 % или 2442,3 тыс. м^3, мягкой 3333,4 – –2442,3= 891,1 тыс. м^3. Общий годовой объем горной массы $V_{г.м}$ = 3333,4 + + 246,6 = 3580 тыс. м^3 или 891,1·1,8 + 2442,3·2,75 + 1035,8 = 9356 тыс. т.

Срок работы $T_р$ предприятия

$$T_р = T_{стр} + T_э + T_{зат}, \qquad (П.6.4.1)$$

где $T_{стр}$, $T_э$, $T_{зат}$ – соответственно, длительность горно-строительных работ, работы с номинальной производительностью и затухания горных работ.

Согласно разделу 9 срок развития мощности в период строительства $T_{стр}$ = 1,5 года. Принимаем $T_{зат} \approx T_{стр}$ = 3 года. За эти 2 периода будет добыто руды ориентировочно $P_{стр} + P_{зат} \approx$ 1100 + 1100 = 2200 тыс. т, а за

период эксплуатации 30347 – 2200 = 28127 тыс. т. Длительность $T_э$ = $\frac{28127}{1000}$ = 28 лет. Отсюда расчетный срок работ $T_р$ = 3,0 + 28 + 1,5 ≈ 33 года.

Учитывая средние по масштабу объемы работ (до 4 млн м^3 в год), принимается режим работы карьера (вкрышных и добычных работ) 6 дней в неделю, 300 дней в году (за вычетом 52 воскресных дней, 8–10 общегосударственных выходных, 3–5 дней простоев по погодным условиям). Выемка – транспортирование в 3 смены по 8 часов в сутки, буровые работы – в 2 смены по 8 часов, взрывание – в дневную смену. Таким образом, число рабочих смен в году экскаваторного участка 300×3 = 900, бурового – 300×2 = 600.

Расчетный сменный объем работ при коэффициенте неравномерности сменных объемов 1,2:

выемочных $V_{р.в} = \frac{3333,4 + 246,6}{900} \cdot 1,2 = 4,77$ тыс. м^3,

в том числе по скальной массе $\frac{244,3 + 246,6}{900} \cdot 1,2 = 3,59$ тыс. м^3,

мягкой 1,18 тыс. м^3;

буровзрывных $\frac{2442,3 + 246,6}{600} \cdot 1,2 = 5,37$ тыс. м^3.

П.6.5. Механизация горных работ

Поскольку месторождение крутопадающее, и в соответствии с физико-механическими свойствами горной массы принимаем для разработки: руды – структуру механизации (СМ) III класса с буровзрывной подготовкой, скальной вскрыши – СМ IV класса с той же подготовкой, рыхлой вскрыши – СМ IV класса без подготовки горной массы перед выемкой (по классификации Л. А. Сорокина [14]).

В соответствии с принципами комплексности, масштабами работ, свойствами горной массы на выемке ее принимаем однотипное для всех вскрышных и добычных работ оборудование: экскаваторы ЭКГ-5А с емкостью ковша 5 м^3, буровые станки 5СБШ-200-36. В соответствии с параметрами карьерного поля, условиями залегания месторождения и другими факторами, на вывозке горной массы принят автотранспорт автосамосвалами БелАЗ-7523 грузоподъемностью 42 т.

Зарядка скважин ВВ (взрывание – порэмитом) зарядными машинами МЗВ-8, забойка – агрегатами ЗС-2М, для вспомогательных, дорожных, планировочных и прочих работ предусматриваются бульдозеры Д-572.

Сменные производительности экскаваторов и станков принимаем [11]: нормативная сменная производительность ЭКГ-5А по мягким породам 2400 м^3, по скальной массе 1500 м^3. В рудной зоне, учитывая селективность выемки, производительность экскаватора снижается на 10-15 %. Но, учитывая, что

объем работ в зоне равен примерно 10 % от объема по скальной массе, данный фактор при расчете экскаваторов не учитываем.

Производительность бурового станка в породах крепостью f = 10÷14 – 70 м/смену. Предполагая, что в породах месторождения рационально многорядное (4−6-рядное) взрывание с сеткой скважин (6×6)...(7×7), можно ожидать, что выход горной массы с 1 м длины скважин составит $q_{г.м}$ =35÷42 м^3. Приняв q = 40 м^3/м, получим сменную производительность станка по взорванной массе 70·40 = 2800 м^3.

Для условий Среднего Урала число рабочих машино-смен списочной единицы парка составит [11]: экскаваторов 675–680 (принимаем 675), буровых станков 420–430 (принимаем 425).

Годовая производительность:

экскаватора по мягким породам 2400·675 = 1620 тыс. м^3;

экскаваторов по скальной массе 1500·675 = 1012 тыс. м^3;

буровых станков 70·425 = 29,75 тыс. м или 2800 (425 = 190 тыс. м^3).

На период эксплуатации парк экскаваторов для выполнения программы выемки мягких пород $\frac{891{,}1}{1620}$ = 0,55 ед., для выемки скальной массы $\frac{2442{,}3+246{,}6}{1012}$ = 2,65 ед., итого 3,2 ед., принимаем 4 экскаватора.

Списочный парк буровых станков $\frac{2442{,}3+246{,}6}{1190}$ = 2,26 ед., принимаем 3 единицы.

Таким образом, средняя фактическая производительность списочного экскаватора составит $\frac{3333{,}4+246{,}6}{4}$ = 895 тыс. м^3 в год, а бурового станка $\frac{2442{,}3+246{,}6}{3}$ = 896,3 тыс. м^3 в год. Указанные цифры свидетельствуют о гармоничном соответствии мощностей бурового и выемочного оборудования и достаточном резерве мощностей.

Поскольку карьер сдается в эксплуатацию на 100 % мощности, рассчитанный парк принят и на год окончания горно-строительных работ.

П.6.6. Система разработки

В соответствии с типом месторождения для всех периодов его разработки принимается углубочная продольно-поперечная (кольцевая) центральная система разработки (по классификации В. В. Ржевского).

Фронты уступов ориентированы в основном по простиранию залежи с юго-запада на северо-восток. Углубка – по залежи. Горизонты готовятся укороченными разрезными траншеями, закладываемыми по лежачему или висячему бокам залежи. Фронты горных работ подвигаются вкрест простирания

залежи в обе стороны, а также к южному и северному торцам карьера (рис. П.6.6.1).

В работе, согласно наличию 4 экскаваторов, поддерживается 3–4 уступа, на каждом из них – по одному забою. Рабочая зона сплошная.

Вскрыша вынимается валовым способом, выемка в добычной зоне селективная.

С целью снижения потерь и разубоживания руды высота уступов в рудной зоне принята 7,5 м. Высота уступов по вмещающим породам, предварительно взрываемым, при разборке развалов экскаваторами ЭКГ-5А и многорядном взрывании может достигать 12–15 [14, 15]. При верхнем пределе, учитывая, что породы трудновзрываемые, массивы крупноблочные (IV категории трещиноватости), предпочтительна послойная разборка развалов. С учетом высоты уступов на добыче принимаем во внешней зоне 15-метровые уступы и, таким образом, выходя из рудной зоны, уступы сдваиваются. Высота уступов по покрывающим породам, экскавируемым без взрывной подготовки, согласно п. 31 ЕПБ [7] не должна превышать высоту черпания $H_{ч\ max}$ экскаватора (у ЭКГ-5 $H_{ч\ max}$ = 10,4 м).

Углы откосов рабочих уступов в мягких породах 45-50°, в скальном массиве 70–75° [10].

Экскаваторные заходки – продольные, забои – торцовые.

Технически минимальная ширина рабочих площадок согласно рекомендациям Гипроруды [11]: при высоте уступов $h_у$ = 10 м и мягких породах $B_{min} = 2h_у = 2 \cdot 10 = 20$ м, при $h_у$ = 15 м и скальных породах $B_{min} = 2h_у = 2 \cdot 15 = 30$ м. Расчетное значение B_{min} принято при следующих предположениях.

Для 10-метровых уступов – заходки шириной $1{,}2R_{чер} = 1{,}2 \cdot 9{,}04 = 10{,}9$ м (где $R_{ч.у}$ – радиус черпания ЭКГ-5А на уровне стояния); движение автомашин по уступу – сквозное. Согласно рис. п. 6.6.2, B_{min} = 10,8 + 1,0 + 6,5 + 2 + 1,7 = = 22 м.

Для 15-метровых уступов в скальных породах – короткозамедленное β = 25 мс) взрывание, 4-рядное ($n_р$ = 4), сетка вертикальных скважин 6,5×6,5 м, удельный расход ВВ $q_{ВВ}$ = 0,7 кг/м^3 [14], и тогда прогнозная ширина развала пород (м)

$$B_р \approx k_в k_\tau k_\beta h_у \sqrt{q_{ВВ}} + (n_р - 1) b_с \approx 2{,}2 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 \cdot 15 + \sqrt{0{,}7} + (4-1)\ 6{,}5 = 44{,}3, \quad (П.6.6.1)$$

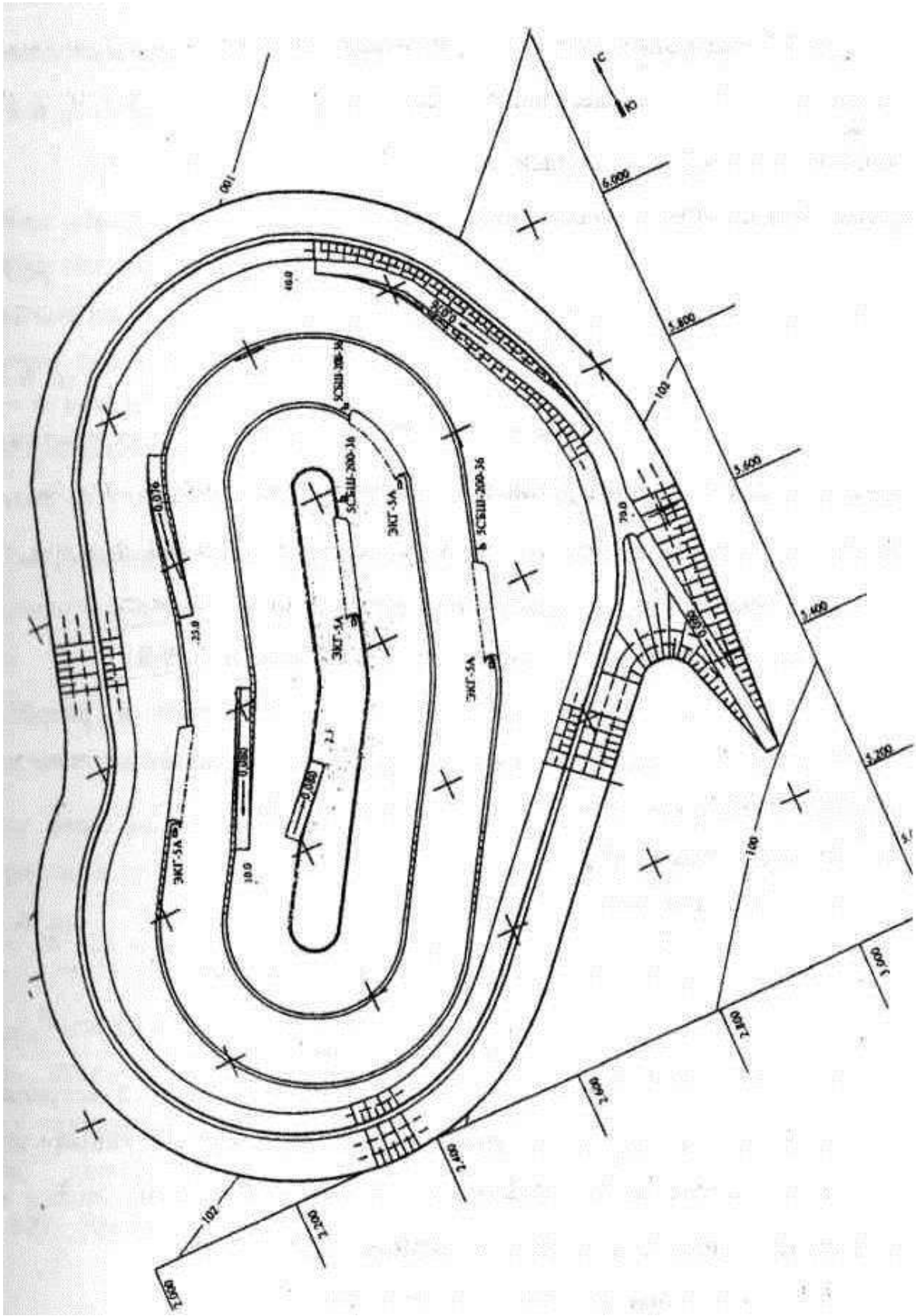


Рис. П.6.6.1. План горных работ. 13-й год работы

где $k_в\, k_\tau\, k_\beta$ – коэффициенты, соответственно, отброса породы при взрывании, учитывающие степень замедления (τ = 25 мс), угол наклона (τ = 90°) скважин; $b_с$ – расстояние между рядами скважин, 6,5 м.

Минимальная ширина рабочей площадки (рис. П.6.6.2)

$$B_{min} = 44{,}3 + 1{,}0 + 6{,}5 + 2{,}0 + 2{,}5 = 56{,}3 \text{ м}.$$

При минимально-нормативных резервах готовой к разработке (выемке) горной массы на 2,5 месяца работы карьера они должны поддерживаться в пределах:

во вскрышной зоне

$$P_в = \frac{V_в}{12} \cdot 2{,}5 \ \frac{3333{,}4}{12} \cdot 2{,}5 = 695 \text{ тыс. м}^3; \qquad (П.6.6.2)$$

в добычной зоне

$$P_д = \frac{V_{р.м}}{12} \cdot 2{,}5 = \frac{246{,}6}{12} \cdot 2{,}5 = 51 \text{ тыс. м}^3.$$

На 14 год эксплуатации (см. рис. П.6.6.1) в работе 2 вскрышных по 15 м уступа и 1 добычный 7,5-метровый. Активный фронт вскрышных работ $\Phi_в$ = 1800 м, добычных $\Phi_д$ = 800 м. Отсюда минимально целесообразная полоса резерва запасов:

на вскрышных горизонтах

$$p_в = \frac{p_в}{2h_у\Phi_в} = \frac{695000}{2 \cdot 15 \cdot 1800} = 12{,}8 \text{ м}; \qquad (П.6.6.3)$$

в добычной зоне

$$p_д = \frac{p_д}{2h_у\Phi_д} = \frac{51000}{7{,}5 \cdot 800} = 8{,}5 \text{ м}. \qquad (П.6.6.4)$$

Таким образом, нормальные по ширине площадки должны быть не менее 69,1 м (см. рис. П.6.6.2). На расчетный год они составляют 75 м, а угол разгона рабочего борта φ = 12° (см. рис. П.6.2.1); резервы, готовые к разработке (выемке) вскрыши, – 720 тыс. м^3 (на 2,7 месяца работы), руды – 48 тыс. м^3, что почти соответствует норме.

Экономически оптимальный объем взрывного блока [14]

$$V_{в.б} = (0{,}007 \div 0{,}008) EQ_э I\, K_{тр} K_к = (0{,}007 \div 0{,}008) 5 \cdot 895 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}1 =$$

$$= 28 \div 31 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.6.5)$$

В расчетах принято по рекомендации [14]: индекс экономических условий I = 0,8, коэффициенты, учитывающие вид транспорта, $K_{тр}$ = 1,0 и экономико-географические условия региона (Урал) $K_к$ = 1,1.

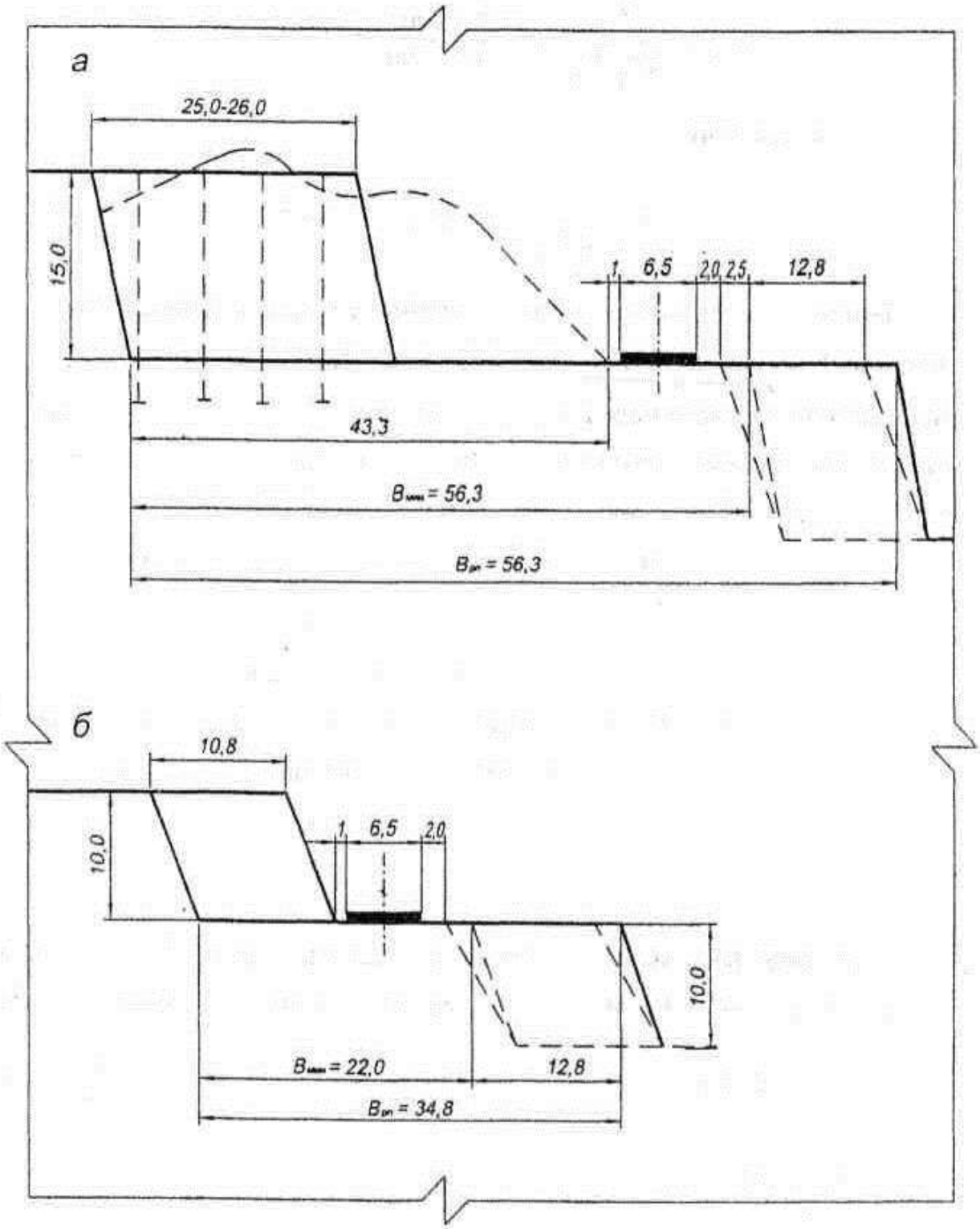


Рис.П.6.6.2. Конструкция рабочих площадок:
а - в скальных породах; б - в мягких породах

При сетке размещения скважин во взрывном блоке 6,5×6,5 м и числе рядов $n = 4$ (с. 48) ориентировочная ширина буровой заходки $B_{б.з} \approx 25 \div 26$ м и тогда длина взрывного блока

$$l_{в.б} = \frac{V_{в.б}}{B_{б.з} h_у} = \frac{28000...31000}{(25...26)} = 75 \div 80 \text{ м}.$$

Для экскаватора ЭКГ-5А, работающего в комплекте с автотранспортом, оптимальная удельная протяженность фронта работ $Ф_1 \approx 400 \div 500$ м. На вскрышных работах она рекомендуется в пределах

$$Ф_в = Ф_1 N_э = (400 \ldots 500)\ 3 = 1200 \div 1500 \text{ м},$$

в добычной зоне

$$Ф_д = Ф_1 N_э = (400 \ldots 500)\ 1 = 400 \div 500 \text{ м}.$$

Как отмечено выше, по состоянию на 14 год фронты в пределах оптимальных ($Ф_в = 1800$ м и $Ф_д = 800$ м).

Среднегодовая скорость углубки при сроке эксплуатации карьера $T_р = 33$ года и его глубине

$$H_к = 240 \text{ м}, \qquad v_{ср} = \frac{H_к}{T_р} = \frac{240}{33} = 7{,}3 \text{ м}.$$

На расчетный 14 год средняя протяженность фронта уступа

$$Ф_{ср} = \frac{Ф_в + Ф_д}{3} = \frac{1800 + 800}{3} = 870 \text{ м}.$$

Скорость подвигания фронта при средней высоте уступа

$$h_{ср} = \frac{2h_в + h_д}{3} = \frac{2 \cdot 15 + 7{,}5}{3} = 12{,}5 \text{ м}:$$

$$v_ф = \frac{Q_э}{Ф_{ср} h_{ср}} = 64 \text{ м в год}. \qquad (П.6.6.6)$$

Пропорциональность в развитии горных работ имеет место, если $v_{ср} \le \frac{v_ф}{\operatorname{ctg}\varphi \pm \operatorname{ctg}\gamma}$ (γ – угол направления углубки, в нашем случае ($\gamma \approx 90°$). Предельная скорость углубки может быть

$$\frac{v_ф}{\operatorname{ctg}\varphi \pm \operatorname{ctg}\gamma} = \frac{64}{\operatorname{ctg}12^\circ + \operatorname{ctg}90^\circ} =$$ = 13,6 м, что выше фактической (7,7 м) и пропорции в развитии работ не нарушены.

П.6.7. Вскрытие карьерного поля

Глубина карьера относительно невелика, поверхностные объекты карьера стационарны, объемы работ стабильны, поэтому весь карьер отрабатывается с одним (автомобильным) видом транспорта. Нет объективных предпосылок и к ротации моделей автосамосвалов: БелАЗ-7523 удовлетворителен для всего диапазона глубин карьера.

На конец разработки карьер вскрывается по комбинированной схеме: до отм. 70 м – траншеей внешнего заложения глубиной 30 м, а все остальные горизонты, учитывая размеры залежи, угол ее падения, параметры карьерного поля, вид транспорта – системой внутренних съездов со спиральной формой трассы (рис. П.6.7.1). Ввод вскрывающих выработок в карьер (юго-восток) обусловлен местом размещения (на восточном борту) отвалов, склада и промплощадки (рис. П.6.10.1). Спиральная трасса с двухполосной автодорогой вписывается в карьер против хода часовой стрелки, размещаясь между горизонтами 70 м – (–140 м). Угол ее охвата примерно 2,8 π.

При сменном грузообороте 4,77 тыс. м^3 (с. 43) или 2442,3·2,75 +246,6·4,2 + +1,2·1,8 = 7754,2 тыс. т, средней массе груза в автосамосвале 42 т (условно, без расчетов), длительности рабочего времени смены 7·0,9 = 6,3 ч интенсивность движения составит $\frac{7754,2}{42 \cdot 6,3}$ = 29,3 автомашины в час, что значительно меньше предельно допускаемой (120–150 автомашин в час). Следовательно, пропускная способность принятой двухполосной дороги достаточна.

Руководящий и исполнительный уклоны внешней траншеи $i_ф = i_р = 80$ ‰, руководящий уклон спиральной внутренней траншеи $i_р = 85$ ‰, а расчетный $i_ф = 0,95 i_р = 0,95 \cdot 0,85 \approx 80$ ‰.

В погашенном состоянии верхние три уступа страиваются, а остальные рабочие уступы сдваиваются и, таким образом, высота погашенных уступов $h_п = 30$ м. При радиусе вертикальных переходных кривых автодорог $R_в = 120$ м длина съездов (и внешней траншеи)

$$l_с = \frac{h_п}{i_с} + i_с R_в = \frac{30}{0,080} + 0,080 \cdot 120 = 385 \text{ м}. \qquad (П.6.7.1)$$

На горизонтах 70, 40, 10, –20, –50, –80 и –110 м оставляются площадки примыкания длиной $l_{п.п} = 60$ м.

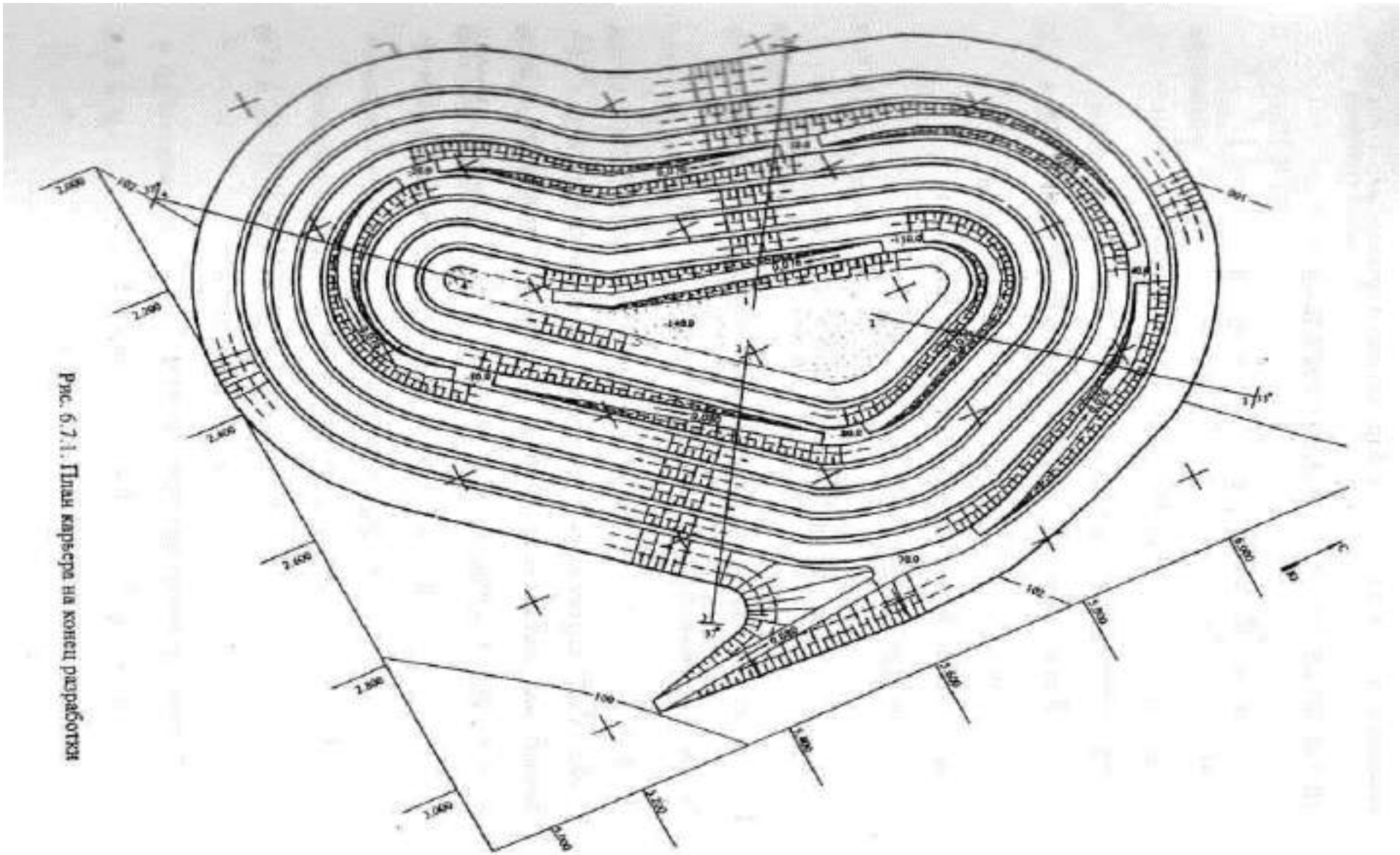


Рис. 6.7.1. План карьера на конец разработки

Фактическая длина трассы системы вскрывающих выработок

$$l_{ф} = n_{с}\, l_{с} + m l_{п.п} = 8 \cdot 385 + 7 \cdot 60 = 3500 \text{ м}, \qquad (П.6.7.2)$$

где $n_{с}$ – число съездов; m – число площадок примыканий.

Коэффициент развития трассы

$$K_{р.т} = \frac{L_{п} i_{р}}{H_{к}} = \frac{3500 \cdot 0{,}085}{240} = 1{,}24. \qquad (П.6.7.3)$$

Автодороги по грузонапряженности относятся ко II категории (объем грузоперевозок брутто $Г_{бр} = V_{г.м}\,(1 + K_{т}) = 9{,}356(1+ 0{,}41) = 13{,}2$ млн т, где $K_{т}$ – коэффициент тары БелАЗ-7523), двухполосные, с усовершенствованным покрытием, проезд гусеничной техники – по обочине. С внешней стороны съездов делаются предохранительные валы высотой $h_{в} = 1{,}2$ м и шириной $b_{в} \approx 2{,}5$ $h_{в} = 2{,}5 - 1{,}2 = 3{,}0$ м. Конструкции оснований внешней траншеи и съездов приведены на рис. П.6.7.2.

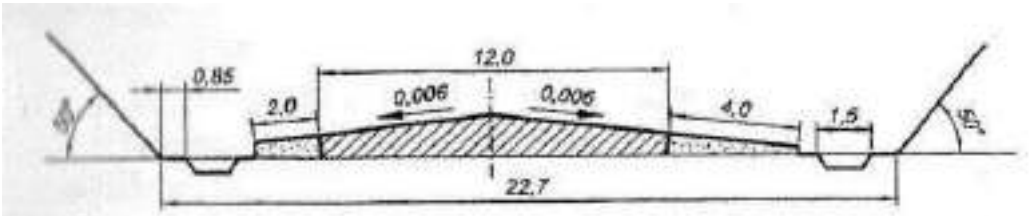


Рис.П.6.7.1. Конструкция дна внешней траншеи

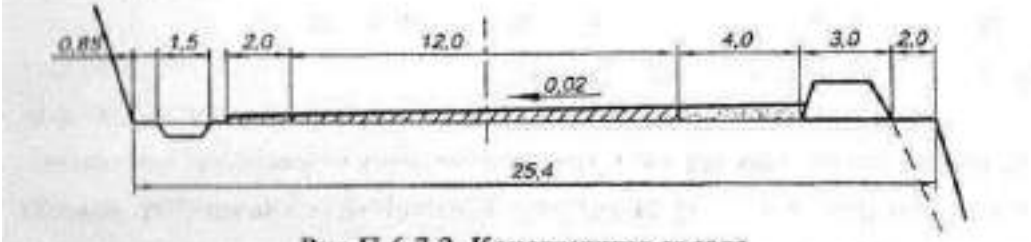


Рис.П.6.7.2. Конструкция съезда

Ширина основания (дна) внешней траншеи

$$b_{вн} = b_{пр}+O_1+O_2+2b_{к}+2b_1 = 12{,}0 + 2{,}0 + 4{,}0 + 2 \cdot 1{,}5 + 2 \cdot 0{,}85 = 22{,}7 \text{ м}. \qquad (П.6.7.4)$$

Ширина транспортных берм (съездов)

$$b_{с}+b_{кр}+O_1+O_2+b_{к}+b_1+b_{в}+Б = 12{,}0+2{,}0+4{,}0+1{,}5+0{,}85+3{,}0+2{,}0 = 25{,}4 \text{ м}, \qquad (П.6.7.5)$$

где $b_{пр}$ – ширина проезжей части, 12,0 м [11]; $b_к$ – ширина водоотводных канав, принято $b_к$ = 1,5 м; b_1 – ширина берм запаса, принято b_1 = 0,85; O_1 и O_2 – обочины, приняты, с одной стороны, 2,0 м, а, с другой, обеспечивая проезд гусеничной техники, - 4,0 м; $Б$ – ширина бермы безопасности, при высоте уступа $h_п$ = 30 м и возможном угле его обрушения 57° $Б \approx 30$ (ctg 57° – ctg 60°) ≈ 2,0 м.

Ширина скользящих съездов (условно Б’ = Б):

$$b_{с.с} \approx b_{пр} + 2O_1 + 2b_1 + Б' \approx 12{,}0 + 2\cdot 2{,}0 + 2\cdot 2{,}085 + 2{,}0 \approx 20 \text{ м}. \quad (П.6.7.6)$$

Скользящие съезды можно организовать по развалам породы.

Объем внешней траншеи при глубине заложения $h_{тр}$ = 30 м, тыс. м^3,

$$V_{вн} = 0{,}5(b_{вн} + h_{тр} \operatorname{ctg} \alpha_п)\, h_{тр}\, l_{тр} = 0{,}5(22{,}7 + 30 \operatorname{ctg} 35°)30\cdot 385 = 378. \quad (П.6.7.7)$$

Объем съезда, тыс. м^3

$$V_с = 0{,}5 b_с\, h_п\, l_с = 0{,}5 \cdot 25{,}4 \cdot 30 \cdot 385 = 146{,}7. \quad (П.6.7.8)$$

Объем внутренних съездов 7·146,7 = 1027 тыс. м^3 (он включен в общий объем вскрыши 72 584,7 тыс. м^3).

На 14 год работ погашены по всему периметру уступы 100 м/70 м и 70 м/40 м, в работе находятся 3 уступа с отметками рабочих горизонтов 25, 10 и 2,5 м (см. рис. П.6.6.1). Нерабочая зона вскрыта внешней траншеей и внутренним съездом, а рабочая – скользящими съездами. Их уклоны также $i_с$ = 80 ‰.

На год сдачи карьера в эксплуатацию (см. рис. П.6.9.1) рабочая зона вскрыта внешней траншеей и двумя системами скользящих съездов. Последние вскрывают временно нерабочие 10-метровые уступы по покрывающим породам с непосредственным выходом на поверхность, минуя внешнюю траншею.

П.6.8. Подготовка новых горизонтов

Горизонты готовятся разрезными траншеями (РТ), закладываемыми по залежи, на высоту добычного уступа, т. е. 7,5 м. Углы откосов бортов $\alpha_з = \alpha_р$ = = 70 – 75° (с. 46). Длина траншей – в пределах 500–650 м, в среднем 600 м.

Объем заезда на дно траншей

$$V_с' = 0{,}5 b_{с.с} \frac{h_р^2}{i_р} = 0{,}5\cdot 20 \frac{7{,}5^2}{0{,}080} = 7{,}0 \text{ тыс. м}^3. \quad (П.6.8.1)$$

Ширина разрезной траншеи по дну для тупиковой схемы маневров автомашин при проходке траншеи (рис. П. 6.8.1), м

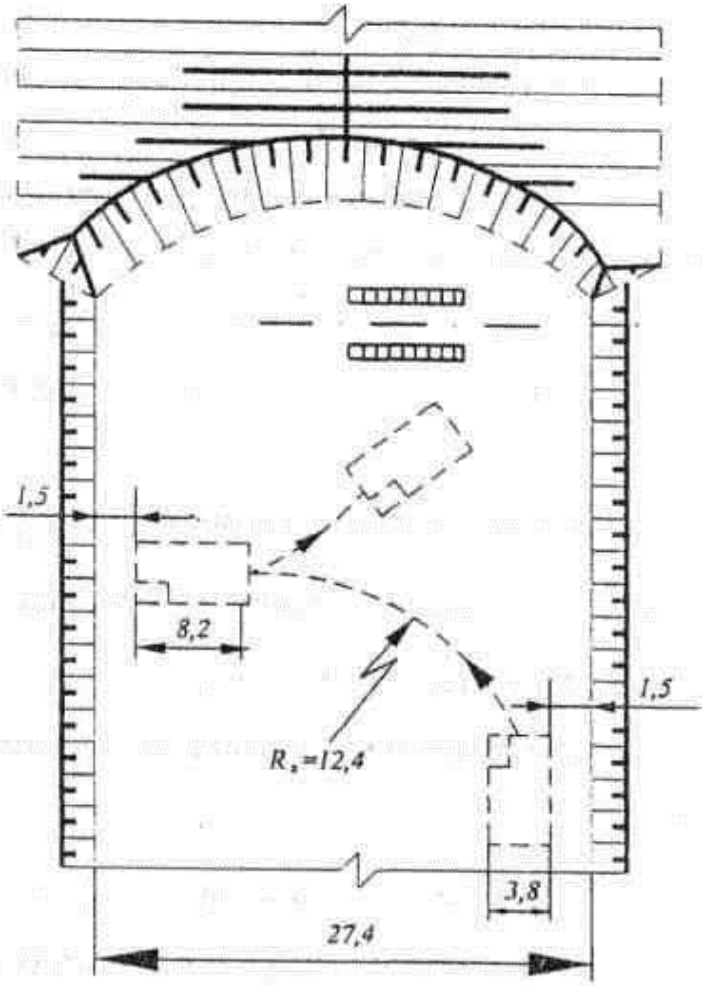


Рис.П.6.8.1. Схема к расчету ширины разрезной траншеи

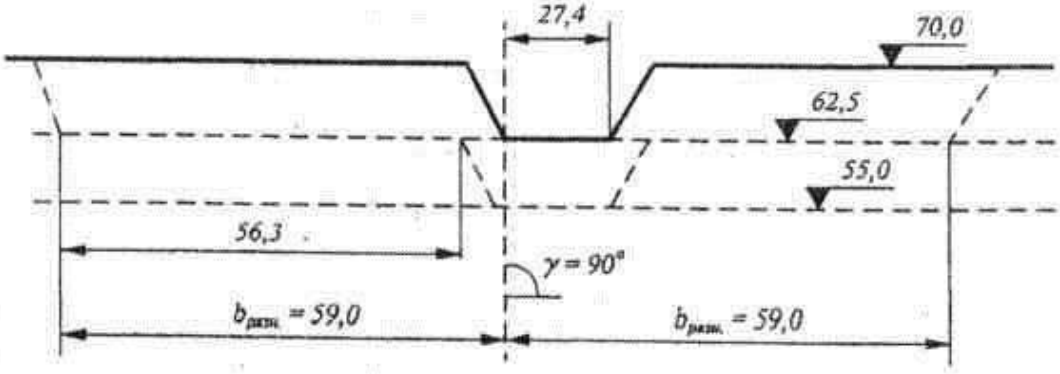


Рис.П.6.8.2. Схема подготовки горизонта 55 м

$$b_{р.т} = 2k + b_а + l_а + R_а = 2 \cdot 1,5 + 3,8 + 8,2 + 1,3 \cdot 9,5 = 27,4, \qquad (П.6.8.2)$$

где k – полосы резерва, принято 1,5 м; $b_а$ и $l_а$ – ширина и длина автосамосвалов; $R_а$ – радиус разворота машины. Принимаем на 30 % выше конструктивного минимального $R_к = 9,5$ м.

Объем разрезной траншеи в расчете на среднюю ее протяженность $l_{р.т} = 600$ м, тыс. м^3.

$$V_{р.т} = (b_{р.т} + h_р \operatorname{ctg} \alpha_б) h_р \, l_{р.т} = (27,4 + 7,5 \operatorname{ctg} 70°) 7,5 \cdot 600 = 135,5. \qquad (П.6.8.3)$$

При подготовке горизонта оба борта траншей разносятся с созданием на вышележащем горизонте минимальных по ширине B_{min} рабочих площадок (см. рис. П.6.8.1). Ширина разноса

$$b_{рн} = B_{min} + h_у \operatorname{ctg} \alpha_р = 56,3 + 7,5 \operatorname{ctg} 70^o – 59 \text{ м}. \qquad (П.\ 6.8.4)$$

Объем работ по разносу бортов РТ вышележащего уступа при протяженности фронта последнего в среднем

$$l_{разн} = l_{р.т} + 2B_{min} \approx 600 + 2 \cdot 56,3 \cdot 710 \text{ м}; \qquad (П.6.8.5)$$

$$V_{разн} = 2b_{рн} \, h_р \, l_{разн} = 2 \cdot 61,8 \cdot 7,5 \cdot 710 = 658,2 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.8.6)$$

Таким образом, средний объем работ по подготовке горизонта

$$V_{подг} = V'_с + V_{р.т} + V_{разн} = 7,0 + 135,5 + 658,2 = 800,7 \text{ тыс. м}^3. \qquad (П.6.8.7)$$

Подготовка горизонтов – двумя экскаваторами: оба производят разнос и один – проходит РТ. Их среднемесячная производительность (применительно к скальным породам) $Q_{мес} = \dfrac{1012}{12} = 84,3$ тыс. м^3 при разносе бортов и $Q'_{мес} \approx$ $\approx 0,8 Q_{мес} \approx 0,8 \cdot 84,3 = 67,4$ тыс. м^3 при проходке съездов и разрезных траншей.

Длительность подготовки горизонта ориентировочно

$$T_{подг} \approx \frac{V_{разн}}{K_{совм} 2Q_{мес}} + \frac{V'_с + V_{р.т}}{Q'_{мес}} = \frac{800,7}{0,8 \cdot 2 \cdot 84,3} + \frac{142,5}{67,4} = 8,0 \text{ мес.}, \qquad (П.6.8.8)$$

где $K_{совм}$ – коэффициент совмещения работы двух экскаваторов при разносе бортов РТ, принят 0,8.

Скорость углубки карьера

$$У = \frac{12 h_р}{T_{подг}} = \frac{12 \cdot 7,5}{8} = 11,3 \text{ м/год}. \qquad (П.\ 6.8.9)$$

Данное значение скорости в 1,4 раза выше средней ($У_{ср}$ = 7,7 м/год) скорости, что свидетельствует о приемлемости принятых организаций и параметров подготовки новых горизонтов.

П.6.9. Горно-строительные работы

При номинальной мощности карьера по товарной руде $Д$ = 1000 тыс. т в год принимаем в качестве пусковой мощность $Д_{п} = Д$ = 1000 тыс. т в год. Длительность ее достижения от начала добычи 1,5 года, причем в первый принимаем объем добычи 0,6 $Д_{п}$ = 600 тыс. т, во второй – $Д$ = 1000 тыс. т (за 0,5 года добывается 500 тыс. т). Таким образом, объем попутной добычи в период строительства $Q_{п}$ = 600 + 500 = 1100 тыс. т (261,9 тыс. м^3), а объем добычи в первый год эксплуатации 1000 тыс. т.

В состав объектов горно-строительных работ (ГСР) включаем (рис. П.6.9.1): внешнюю траншею с отм. 100 м до отм. 70 м и объемом $V_{вн}$ = 378 тыс. м^3 (с. 56); попутную добычу объемом $Q_{п}$ = 1100 тыс. т (261,9 тыс. м^3); вскрышные работы по покрывающим породам в зоне от поверхности до кровли скальных пород с созданием на горизонтах 90, 80 и 70 м минимальных по ширине рабочих площадок (с. 48). Объем работ в этой зоне $V_{п.п}$ ≈12 010 тыс. м^3, в том числе по горизонту 90 м – 5180 тыс. м^3, гор. 80 м – 4320 тыс. м^3 и гор. 70 м – 2510 тыс. м^3; вскрышные работы по вмещающим породам при подготовке и выемке горной массы на гор. 55 м объемом $V_{в.п}$ = = 2380 тыс. м^3; съезды скользящие внутренние с поверхности до гор. 70 м (итого 5 съездов), с гор. 70 м до 55 м (один съезд) и с гор. 55 м до гор. 47,5 м (один съезд). Суммарный объем съездов $V_{с.с}$ = 92,1 тыс. м^3. Таким образом, общий объем ГСР

$$V_{г.с.р} = 378 + 261,9 + 12\,010 + 2380 + 92,1 = 15\,122 \text{ тыс. м}^3,$$

в том числе объем рыхлой вскрыши около 12,5 тыс. м^3 и скальной массы 2,6 млн м^3.

Территория района работ не подготовлена. Необходима вырубка леса и кустарника на площади 0,6 га, планировка поверхности в районе стройкарьера (0,2 га), промплощадки (2,5 га) и рудных отвалов (1,0 га).

Осушения месторождения в подготовительном периоде не требуется.

В период ГСР к моменту сдачи карьера в эксплуатацию на поверхности его строятся и готовятся объекты промплощадки (ремонтно-механические блоки, АБК, складское хозяйство и пр.), склад руды, первая очередь отвала некондиционных руд (площадью 1 га), объекты энергоснабжения карьера, внешние автодороги протяженностью 4,5 км, склад взрывчатых материалов.

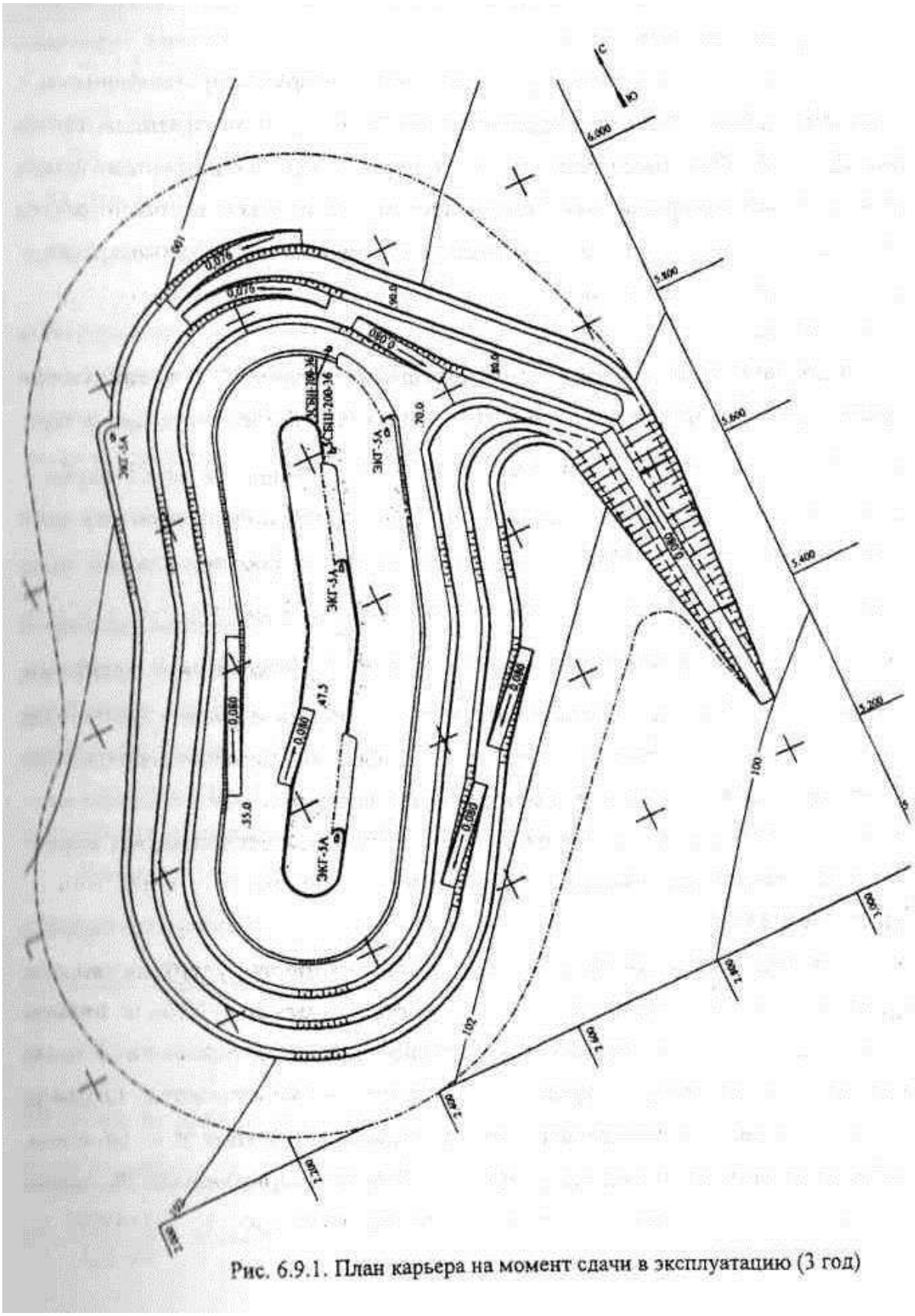


Рис. 6.9.1. План карьера на момент сдачи в эксплуатацию (3 год)

ГСР выполняются штатным (проектным) оборудованием: буровыми станками 5СБШ-200-36, экскаваторами ЭКГ-5А и автотранспортом с БелАЗ-7523. Как отмечалось выше, в первый год эксплуатации объем добычи равен номинальному. Предполагаем, что и объем вскрыши равен расчетному, следовательно, к концу строительства горные работы комплектуются оборудованием расчетного парка (4 экскаватора, 3 буровых станка и т. д.).

В соответствии с этим и для уменьшения объема ГСР планируются фронты работ и другие их параметры. Ширина рабочих площадок в зоне 100–70 м $B_{\min}$ = 25÷30 м, ниже гор. 70 м – $B_{\min}$ = 56÷60 м. Резервы, готовые к выемке (разработке), поддерживаются ниже нормативных (около 1 мес.). При оптимальном удельном фронте работ на один забой Φ_1 = 400÷500 м (с. 49) общий активный фронт должен быть $\Phi = N_э\Phi_1$ = 4(400÷500) = 1600÷2000 м. Фактический активный фронт на первый год эксплуатации 2000 м, а общий с учетом пассивных фронтов на двух средних уступах – 4500 м. Верхние три уступа в момент сдачи карьера в эксплуатацию временно законсервированы и, как отмечалось ранее, горизонты 90, 80 и 70 м вскрыты двумя системами скользящих съездов. В работе в этот момент находятся горизонты 55 и 47,5 м. Как указано в разделе 7, возможная скорость углубки карьера в период эксплуатации $У$ = 11,3 м/год. Учитывая, что в период строительства высота первых трех уступов не 7,5 м, а 10 м, а породы рыхлые, что повышает производительность экскаваторов в 1,6 раза (с. 44), можно предположить, что в период строительства скорость углубки вполне реальна в пределах 18–20 м/год. Приняв $У$ = = 20 м/год, получим, что длительность ГСР в период опускания до кровли скальных пород $t_1 \approx \frac{30}{20} \approx 1{,}5$ года. Срок наращивания мощности карьера t_2 = = 1,5 года (с. 59), отсюда срок ГСР $T_{стр}$ = 3 года. При объеме рыхлой строительной вскрыши 12,5 млн м^3, скальной массы 2,6 млн м^3 (с. 60), годовой производительности экскаватора по рыхлой вскрыше 1,62 млн м^3 и скальной 1,01 млн м^3 (с. 44) и числе экскаваторов 4 ориентировочный срок ГСР по объему работ $T_{стр} = \frac{12{,}5}{1{,}62 \cdot 4} + \frac{2{,}6}{1{,}04 \cdot 4} \approx 2{,}56$ года, и, таким образом, срок в ГСР в 3 года реален.

Всего с учетом монтажа оборудования, общестроительных работ на поверхность и других подготовительных работ освоение месторождения длится 4,5–5 лет.

П.6.10. Генплан карьера

В промзоне карьера размещаются: собственно карьер, отвалы пород (2 отвала) и некондиционной руды, склад товарной продукции, промплощадка с блоками хозскладов, ремонта, АБК и пр., склад ВМ, автодороги, соединяющие все объекты (рис. П. 6.10.1).

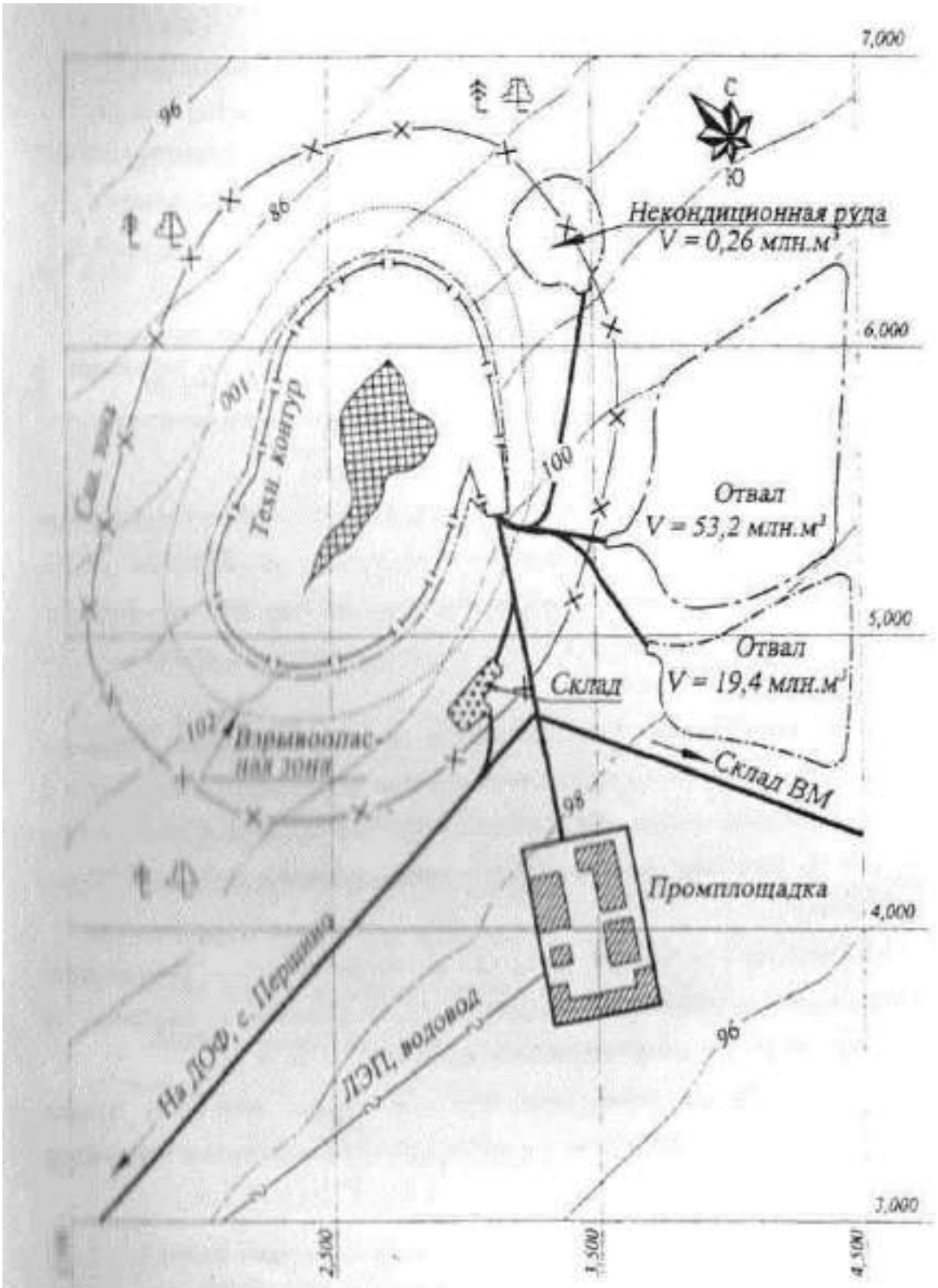


Рис.П.6.10.1. Ситуационная схема карьера
1:5000

Площадь карьера определена графически по плану карьера на конец разработки и составляет 960 тыс. м^2 (96 га).

Полагая, что высота породного двухъярусного отвала скальной вскрыши 2×45 м = 90 м, коэффициенты ярусности $\eta_я = 0{,}8$, а разрыхления пород $K_р$ = 1,2 и он должен принять 53 186,7 тыс. м^3 грунта (с. 41), площадь его $S_{с.о} = \dfrac{53186{,}7 \cdot 1{,}2}{0{,}8 \cdot 90} = 886{,}4$ тыс. м^2 (88,6 га). Площадь по отвалы рыхлых пород (объем 19 398 тыс. м^3, 2 яруса по 30 м, коэффициенты $\eta_я = 0{,}8$ и разрыхления $K_р = 1{,}1$) $S_{р.о} = 444{,}5$ тыс. м^2 (44,4 га). Площадь под отвал некондиционных руд (объем 258,8 тыс. м^3, 1 ярус по 30 м, $\eta_я = 1{,}0$, $K_р = 1{,}2$) $S_{н.о} = \dfrac{258{,}8 \cdot 1{,}1}{1{,}0 \cdot 30} =$ = 9,5 тыс. м^3 (0,95 га).

Площадь под объекты промплощадки ориентировочно 25 тыс. м^2 (2,5 га).

С северной стороны карьерного поля – лесной массив, юго-западнее – жилой массив с. Першино, вокруг – отдельные "пятна" пашни. Энергопитание – от ЛЭП, подведенной к с. Першино.

Охраняемых объектов непосредственно в зоне горных работ нет.

Вокруг карьера выделены зоны:

1) взрывоопасная по разлету кусков. Согласно ЕПБ [6, п. 70], безопасные расстояния для людей при взрывных работах методом скважинных зарядов в карьерах должны быть не менее 200 м;

2) сейсмически безопасная. В зоне карьера располагаются лишь промсооружения высотой не более 2–3 этажей (коэффициент $K_с$ = 1,5), основание для них – необводненные песчано-глинистые грунты глубиной более 10 м (коэффициент $K_г$ = 12), взрывы – на рыхление (коэффициент α = 1,0). Масса ВВ на 1 взрыв $Q_{ВВ} = \dfrac{V_{в.б}}{q_{ВВ}} = \dfrac{31000}{0{,}7} = 44\,285$ кг. Число зарядов в блоке при 4 рядах скважин (n = 4) по сетке $a \times b$ = 6,5×6,5 м, высоте уступа $h_у$ = 15 м и ширине буровой заходки $B_{б.з} \approx 26$ м (с. 49).

$$N = \frac{V_{в.б} n}{h_у B_{б.з} a} \approx \frac{31000 \cdot 4}{15 \cdot 26 \cdot 6{,}5} \approx 49. \qquad (П.6.10.1)$$

Радиус зоны

$$r_с = \frac{K_г K_с \alpha \sqrt[3]{Q}}{\sqrt[4]{N}} = \frac{12 \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}0 \sqrt[3]{44285}}{\sqrt[4]{49}} = 232 \text{ м}. \qquad (П.6.10.2)$$

Принимаем $r_с$ = 235 м;

3) санитарная в радиусе $R_{сан}$ от карьера согласно СНиП $R_{сан}$ = 500 м;

4) зона возможного сдвижения массива в радиусе $0{,}2H_к = 0{,}2 \cdot 240 \approx 50$ м от бортов карьера.

Разведочными скважинами выклинивания залежи не зафиксировано, запасы по категории C_2 ниже дна не установлены, поэтому технологическая граница горных работ не определена.

В зону земельного отвода включены и участки земли, примыкающие к отвалам и складу кондиционных руд в радиусе от их расчетных границ 30–40 м. Общая площадь земельного отвода под все объекты карьера, включая автодороги и зону в радиусе 10–15 км от них, составит около 320 га.

Энергоснабжение, теплоснабжение и водоснабжение объектов путем "врезок" в отводы от соответствующих магистралей с. Першино.

Кондиционная руда вывозится на ДОФ автомашинами БелАЗ-7523 (с. 44). С внешним миром карьер связан системой автодорог через с. Першино.

Компоновка объектов принята в соответствии с принципами уменьшения грузоработ транспорта и предохранения с. Першино от загрязнений со стороны карьера и отвалов (см. рис. П.6.10.1).

Как отмечалось ранее, площадки под рудные отвалы и склады устраиваются по технологии, исключающей проникновение токсичных веществ в почву.

П.6.11. Экономические показатели разработки

Как отмечалось, рудник производит и реализует концентрат, обогащая сырую руду.

Инвестиции и эксплуатационные затраты включают издержки на горные работы, обогатительный комплекс и магистральный автотранспорт для доставки руды со склада до ДОФ, размещенной в 12,5 км от карьера на площадке отработанного гранитного карьера, прочие общерудничные виды работ и объекты.

Затраты определяем по зависимостям Гипроруды. В ценах 1984 г. удельные инвестиции составляют, руб/т:

на горные работы

$$K_{гр} = 2{,}72 - 0{,}92V_{г.м} + 0{,}087\ V_{г.м}^2 = 2{,}72 - 0{,}92 \cdot 0{,}936 + 0{,}087 \cdot 0{,}936^2 = 1{,}94; \quad (П.6.11.1)$$

на ДОФ

$$k_{об} = 11{,}41 \cdot 0{,}98^{Д} = 11{,}41 \cdot 0{,}98^{1} = 11{,}18; \quad (П.6.11.2)$$

на магистральный автотранспорт (по Л. А. Сорокину)

$$k_{тр} = \frac{0{,}9}{Д\ 0{,}2} + 0{,}12(l_0 - 1) = \frac{0{,}9}{1\ 0{,}2} + 0{,}12\ (12{,}5 - 1) = 2{,}28, \quad (П.6.11.3)$$

где $V_{г.м}$ – годовой объем горной массы, десятки млн т. Для карьера объем 9356 тыс. т, в расчете $V_{г.м} = 0{,}936$; $Д$ – объем перерабатываемой сырой руды,

млн т. Согласно заданию, $Д$ = 1000 тыс. т или ρ = 1 млн т; $l_о$ – дальность откатки автотранспортом, км.

Общие инвестиции с учетом капитальных вложений на неучтенные объекты (25 % от суммы основных) в ценах 1984 г., млн руб.:

$И_{84}$=1,25($К_{гр}V_{г.м}$+$К_{об}Д$+$К_{тр}Д$)=1,25(1,94·9,356+11,8·1,0+2,28·1,0) =39,51. П.6.11.4)

Приняв коэффициент удорожания работ $К_{уд}$ ≈18, получим в ценах 2000 г. $И$ = 18 ·$у_б$ 39,51 = 711,24 млн руб.

Удельные инвестиции в ценах 2000 г. на 1 т горной массы, франко-карьер

$$К_{г.м} = К_{кр}\ 1{,}25К_{уд} = 1{,}94 \cdot 1{,}25 \cdot 18 = 43{,}65 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.5)$$

То же на 1 т сырой руды

$$К_{руд} = \frac{К_{г.м}V_{г.м}}{Д} = \frac{43{,}65 \cdot 9356}{1000} = 40\ 755 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.6)$$

То же на 1 т концентрата

$$\frac{И}{V_к} = \frac{711240}{70} = 10\ 160{,}6 \text{ руб.} \qquad (П.6.11.7)$$

Себестоимость составляющих, руб/т:
горной массы, франко-карьер,

$$С_{г.м} = 0{,}96 - 0{,}27 \lg V_{г.м} = 0{,}96 - 0{,}27\lg 0{,}936 = 0{,}97; \qquad (П.6.11.8)$$

обогащения

$$С_{об} = 2{,}1e^{-0{,}014Д} = 2{,}1e^{-0{,}014 \cdot 1{,}0} = 2{,}07; \qquad (П.6.11.9)$$

магистрального автотранспорта (по Л. А. Сорокину)

$$С_{тр} = \frac{0{,}25}{_д 0{,}25} + 0{,}01(l_о - 1)(5 + 0{,}06q_а) = \frac{0{,}25}{_1 0{,}25} +$$

$$+ 0{,}01(12{,}5 - 1)(5 + 0{,}06 \cdot 42) = 0{,}85, \qquad (П.6.11.10)$$

где $q_а$ – грузоподъемность автомашин, т.

Общие годовые эксплуатационные издержки в ценах 1984 г. с учетом прочих (15 % от суммы основных), млн руб.

$$Э_{84} = 1{,}15(С_{г.м}\ V_{г.м} + С_{об}Д + С_{тр}Д) = 1{,}15(0{,}97 \cdot 9{,}356 +$$

$$+ 2{,}07 \cdot 1{,}0 + 1{,}085 \cdot 1{,}0) = 14{,}06. \qquad (П.6.11.11)$$

При коэффициенте удорожания этого вида затрат $К_{уд}$ = 15,6 в ценах 2000 г. эксплуатационные затраты $Э$ = 15,6·14,06 = 219,41 млн руб.

Себестоимость 1 т руды, франко-карьер (без затрат на обогащение и внешний транспорт)

$$C_{\text{р}} = \frac{C_{\text{г.м}} V_{\text{г.м}}}{Д} \cdot 1{,}15 K_{\text{уд}} = \frac{0{,}97 \cdot 9356}{1000} \cdot 1{,}15 \cdot 15{,}6 = 162{,}81 \text{ руб.} \quad \text{(П.6.11.12).}$$

Себестоимость 1 м^3 вскрыши

$$C_{\text{в}} = C_{\text{г.м}}\, \gamma_{\text{в}}\, 1{,}15 K_{\text{уд}} \approx 0{,}97 \cdot 2{,}5 \cdot 1{,}15 \cdot 15{,}6 = 43{,}6 \text{ руб.,} \quad \text{(П.6.11.13)}$$

где $\gamma_{\text{в}}$ – средневзвешенная объемная масса вскрыши, $\gamma_{\text{в}} = \frac{8320}{3333{,}4} = 2{,}5$ т/м^3.

Для аналогичных производств выход концентрата из 1 т руды $\gamma_{\text{к}} \approx 0{,}04 \div 0{,}08$, а отпускная цена 1 т товарной продукции $C_{\text{о}} \approx 3 \div 5$ тыс. руб. Отсюда, приняв $\gamma_{\text{к}} = 0{,}07$ и $C_{\text{о}} = 4000$ руб., получим:

объем продукции (концентрат)

$$V_{\text{кц}} = \gamma_{\text{к}} Д \approx 0{,}07 \cdot 1000 = 70 \text{ тыс. т;} \quad \text{(П.6.11.14)}$$

себестоимость 1 т концентрата

$$C_{\text{к}} = \frac{Э}{V_{\text{к.ц}}} = \frac{218710}{70} = 3124{,}4 \text{ руб.;} \quad \text{(П.6.11.15)}$$

выручка от реализации продукции

$$B = V_{\text{кц}}\, C_{\text{о}} = 70 \cdot 4{,}0 = 280 \text{ млн руб.;} \quad \text{(П.6.11.16)}$$

доход предприятия

$$Д_{\text{х}} = B - Э = 280 - 219{,}41 = 60{,}59 \text{ млн руб.;} \quad \text{(П.6.11.17)}$$

уровень рентабельности

$$R = \frac{Д_{\text{х}}}{Э} = \frac{60{,}59}{219{,}41} = 0{,}276 \text{ руб./руб.} \quad \text{(П.6.11.18)}$$

Показатель рентабельности свидетельствует об эффективности производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработка открытым способом месторождения "С" рентабельна.

2. Принятое оборудование, параметры карьера и горных работ в целом находятся на уровне регламентных (нормативных) и лучших предприятий цветной металлургии России (Сорского, Учалинского, Гайского и других).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Б1.Б.2.02 ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 3

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссиией горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА.....3
1. Общие сведения 3
2. Расчет расхода и напора воды 5
3. Технологический расчет гидромонитора 17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....25
БИБЛИАГРОФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....26
ПРИЛОЖЕНИЯ.....27

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА

Цель работы. Определение необходимого расхода воды на отбойку и выгонку пород из забоя, напора, выбор типа и количества гидромониторов, определение параметров забоя.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Сущность гидромониторной разработки заключается в разрушении и смыве пород струей воды, вылетающей под большим давлением из насадки гидромонитора. Разрушение породы происходит за счет энергии удара струи, фильтрации воды через поры породы, ослабления сцепления между ее частицами, увлажнения ее и размокания, растворения солей, содержащихся в породе.

Технология гидромониторного размыва состоит из подрезки забоя струей воды и смыва обрушенной и насыщенной водой породы в зумпф землесосной станции или в самотечную пульпоотводящую канаву.

При разработке рыхлых, несвязных или предварительно разрыхленных пород процесс разработки состоит из одной операции. В этом случае нет необходимости в подрезке уступа. Рыхлая порода одновременно насыщается и смывается водой.

При разработке связных пород, к которым относятся суглинки и глины разной плотности, а также слежавшиеся песчано-гравийные породы, процесс разработки состоит из двух операций: подрезки и смыва.

Наиболее трудоемкой операцией при гидромониторной разработке является подрезка уступа. В этот период насыщение потока воды породой крайне низко. При тяжелых суглинистых и особенно глинистых грунтах на подрезку затрачивается 60...70 % всего рабочего времени. При менее плотных породах время на подрезку составляет 30...50 %. В зависимости от типа пород, слагающих уступ, и их физико-механических свойств выбирают схему устройства вруба и последующего его расширения.

Различают следующие способы размыва пород при использовании гидромонитора: с нижней площадки уступа; с поверхности уступа (рис. 1.1); с недомывом (рис. 1.2). Отдельные способы подготовки пород по С.М. Шорохову включают размыв с увлажнением, механическим рыхлением (рис. 1.3) и рыхлением взрывными работами.

Удельный расход воды является одним из основных параметров, входящих в расчеты по проектированию средств гидромеханизации.

Исследованиями и опытом отработки месторождений с использованием средств гидромеханизации установлено, что величина удельного расхода воды зависит от:

а) физико-механических свойств грунта;

б) напора воды;

в) системы разработки и характеристики применяемого оборудования;

г) характера пород основания рыхлых отложений (плотика россыпи) и его уклона;

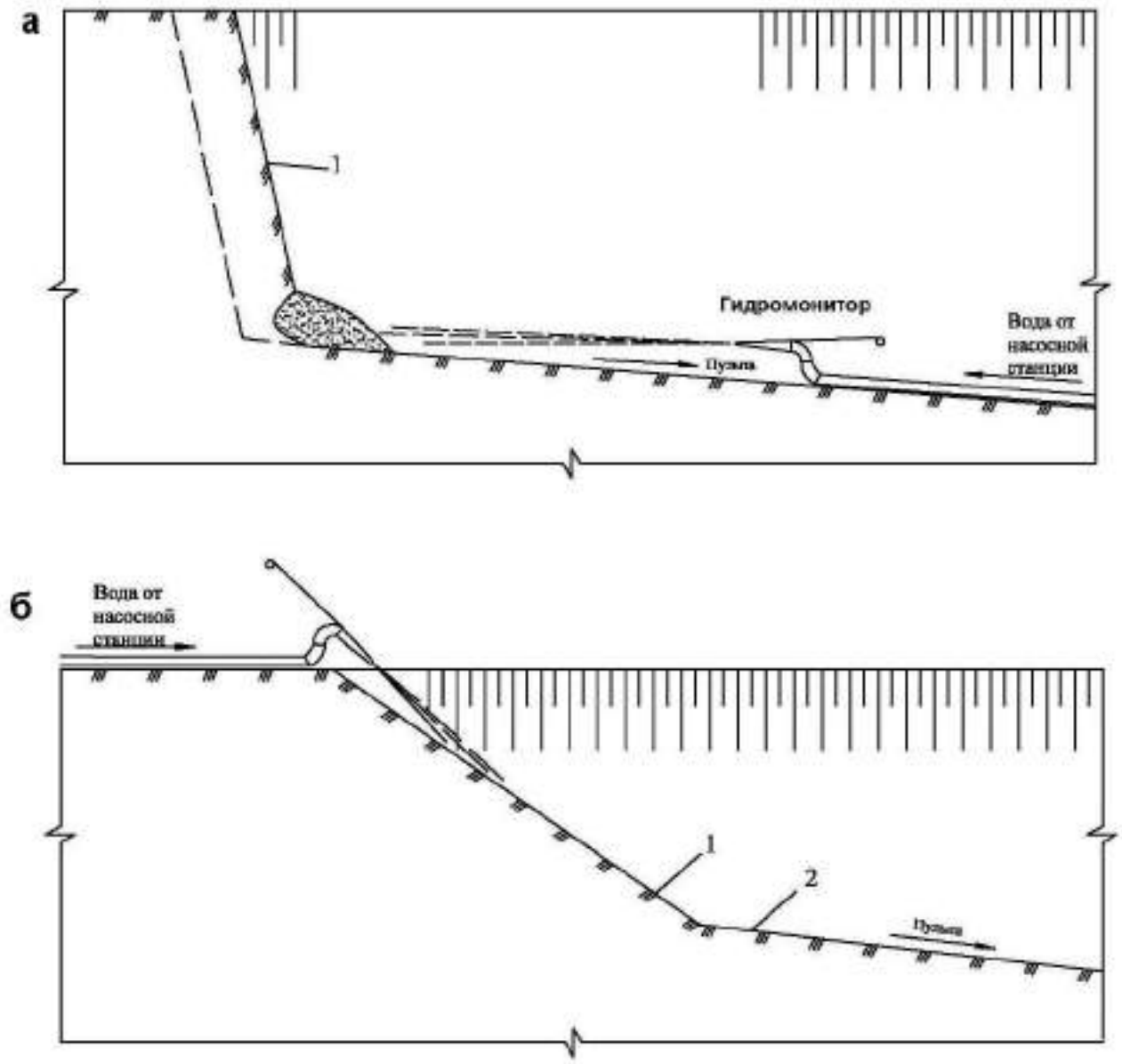


Рис. 1.1. Способы размыва пород при использовании гидромонитора: а - с нижней площадки уступа; б - с поверхности уступа (1 – забой, 2 – подошва забоя, 3 – гидромонитор)

д) диаметра насадки;

е) организации вскрышных и добычных работ, длины отрабатываемой заходки, высоты и ширины забоя.

Физико-механические свойства грунта во всех случаях оказывают значительное влияние на величину удельного расхода воды и на эффективность отработки месторождения. Практические данные показывают, что при переходе от легкоразмываемых грунтов к трудноразмываемым удельный расход увеличивается примерно в 8 раз.

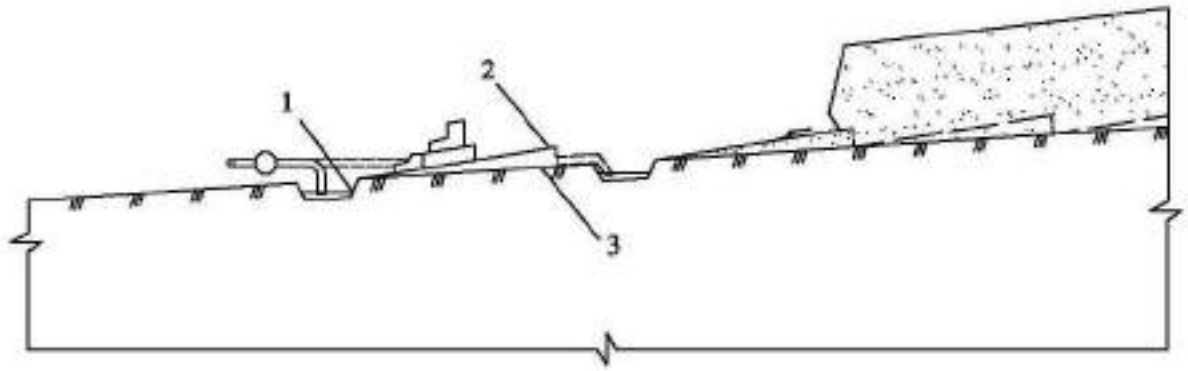


Рис. 1.2. Способ размыва пород с недомывом: 1 - зумпф; 2 – недомыв; 3 - подошва забоя

При гидромониторных работах на удельный расход и необходимое давление воды значительно влияет высота уступа. С увеличением высоты забоя повышается интенсивность размыва, снижается удельный расход воды, уменьшается протяженность карьерных трубопроводов, увеличивается объем породы, смываемая с одной стоянки гидромонитора и землесоса, уменьшается недомыв.

На практике всю толщу мягких вскрышных пород стараются разрабатывать одним уступом.

При разработке нескольких вскрышных уступов и при наличии в породном массиве различных по плотности и связности пород, разбивка на уступы должна производиться таким образом, чтобы подошва уступа, по которой производится подрезка, содержала менее связные породы, чем обрушаемый массив, что позволяет снизить необходимое давление воды.

2. РАСЧЕТ РАСХОДА И НАПОРА ВОДЫ

Данные по вариантам работ приведены в приложении 1.1 и 1.2.

Удельный расход воды на отбойку породы ($м^3/м^3$) вычисляют по формуле

$$a_1 = P_1 / H^{0,5} \cdot V_з , \qquad (1.1)$$

где P_1 - коэффициент работы по отбойке $(м^3 \cdot м)^{0,5}$; H - необходимый напор воды, м (табл. 1.1); $V_з$ - коэффициент трудоемкости размыва забоя.

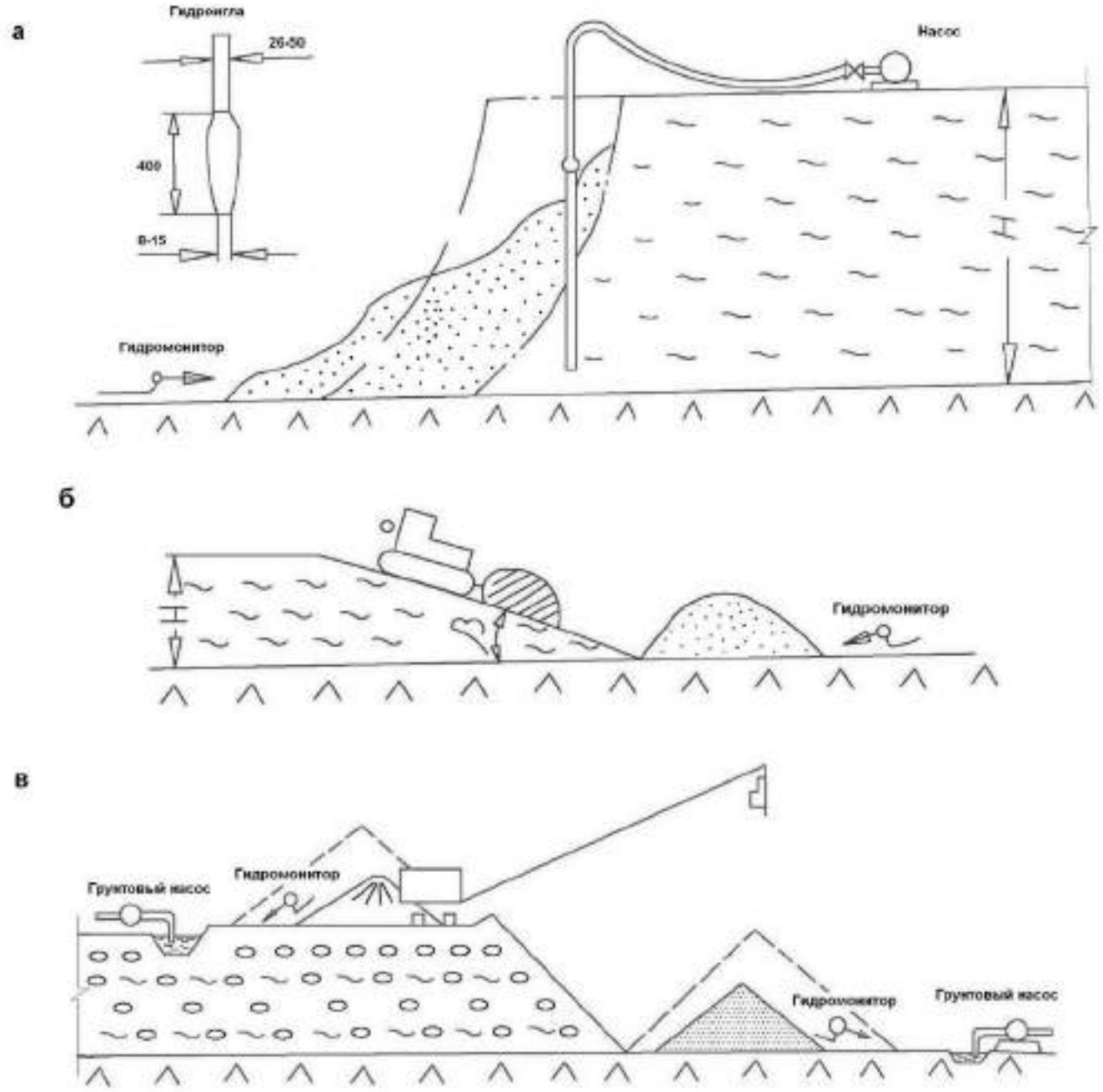


Рис. 1.3. Способы размыва пород: а – с увлажнением (применение гидроигл); б, в – с механическим рыхлением

Высота уступа соответствует мощности пород вскрыши и принимается с учетом следующих рекомендаций: при применении размыва с поверхности - не более 5 м; с нижней площадки уступа – не более 25...30 м. При большей мощности пород вскрыши из условий безопасности ведения работ принимают 2-3 уступа.

Удельный расход воды на выгонку ($м^3/м^3$) рассчитывают по формуле

$$a_2 = P_2 / H^{0,25} \cdot V_в, \quad (1.2)$$

где P_2 - коэффициент работы по выгонке $(м^3 \cdot м)^{0,25}$; $V_в$ - коэффициент трудоемкости перемещения пород.

Коэффициенты работы по отбойке $(м^3 \cdot м)^{0,5}$ и выгонке $(м^3 \cdot м)^{0,25}$:

$$P_1 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot H^{2,6274}; \quad (1.3)$$

$$P_2 = (3,93 \cdot B_г^2 - 5,37 \cdot B_г + 237,98) \cdot 10^{-2}, \quad (1.4)$$

где $B_г$ – выход мелкой гальки (-20+10 мм) в размываемых рыхлых отложениях, %.

Таблица 1.1

Необходимый напор воды для размыва пород гидромонитором

Категория пород	Породы	Необходимый напор при высоте уступа, м:		
		≤ 5	от 5 до 15	≥ 15
1	Предварительно разрыхленные не слежавшиеся	30-40	40-50	50-60
2	Пески мелкозернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь легкая	30-40	40-50	50-60
	Лесс рыхлый	40-50	50-60	60-70
	Торф разложившийся	40-50	50-60	60-70
3	Пески среднезернистые	30-40	40-50	50-60
	Супесь средняя	40-50	50-60	60-70
	Суглинок легкий	50-60	60-80	70-90
	Лесс плотный	60-70	70-80	80-100
4	Пески крупнозернистые	30-50	40-60	50-70
	Супесь тяжелая	50-70	60-80	70-90
	Суглинок средний, тяжелый и глины песчаные	70-100	80-110	90-120
5	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 25 %	40-80	50-90	60-100
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций 40...50 %	80-120	100-140	120-160
6	Песчано-гравийная смесь с содержанием гравия до 40 %	50-90	60-100	70-110
	Глины полужирные с содержанием глинистых фракций до 50...60 %	100-140	120-160	140-180

Расчетные данные коэффициентов по отбойке и выгонке необходимо проверить по таблицам 1.2 и 1.3.

Коэффициент трудоемкости размыва пород в забое определяют по формуле

$$V_з = \xi_р \cdot \xi_в, \quad (1.5)$$

где $\xi_р$ - коэффициент способа размыва (табл. 1.4); $\xi_в$ - коэффициент высоты уступа.

Таблица 1.2

Необходимый расход воды на отбойку

Категория крепости пород	Коэффициент работы по отбойке, $(м^3 \cdot м)^{0,5}$	Удельные расходы воды на отбойку, $(м^3/м^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
1	14...16	1,8...3,0	2...2,6
2	23...27	2,5...4,6	3,0...3,8
3	42...48	4,2...7,5	4,5...6
4	65...75	6...11	7...9
5	110...130	9...17	10...13
6	180...240	14...25	16...20

Таблица 1.3

Необходимый расход воды на выгонку

Крупнозернистый состав пород	Коэффициент работы по выгонке пород, $(м^3 \cdot м)^{0,25}$	Удельные расходы воды на выгонку, $(м^3/м^3)$	
		Предельное значение	Наиболее распространенное
Мелкая и крупная галька отсутствует	1...1,2	0,3...0,6	0,4...0,5
Галька мелкая до1 %	2,0...2,5	0,5...0,1	0,6...0,8
Галька мелкая до 5 %, крупная до 1 %	3,0...4,0	0,8...2,0	0,9...1,2
Галька мелкая до 10 %, крупная до 2 %	5...6,5	1,5...4,0	1,6...2,6
Галька мелкая до 15 %, крупная до 3 %	7...9	2,0...5,5	1,8...4,0
Галька мелкая до 20 %, крупная до 5 %	10...14	3...7,5	3,5...6
Галька мелкая до 25 %, крупная до 7 %	18...23	5...12	6...10
Галька мелкая до 30 %, булыжник до 10 %	28...35	7...17	8...12

Коэффициент высоты уступа зависит от способа размыва. Отличительными признаками способов размыва являются расположение гидромонитора относительно разрабатываемого уступа и приемы, используемые для отделения пород от целика, определяющие порядок размыва пород в забое.

$$\xi_в = a \cdot H_у^{-в}. \qquad (1.6)$$

где а, в – эмпирические коэффициенты; $H_у$ – высота уступа, м.

Таблица 1.4

Коэффициенты способа размыва

Способ размыва пород	Категория пород	Коэффициент способа размыва
Размыв с верхней площадки уступа	-	1,3
Размыв с нижней площадки уступа	-	1
Размыв с предварительным увлажнением пород	от 3 до 4 от 5 до 6	0,1...0,3 1
Размыв с механическим рыхлением	4 5	0,3...0,4 0,2
Размыв с предварительным рыхлением взрывными работами	от 4 до 6	0,4...0,5

При размыве с верхней площадки уступа а=0,813, в=0,288. При размыве с нижней площадки уступа а=1,467, в=0,141.

Для размыва с предварительным увлажнением коэффициент высоты уступа находиться в пределах 0,6...0,8.

При размыве с механическим рыхлением, породы отделяют от целика бульдозером или экскаватором, образуя отвалы рыхлых пород. Напорной струей осуществляют только выгонку пород из отвала, вследствие чего удельный расход воды сокращается. Коэффициент высоты уступа для этих условий равен 0,8...0,9.

Для размыва с предварительным рыхлением взрывными работами (способ подготовки на практике имеет небольшое применение) коэффициент высоты уступа равен 0,9.

Коэффициент трудоемкости перемещения пород

$$V_в = \xi_с \cdot \xi_у \cdot \xi_{вг} \ , \qquad (1.7)$$

где $\xi_с$ - коэффициент системы разработки; $\xi_у$ - коэффициент уклона; $\xi_{вг}$ - коэффициент способа выгонки пород.

Главным отличительным признаком гидравлических систем разработки является порядок перемещения очистных выработок (забоев), который оказывает влияние на использование ударной силы струи и эффективность перемещения пород от забоя к основным транспортирующим устройствам. По этому признаку различают: системы с попутным, встречным, боковым, веерным и комбинированным забоем (рис. 1.4, 1.5). Подчиненным отличительным признаком системы является направление перемещения забоя относительно восстания долины - продольная или поперечная, или относительно главного подъемного устройства - веерная или полувеерная.

Таким образом, различают следующие системы гидравлических разработок: *с попутным забоем* (попутно-продольная; попутно-поперечная; попутная с отступающим забоем); *со встречным забоем* (встречно-продольная; встречно-поперечная); *с боковым забоем* (боковая продольная; боковая поперечная); *веерная* (с полным веером; с полувеером); *комбинированная*.

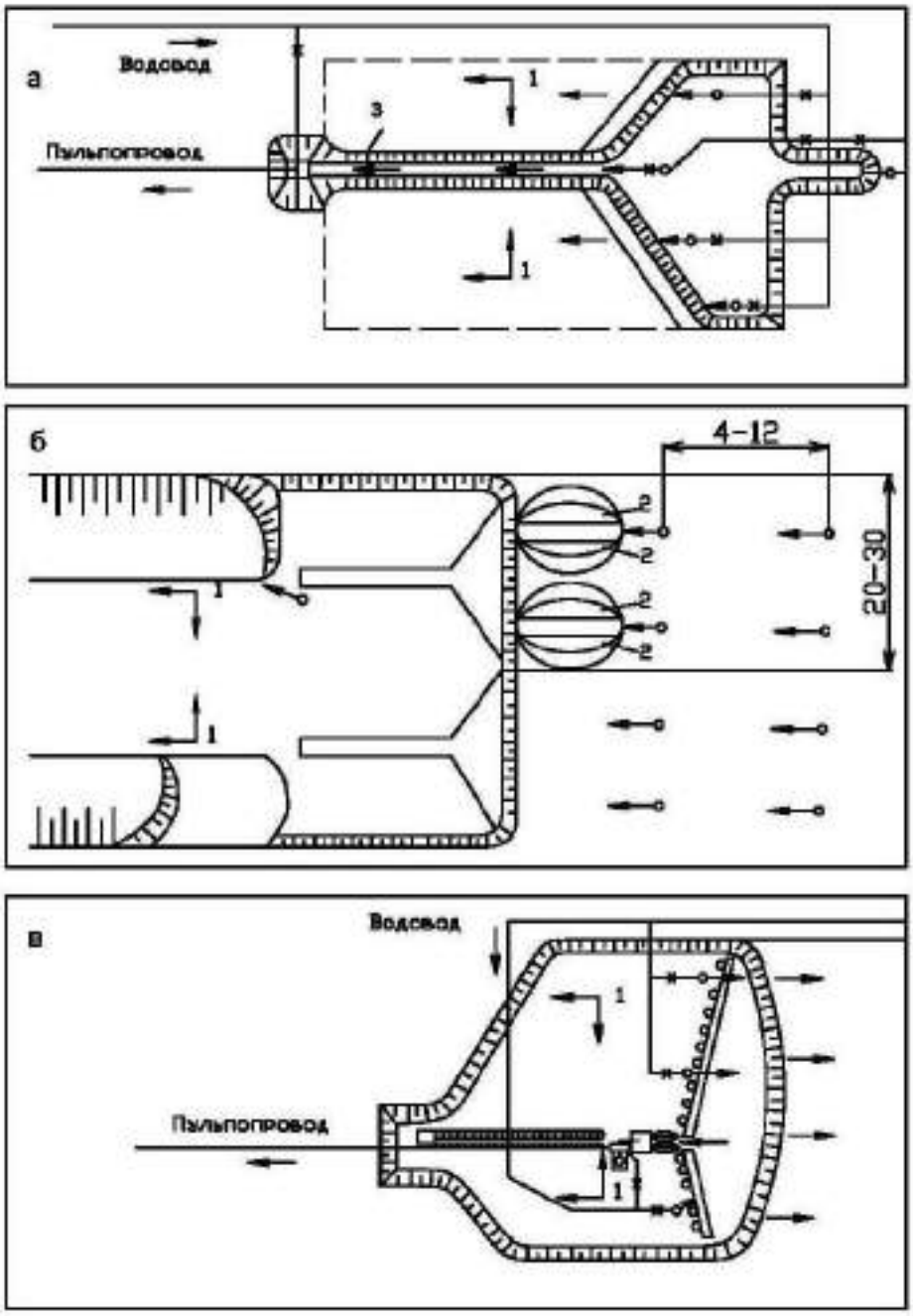


Рис. 1.4. Системы гидравлической разработки месторождений:
а – попутным забоем; б – попутно-отступающим забоем; в – встречным забоем:
1 – уклон основания рыхлых отложений; 2 – границы забоев; 3 – нарезная канава

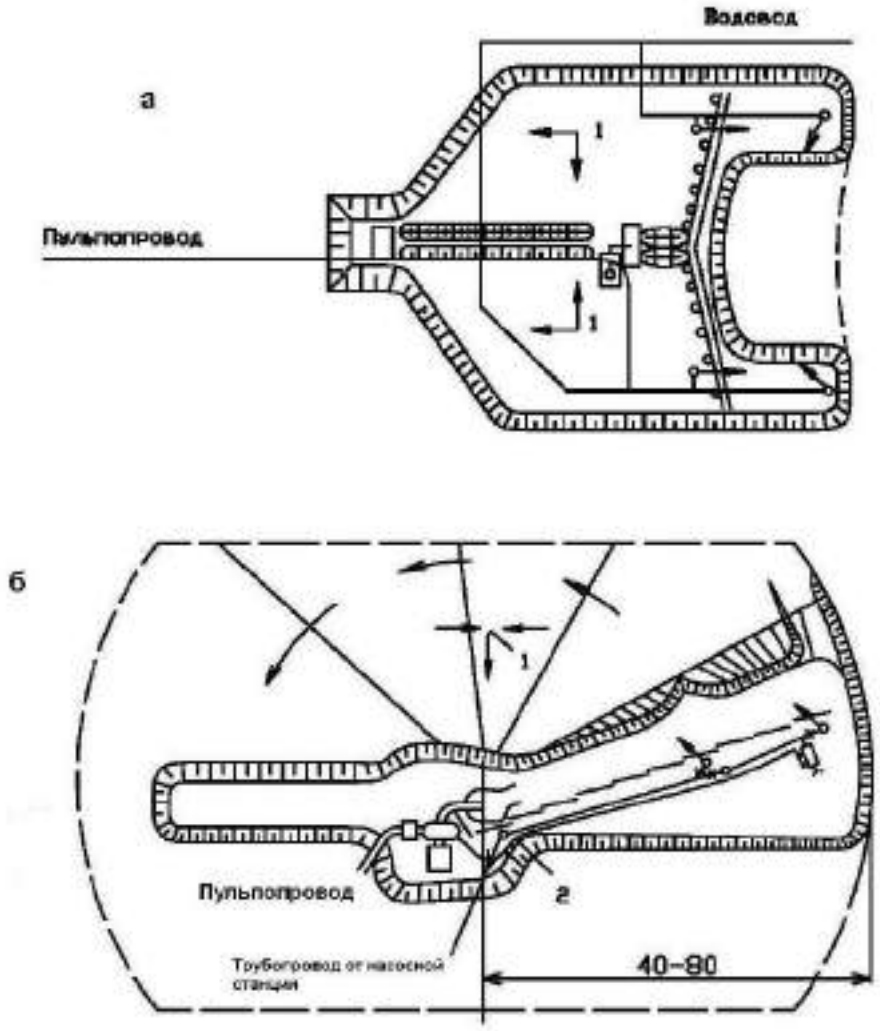


Рис. 1.5. Системы гидравлической разработки месторождений:
а – с боковым забоем; б – веерная: 1 – уклон основания рыхлых отложений; 2 – шарнир

Система разработки должна при наименьших объемах работ по проходке нарезных канав обеспечивать: наименьшие удельные расходы воды на размыв; наименьшие объемы работ по уборке валунов и перестановке оборудования; небольшие потери полезного ископаемого. Производительность оборудования разреза по промываемым грунтам при выбранной системе разработки должна быть максимальной, а себестоимость очистной выемки - минимальной.

Система гидравлической разработки месторождений с попутным забоем сокращают расход напорной воды на выгонку, целесообразно применять при мощности отложений до 10…15 м (в приведенных вариантах расчета гидромониторы устанавливают с одной стороны нарезной канавы). Система гидравлической разработки с попутно-отступающим забоем применяется при мощности отложений до 5 м. Система гидравлической разработки с встречным забоем увеличивает

расход напорной воды на выгонку, целесообразно применять при мощности отложений более 15 м. Система гидравлической разработки месторождений с боковым забоем сочетает преимущества встречного и попутного забоев, а веерная - позволяет отрабатывать отложения со сложным направлением уклонов основания, но сложна в организации работ.

Одинаковые направления напорной струи гидромонитора и потока транспортируемой от забоя пульпы в системах с попутным забоем обеспечивают минимальную трудоемкость перемещения пород (табл. 1.5), а противоположное направление в системах со встречным забоем – максимальную.

Таблица 1.5

Значения коэффициентов системы разработки

Система разработки	Коэффициент системы разработки
С попутным забоем	1
Со встречным забоем	1,9
С боковым забоем и веерным забоем	1,3

Коэффициент уклона определяют по формуле

$$\xi_y = c / (100 \cdot i) + e, \qquad (1.8)$$

где c, e – эмпирические коэффициенты; i - уклон поверхности смыва (i = 0,015...0,060 в зависимости от состава размываемых грунтов, см. табл. 1.6). Направление ведения горных работ (продольное или поперечное) выбирают по значению максимального уклона и в случае если он больше или равен значениям, приведенным в табл. 1.6, его принимают в дальнейших расчетах. При меньших значениях, с целью обеспечения эффективной выгонки гидросмеси из забоя, организуют недомыв.

Таблица 1.6

Минимальные уклоны при самотечном гидротранспортировании пород

Характеристика транспортируемых пород	Уклон лотков	Уклон канав, поверхности смыва
Глинистые, лёсс, супесь, суглинки, торф	0,015...0,025	0,020...0,030
Песок:		
- мелкий	0,025...0,030	0,030...0,040
- средний	0,030...0,035	0,040...0,050
- крупный	0,035...0,050	0,050...0,060
Песчано-гравийная смесь	0,050...0,060	0,050...0,060

Для системы разработки попутным забоем и размещением гидромониторов на нижней площадке уступа, а также для системы разработки со встречным забоем, для систем разработки с боковым и веерным забоем - c=0,404, e=0,566.

Для системы с попутно-отступающим забоем и размывом с поверхности c=0,186, e=0,758.

Коэффициент способа выгонки пород при использовании только напорной струи гидромонитора $\xi_{вг} = 1$, а при применении бульдозера и напорной струи гидромонитора $\xi_{вг} = 0{,}2...0{,}4$.

Коэффициент способа перемещения при использовании напорной струи $\xi_{вг} = 1$, а при применении бульдозера и напорной струи $\xi_{вг} = 0{,}2...0{,}4$.

Расчетные значения удельного расхода воды необходимо проверить с нормативными данными (табл. 1.7 и 1.8). Выбирается большее значение.

Таблица 1.7

Нормированные показатели удельного расхода воды и напора по ЕНВиВ

Категория	Наименование горных пород	Удельный расход воды* ($м^3/м^3$) при уклоне:		Рекомендуемый напор воды, м	
		≤0,03	>0,03	Минимально необходимый	Оптимальный
1	Глина сухая, рыхлая в отвалах. Лесс рыхлый, влажный песок разной зернистости. Супесь рыхлая (легкая). Торф. Торф и растительный слой без корней.	8,0	6,4	20	30-45
2	Гравий. Суглинок легкий лессовидный. Торф и растительный слой с корнями или с небольшой примесью мелкой гальки и щебня. Супесь средняя.	11,8	9,4	25	40-65
3	Галька размером 10-40 мм. Глина мягкая, жирная. Песчано-глинистые породы. Дресва. Суглинок тяжелый. Супесь тяжелая. Щебень различных размеров. Лед.	14,7	11.8	40	50-80
4	Галька размером 41-100 мм. Глина сланцевая, моренная. Галечно-щебенистые породы, связанные глиной. Песчано-глинистые породы с включением гальки, щебня и валунов. Суглинки тяжелые с примесью щебня.	18,7	15,0	50	70-100

Продолжение таблицы 1.7

5	Мерзлые породы I-II категории. Песчаные породы, слабо сцементированные песчано-глинистым цементом. Конгломераты осадочных пород. Мергели.	22,5	18,0	60	90-120
6	Мерзлые породы III-V категории.	Размывать не рекомендуется			

*Примечание. Нормы удельного расхода воды установлены для размыва боковым и встречным забоем с установкой гидромонитора на плотике, для других случаев размыва удельный расход воды умножать на поправку: 0,9 - для попутного забоя с гидромонитором на плотике; 1,15 - для попутного забоя с гидромонитором на верхней площадке уступа; 1,11 - при наличии валунов (+200 мм) более 10 % от общего объема горной массы; 1,18 - при наличии старых горных выработок с забутовкой деревянной крепью; для зачистки плотика - в зависимости от степени его закарстованности в процентах:

Степень закарстованности, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Поправка	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Таблица 1.8

Нормирование удельного расхода воды на размыв пород россыпных месторождений по методу НТП-76

Категория пород по:		Удельный расход воды, м³/м³							
шкале ЕКГП	трудности размыва гидромонитором	Способ транспортирования породы							
		Безнапорный						Напорный	
		Уклон плотика ≥0,03			Уклон плотика <0,03				
		Высота уступа, м:							
		До 5	5-15	Свыше 15	До 5	5-15	Свыше 15	Гидроэлеваторами	Землесосами
I	1	5,0	4,5	3,5	9,0	8,1	6,3	10,8	8,0
	2	6,0	5,4	4,0	10,8	9,7	7,2	13,0	10,0
II	3	7,0	6,3	5,0	12,6	11,4	9,0	15,1	11,0
III	4	9,0	8,1	7,0	16,6	14,4	12,6	19,2	13,0
IV	5	12,0	10,8	9,0	21,6	19,5	16,2	26,0	14,0
V	6	14,0	12,6	10,0	25,2	22,7	18,0	30,2	16,0

Примечания.

1. Увеличение расхода воды на зачистку плотика принимать умножением на повышающий коэффициент аналогично табл. 1.5.

2. При наличии валунов размером +200 мм удельный расход увеличивать делением на следующие коэффициенты: 0,9 при выходе до 2 %; 0,8-0,85 - при выходе валунов от 2 до 5 %; 0,75-0,8 - при выходе более 5 %

3. Мерзлые породы I и II категории нормировать по III категории, III по IV и т.д.; для мерзлых пород V категории принимать удельный расход выше указанного в таблице на 20 %.

Гидравлический расчет гидромониторов предусматривает расчет расхода воды у насадки гидромонитора, скорости вылета струи из насадки и ее диаметра, а также рабочего напора у насадки гидромонитора.

Секундный расход воды у насадки гидромонитора ($м^3/с$):

а) при отбойке пород

$$Q^{о}_{с} = W_{г} \cdot a_1 / (3600 \cdot T) ; \quad (1.9)$$

б) при выгонке пород

$$Q^{в}_{с} = W_{г} \cdot a_2 / (3600 \cdot T) , \quad (1.10)$$

где $W_г$ - суточная производительность предприятия по породе, $м^3$; Т - чистое время работы гидромонитора в течение суток, ч.

Величина $W_г$ определяется по данным приложения 1.1 с учетом фактического времени использования гидроустановок во времени (табл. 1.9). Для гидроустановок, эксплуатируемых при разработке россыпных месторождений, коэффициент использования во времени рекомендуется принимать в пределах 0,7-0,85.

Чистое время работы гидромонитора в течение суток

$$T = n \cdot t_{см} \cdot k_{и},$$

где n – число рабочих смен в сутках; $t_{см}$ - продолжительность смены, ч; $k_и$ - коэффициент использования гидромонитора во времени.

Таблица 1.9

Коэффициент использования гидроустановки во времени

Вид работы	Коэффициент
Сброс пульпы в водоем или отвал без устройства обвалования	0,95
Укладка грунта в отвал с устройством обвалования или в подводную часть сооружения (штабелей) или намыв свободным откосом	0,9
Намыв широкопрофильных частей сооружений (штабелей) или площадей	0,85
Намыв узкопрофильных частей сооружений (штабелей)	0,75

В работе учитывать сброс пульпы в водоем или отвал без устройства обвалования.

Скорость вылета струи из насадки (м/с) рассчитываем по формуле

$$V_с = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} , \quad (1.11)$$

где φ - коэффициент скорости, g - ускорение свободного падения, м/с^2.

Коэффициент скорости находится в пределах 0,92...0,96 и зависит от плавности перехода и качества обработки внутренней поверхности насадки. В расчетах принимаем в первом приближении значение коэффициента скорости 0,94.

Расчетный диаметр насадки (м):

а) на отбойку породы

$$D = 0{,}55 \cdot \sqrt{Q_c^o / \sqrt{H}}\,; \qquad (1.12)$$

б) на выгонку породы

$$D = 0{,}55 \cdot \sqrt{Q_c^в / \sqrt{H}}\,. \qquad (1.13)$$

При выборе марки гидромонитора (прил. 1.3) необходимо руководствоваться следующими положениями:

- поскольку в решаемой задаче не требуется использование экономических критериев, выбор гидромонитора производится по величине его производительности по воде. При этом не нужно стремиться к обеспечению заданного расхода воды одним гидромонитором. Надо иметь в виду, что в прил. 1.3 указано ориентировочное значение максимально возможной производительности, которая очень существенно меняется в зависимости от диаметра насадки и рабочего напора воды;
- если расчетный диаметр насадки не соответствует стандартным диаметрам выбранного гидромонитора, выбирают два и более других марок по параметрам суммарного водопотребления и площади поперечного сечения насадок.

Используя стандартные диаметры насадок (прил. 1.4) выбранного гидромонитора, определяем действительный рабочий напор у насадки гидромонитора (м):

а) на отбойку пород

$$H^o_д = 0{,}55^4 \cdot {Q^o_c}^2 / D^4\,; \qquad (1.14)$$

б) на выгонку пород

$$H^в_д = 0{,}55^4 \cdot {Q^в_c}^2 / D^4\,. \qquad (1.15)$$

Расчетные значения напора воды $H^o_д$ необходимо проверить с нормативными данными (табл. 1.7 и 1.8). Если нормативное значение больше меняют насадку или тип гидромонитора.

Действительная скорость вылета струи из насадки (м/с) определяется по формуле

$$V_д = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_д^o} \ . \qquad (1.16)$$

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГИДРОМОНИТОРА

Теоретическую дальность полета струи при максимальном подъеме ствола, если не учитывать аэрацию струи, сопротивление воздуха и высоту расположения ствола гидромонитора относительно условного горизонта можно определить по формуле

$$L_т = V_д^2 \cdot \sin 2\alpha / g, \qquad (1.17)$$

где α - максимальный угол подъема ствола гидромонитора, град.

Вследствие сопротивления воздуха действительная дальность полета струи меньше теоретической, а наибольшая длина полета достигается при наклоне ствола 30^0. В зависимости от направления и силы ветра, а также диаметра насадки эта длина не превышает 85...95 % от теоретической.

Фактическая дальность полета струи

$$L_д = 0{,}9 \cdot L_т \, . \qquad (1.18)$$

После вылета из насадки в результате сопротивления окружающей среды происходит постепенный распад струи, уменьшение средней скорости полета и увеличение поперечного сечения. В результате этого с увеличением расстояния от насадки до забоя величина контактного динамического давления струи и производительность гидромонитора при размыве пород уменьшаются.

Для наилучшего использования более плотной части струи и интенсивного размыва гидромонитор должен быть расположен как можно ближе к забою.

Минимальное расстояние от гидромонитора до забоя (коэффициент приближения гидромонитора к забою) ограничивается правилами безопасности, согласно которым оно должно быть не менее 0,8 высоты уступа, а для глинистых пород, способных к обрушению большими глыбами, не менее 1,2 высоты уступа. При дистанционном управлении гидромониторами допускается уменьшение этого расстояния до 0,5…0,7 высоты уступа, а при самоходных гидромониторах, которые можно быстро отодвинуть в период обрушения - до 0,3 высоты уступа (в данных случаях необходимо разрешение органов Ростехнадзора).

Передвижения гидромонитора для поддержания минимального расстояния должны быть по возможности более частыми. Наблюдениями установлено, что

при разработке суглинков средней плотности происходит снижение производительности в среднем на 5 % при увеличении расстояния на каждый 1 м между забоем и гидромонитором, а при очень тяжелых суглинках и глинах достигает еще больших значений.

Рекомендуемая величина шага передвижки гидромонитора приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Рекомендуемая величина шага передвижки гидромонитора

Категория крепости пород	Шаг передвижки гидромонитора, м
1	12
2	10
3	8
4	6
5	4
6	2

Наименьшее расстояние установки гидромонитора от забоя (м)

$$L_{min} = H_y \cdot a_к, \qquad (1.22)$$

где H_y - высота уступа, м; $a_к$ - коэффициент приближения гидромонитора к забою.

Наибольшее расстояние установки гидромонитора от забоя (м)

$$L_{max} = H_y + S, \qquad (1.23)$$

где S - шаг передвижки гидромонитора, определяемой длиной принятого забойного трубопровода, м.

Практикой установлено, что размыв в целике целесообразно осуществлять при расстоянии от забоя до насадки гидромонитора, не превышающем 0,25...0,3 величины напора, т.к. на хвостовом участке струи осевое давление мало.

Поэтому предельное рациональное удаление гидромонитора от забоя при размыве пород в целике должно устанавливаться в пределах (м)

$$l_{max} = \varepsilon \cdot H^{o}_{д}, \qquad (1.24)$$

где ε = 0,25...0,3 коэффициент использования струи при подрезке.

Расчетный шаг передвижки гидромонитора (м)

$$S = \sqrt{(8 \cdot l^2_{max} + H^2_y) - 3 \cdot H_y} \ /4 . \qquad (1.25)$$

Окончательно шаг передвижки выбирают исходя из стандартных длин трубных вставок согласно табл. 1.10 и не более величины l_{max}.

Ширина заходки гидромонитора (м)

$$B=2 \cdot \sqrt{l_{max}^2 - (l_{max} - S)^2} \ . \qquad (1.26)$$

Расстояние установки землесосной станции от забоя и шаг ее передвижки (м) в первом приближении можно принять из табл. 1.11 или по формуле (при применении недомыва)

$$a = h / i \ , \qquad (1.27)$$

где h - высота недомыва, м (h = 1,5...2 м); i - уклон недомыва в сторону зумпфа. При отсутствии недомыва используют данные табл. 1.11.

Объем породы ($м^3$), разрабатываемой с одной стоянки гидромонитора

$$W_{гм} = H_у \cdot B \cdot S \ . \qquad (1.28)$$

Объем породы ($м^3$), разрабатываемой с одной стоянки землесосной станции

$$W_з = H_у \cdot B \cdot a \cdot n_г \ , \qquad (1.29)$$

где $n_г$ - число работающих на землесосную станцию гидромониторов.

Продолжительность цикла разработки (ч) с одной стоянки гидромонитора

$$t_ц = (W_{гм} / Q_ч \ ) + t_д + t_м + t_{пер} \ , \qquad (1.30)$$

где $Q_ч$ - часовая производительность гидромонитора по твердому, $м^3/ч$ (определяется в зависимости от удельного расхода воды и секундного расхода по приведенным ранее формулам); $t_д$ и $t_м$ - время, соответственно, на демонтаж и монтаж гидромонитора, принимается равным по 1 ч; $t_{пер}$ - время на передвижение гидромонитора на новую стоянку (принимается в зависимости от массы гидромонитора – $Р_{гм}$, т), ч.

$$t_{пер} = 8{,}8 \cdot Р_{гм} \ , ч. \qquad (1.31)$$

Среднесменная производительность гидромонитора по твердому ($м^3$/смена)

$$Q_{см} = Q_ч \cdot t_{см} \cdot k_и \ . \qquad (1.32)$$

Таблица 1.11

Параметры размещения оборудования

Показатели	Напор воды на выходе из насадки гидромонитора, м							
	30	40	50	60	70	80	100	120
Предельная дальность полета струи, м	52	69	86	104	121	138	170	220
Максимальная ширина забоя на один гидромонитор, м	15	20	25	30	35	40	50	60
Расстояние от забоя до землесоса (гидроэлеватора), м	30	40	50	60	70	80	100	120
Площадь, отрабатываемая одним гидромонитором за одну передвижку, $м^2$	450	800	1250	1800	2450	3200	4200	5300

Для определения необходимого внутреннего диаметра напорного трубопровода ($D_{тр}$) достаточно иметь значения расхода воды и скорости её движения. Расход воды устанавливается по выбранному ранее типу гидромонитора. Скорость воды в трубопроводе можно принимать в пределах 0,5-3,0 м/с, но по экономическим факторам рекомендуется ограничиваться более узким диапазоном 1,5-2,0 м/с. В итоге по расчетному значению внутреннего диаметра принимают стандартный диаметр трубы (прил. 1.5).

Выбор необходимого типа насоса (прил. 1.6) и их количества для обеспечения гидромониторов напорной водой осуществляется по напору ($H_в$) и значению необходимого расхода воды.

Ориентировочно

$$H_в = H^o_д + H_п + H_{пут} + H_{мест}\ ,\ м, \qquad (1.33)$$

где $H_п$ – необходимый напор, определяемый по разнице отметок установки гидромонитора и насосной станции, м (рис. 1.6); $H_{пут}$ – путевые потери при напорной подаче воды к гидромонитору, м; $H_{мест}$ – местные потери, м.

$$H_{пут} = \lambda \cdot L_{тр} \cdot V^2 / (2 \cdot g \cdot D_{тр}), \qquad (1.34)$$

$$H_{мест} = (0{,}05 \ldots 0{,}1) \cdot H_{пут}, \qquad (1.35)$$

$$Q = V \cdot S_{тр}\ , \qquad (1.36)$$

где λ – коэффициент трения (рис. 1.7); $L_{тр}$ – длина трубопровода (ориентировочно определять на 20-30 % больше длины контура карьера), м; V – скорость воды в трубопроводе, м/с; Q – необходимый расход воды, $м^3/с$; $S_{тр}$ – площадь внутреннего сечения трубы, $м^2$.

При графическом отображении паспорт забоя включает следующее: гидромонитор, магистральные и забойные водоводы, пульпопровод, задвижки, необходимые канавы и пульпоприемный зумпф, грунтовый насос, ЛЭП. В обязательном порядке отмечается тип оборудования и параметры: уклоны поверхности, ее отметки и размеры отрабатываемого блока с направлением перемещения фронта добычных работ; высота уступа; ширина заходки и рабочей площадки; сектор работы гидромонитора и расстояние его установки до уступа; шаг передвижки гидромонитора; угол откоса уступа и параметры призмы возможного обрушения; шаг передвижки землесосной станции и, при наличии, параметры недомыва; отметки горизонтов, изолинии поверхности не нарушенного горными работами рельефа; диаметр трубопровода напорной воды и тип насоса; отвал валунов и его параметры; место вскрытия участка.

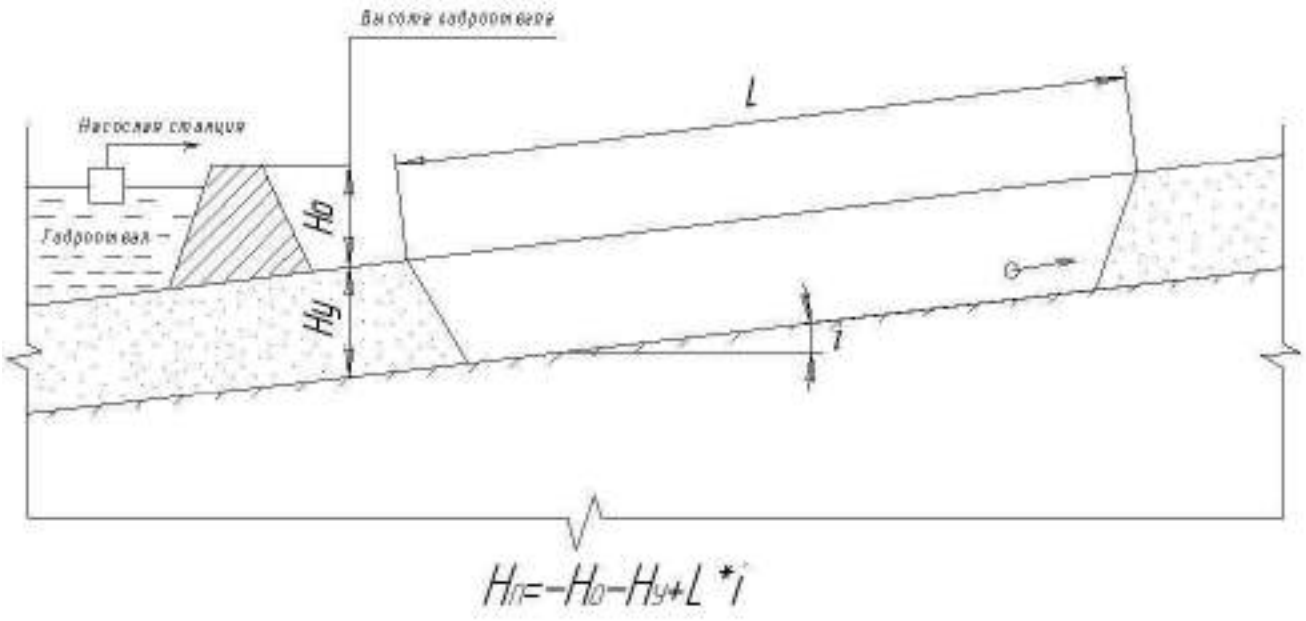


Рис. 1.6. Пример определения величины $H_п$

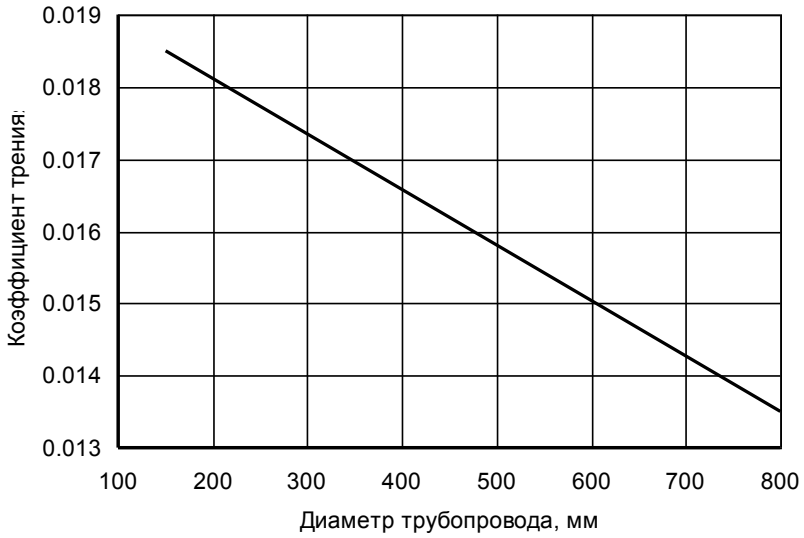


Рис. 1.7. График для определение коэффициента трения

Порядок построения паспорта забоя гидромонитора. В масштабе наносят контуры карьерного поля и заданные уклоны. Отмечают выработанное пространство (из учета вскрытия месторождения в месте самой низкой отметки) и забой в зависимости от выбранной системы разработки. Наносят место установки гидромонитора, приемного зумпфа, направляющих щитов. Обозначают коммуникации, отвал валунов и проставляют все определенные параметры.

Пример графического отображения результатов расчёта (паспорт забоя гидромонитора) приведен на рис. 1.8.

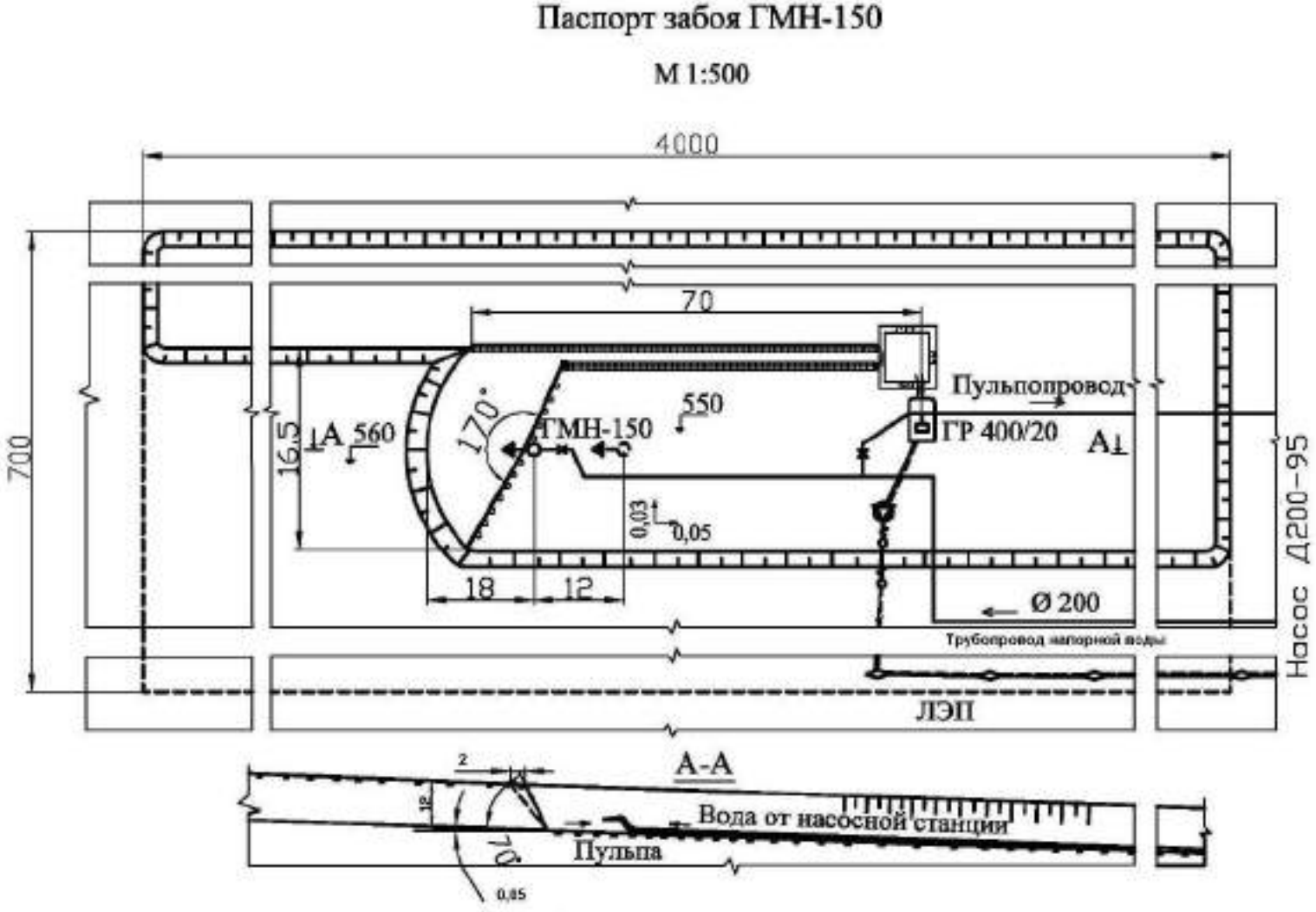


Рис. 1.8. Пример оформления паспорта забоя

Контрольные вопросы и задания.

1. Особенности гидромеханизированных работ при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.
2. Преимущества средств гидромеханизации на открытых горных работах.
3. Недостатки средств гидромеханизации на открытых горных работах.
4. Какие факторы влияют на определение удельного расхода воды на отбойку пород гидромониторами?
5. Какие факторы влияют на определение необходимого напора воды для размыва пород гидромонитором?
6. Что такое отбойка и выгонка пород?
7. Что такое гранулометрический состав рыхлых отложений?
8. Как определяется пористость и коэффициент пористости пород?
9. Какая крупность глинистых фракций?
10. Способы размыва горных пород гидромонитором.
11. Способы разупрочнения пород при использовании средств гидромеханизации.
12. Что такое уклон? Единицы измерения уклона.
13. Системы гидравлических разработок.
14. Выбор системы гидравлических разработок.
15. Элементы гидромонитора.
16. Параметры гидромонитора.
17. Какие факторы влияют на дальность полета струи гидромонитора?
18. Какое должно быть минимальное расстояние от гидромонитора до забоя?
19. Что такое шаг передвижки гидромонитора?
20. Дать определение производительности гидромониторной установки.
21. Способы увеличения производительности гидромонитора.
22. Что такое недомыв? В каких случаях он применяется?
23. Как определяется часовая производительность гидромонитора?
24. Что должен отображать паспорт забоя гидромониторной установки?
25. Основные правила безопасности при работе гидромонитора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной контрольная работа освещены методы расчета основных параметров технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых с использованием средств гидромеханизации - от подготовки грунтов к выемке до гидроотвалообразования. Структура материала включает не только порядок расчета параметров соответствующих технологических процессов, но и теорию, а также информационную базу данных основного оборудования.

При технологической оценке месторождений использования средств гидромеханизации следует обратить особое внимание на высокую степень экологической безопасности этого способа. Надежная организация систем оборотного водоснабжения обеспечивает его высокий рейтинг относительно других способов, даже при сезонном ведении горных работ. Следует отметить, что применение средств гидромеханизации можно обеспечить не только в целом при освоении месторождения, но и отдельно на любом технологическом процессе при ведении открытых горных работ.

Развитие дисциплины планируется в направлении геотехнологических методов разработки месторождений, использования специальных методов разупрочнения пород и интенсификации их размыва, применения мобильных устройств пульпоприготовления и организации систем оборотного водоснабжения.

БИБЛИАГРОФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аренс В.Ж. Скважинная добыча полезных ископаемых. - М.: Недра, 1986. - 279 с.
2. Бессмертный К.С., Британев В.А. Гидромониторщик на карьере. - М.: Недра, 1982. - 207 с.
3. Григевич В.В., Дробаденко В.П., Хныкин В.Ф. Гидромеханизация производственных процессов разработки россыпных месторождений Северо-Востока. - Магадан: Магаданское книжное издательство, 1981. - 143 с.
4. Дробаденко В.П., Потапова Т.С., Кисляков В.Е. Гидротехнические сооружения при разработке россыпных месторождений: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1992. - 285 с.
5. Кисляков В.Е. Разработка месторождений полезных ископаемых средствами гидромеханизации: Учеб. Пособие/ГАЦМиЗ. – Красноярск, 2000. - 156 с.
6. Кисляков В.Е. Расчет отстойников оборотного водоснабжения. - Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. ун-та, 1988. - 176 с.
7. Кустов А.С. Методическое руководство по выполнению практических занятий по дисциплине «Гидромеханизация открытых горных рразработок». - Красноярск: КИЦМ, 1985. - 38 с.
8. Лезгинцев Г.М. Гидромеханизация разработки россыпей и методы расчета. - М.: Наука, 1968. - 220 с.
9. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. - М.: Стройиздат, 1990. - 320 с.
10. Нурок Г.А. Гидромеханизация горных работ. - М.: ГНТИ, 1959. - 391 с.
11. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. - М.: Недра, 1973. - 768 с.
12. Ялтанец И.М., Щадов М.И. Практикум по открытым горным работам. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1996. - 407 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1.1

Исходные данные по вариантам работ

Вариант	Производительность объекта по твердому, тыс.м^3/год (сезон)	Продолжительность сезона для ведения гидромеханизированных работ, сут.	Число рабочих смен в сутках и их продолжительность, ч	Мощность пород вскрыши, м	Выход (%) по фракциям крупности, мм (плотность фракций, т/м^3)					Наименование пород	Расстояние от границы карьера до гидроотвала, м	Высота гидроотвала, м
					-40+20	-20+10	-10+2	-2+0,1	-0,1			
1	800	250	2 (10)	3	5 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	1000	10
2	1000	260	1 (10)	5	3 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	1200	12
3	1100	270	2 (8)	7	3 (1,7)	10 (1,5)	45 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	1400	14
4	1200	280	3 (8)	10	3 (1,7)	10 (1,5)	30 (1,4)	45 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	1600	16
5	1300	290	2 (10)	15	3 (1,7)	5 (1,5)	40 (1,4)	40 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	1800	18
6	1400	300	1 (10)	18	3 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	50 (1,3)	10 (1,3)	Супесь легкая	2000	20
7	1500	310	2 (8)	20	0	10 (1,5)	20 (1,4)	50 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	2200	22
8	1600	320	3 (8)	40	0	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	2400	24
9	1700	330	2 (10)	35	0	20 (1,5)	40 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 40 %	2600	26
10	1800	340	1 (10)	30	0	5 (1,5)	10 (1,4)	45 (1,3)	40 (1,3)	Глина (-10 мм) - 40 %	2800	28
11	1900	350	2 (8)	25	0	5 (1,5)	10 (1,4)	50 (1,3)	35 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	3000	30
12	2000	240	3 (8)	20	0	5 (1,5)	20 (1,4)	40 (1,3)	35 (1,3)	Суглинок средний	3200	32
13	2100	250	2 (10)	15	0	0	30 (1,4)	40 (1,3)	30 (1,3)	Суглинок тяжелый	3400	34
14	2200	260	1 (10)	12	0	0	20 (1,4)	30 (1,3)	50 (1,3)	Глины песчаные	3600	36
15	2300	270	2 (8)	10	0	0	10 (1,4)	40 (1,3)	50 (1,3)	Глина 40 %	3800	38
16	2400	280	3 (8)	5	5 (1,7)	20 (1,5)	20 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Глина 50 %	4000	40
17	2500	290	2 (10)	4	13 (1,7)	20 (1,5)	10 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Супесь средняя	400	42
18	2600	300	1 (10)	3	13 (1,7)	30 (1,5)	30 (1,4)	10 (1,3)	10 (1,3)	Супесь средняя	600	44
19	2700	310	2 (8)	10	13 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	10 (1,3)	0	Суглинок легкий	800	46

20	2800	320	3 (8)	15	20 (1,7)	30 (1,5)	35 (1,4)	5 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1000	48
21	2900	330	2 (10)	20	20 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	0	0	Гравий (-10 мм) - 35 %	1200	50
22	3000	340	1 (10)	60	20 (1,7)	40 (1,5)	20 (1,4)	10 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1400	52
23	3100	350	2 (8)	35	5 (1,7)	15 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	1600	54
24	3200	250	3 (8)	30	4 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	15(1,3)	Пески среднезернистые	1800	56
25	3300	260	2 (10)	25	4 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	35 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2000	58
26	3400	270	1 (10)	20	4 (1,7)	20 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2200	60
27	3500	280	2 (8)	15	4 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	2400	62
28	3600	290	3 (8)	12	4 (1,7)	10 (1,5)	35 (1,4)	35 (1,3)	15 (1,3)	Пески среднезернистые	2600	64
29	3700	300	2 (10)	10	4 (1,7)	10 (1,5)	35 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 35 %	2800	66
30	800	250	2 (10)	3	5 (1,7)	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	100	10
31	1000	260	1 (10)	5	3 (1,7)	25 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески среднезернистые	120	12
32	1100	270	2 (8)	7	3 (1,7)	10 (1,5)	45 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Пески крупнозернистые	140	14
33	1200	280	3 (8)	10	3 (1,7)	10 (1,5)	30 (1,4)	45 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	160	16
34	1300	290	2 (10)	15	3 (1,7)	5 (1,5)	40 (1,4)	40 (1,3)	10 (1,3)	Пески мелкозернистые	180	18
35	1400	300	1 (10)	18	3 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	50 (1,3)	10 (1,3)	Супесь легкая	200	20
36	1500	310	2 (8)	20	0	10 (1,5)	20 (1,4)	50 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	220	22
37	1600	320	3 (8)	40	0	20 (1,5)	30 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	240	24
38	1700	330	2 (10)	35	0	20 (1,5)	40 (1,4)	30 (1,3)	10 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 40 %	260	26
39	1800	340	1 (10)	30	0	5 (1,5)	10 (1,4)	45 (1,3)	40 (1,3)	Глина (-10 мм) - 40 %	280	28
40	1900	350	2 (8)	25	0	5 (1,5)	10 (1,4)	50 (1,3)	35 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 20 %	300	30
41	2000	240	3 (8)	20	0	5 (1,5)	20 (1,4)	40 (1,3)	35 (1,3)	Суглинок средний	320	32
42	2100	250	2 (10)	15	0	0	30 (1,4)	40 (1,3)	30 (1,3)	Суглинок тяжелый	340	34
43	2200	260	1 (10)	12	0	0	20 (1,4)	30 (1,3)	50 (1,3)	Глины песчаные	360	36
44	2300	270	2 (8)	10	0	0	10 (1,4)	40 (1,3)	50 (1,3)	Глина 40 %	380	38
45	2400	280	3 (8)	5	5 (1,7)	20 (1,5)	20 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Глина 50 %	400	40
46	2500	290	2 (10)	4	13 (1,7)	20 (1,5)	10 (1,4)	30 (1,3)	20 (1,3)	Супесь средняя	400	42
47	2600	300	1 (10)	3	13 (1,7)	30 (1,5)	30 (1,4)	10 (1,3)	10 (1,3)	Супесь средняя	600	44
48	2700	310	2 (8)	10	13 (1,7)	30 (1,5)	40 (1,4)	10 (1,3)	0	Суглинок легкий	800	46
49	2800	320	3 (8)	15	20 (1,7)	30 (1,5)	35 (1,4)	5 (1,3)	0	Гравий (-10 мм) - 40 %	1000	48
50	3800	310	2 (10)	5	4 (1,7)	5 (1,5)	30 (1,4)	40 (1,3)	20 (1,3)	Гравий (-10 мм) - 30 %	3000	68

Приложение 1.2

Вариант	Количество транспортных полос по гребню плотины	Размеры контура карьера, м ×м	Коэффициент разрыхления пород в массиве	Уклоны по месторождению:			Минимальная отметка поверхности отрабатываемого месторождения, м	Уклон долины реки	Содержание глинистых частиц в грунтах, %	Класс ответственности плотины	Максимальная скорость ветра за 10 лет, м/с	Содержания глинистых частиц в технологической воде на конец эксплуатации пруда-отстойника, г/л	Наличие валунов размером +200 мм, %
				по пе-ре	по пе-ре	по прод							
1	2	5000×200	1,15	0,002	-	0,02	650	0,003	2	I	20	20	5
2	1	5000×300	1,07	0,001	-	0,01	600	0,009	3	II	25	30	2
3	0	4000×700	1,14	0,05	0,02	0,01	550	0,008	4	III		40	2
4	2	4000×800	1,05	0,045	0,04	0,03	500	0,004	5	I	25	40	2
5	1	3000×100	1,06	0,02	0,01	0,02	450	0,007	6	II	30	50	2
6	0	3000×300	1,07	0,03	0,02	0,02	400	0,004	7	III		50	2
7	2	2500×400	1,15	0,04	0,03	0,04	380	0,006	8	I	27	50	0
8	1	2500×300	1,03	0,001	-	0,01	360	0,005	9	II	32	50	0
9	0	2000×100	1,09	0,002	-	0,04	340	0,004	2	III		20	0
10	1	2500×600	1,18	0,015	0,01	0,01	320	0,007	10	I	33	60	0
11	1	3000×500	1,08	0,04	0,045	0,01	300	0,009	11	II	35	60	0
12	0	2000×200	1,08	0,03	0,02	0,02	280	0,008	12	III		60	0
13	1	2000×500	1,15	0,02	0,01	0,04	260	0,02	13	I	20	60	0
14	1	1500×100	1,16	0,01	0,03	0,05	240	0,01	15	II	20	60	0
15	0	2000×450	1,17	0,02	0,01	0,03	220	0,02	20	III		70	0
16	1	2500×300	1,15	0,01	-	0,02	200	0,01	8	I	15	50	5
17	1	2000×100	1,08	0,01	-	0,03	180	0,02	9	III		50	7
18	0	2500×200	1,07	0,02	0,01	0,01	160	0,007	2	I	18	20	7
19	1	2000×300	1,16	0,03	0,04	0,01	140	0,006	1	II	20	10	7
20	0	2000×400	1,17	0,04	0,05	0,01	120	0,004	1	III		10	10

21	1	2500×400	1,09	0,02	0,03	0,01	620	0,01	1	I	22	10	10
22	0	1000×800	1,11	0,03	0,02	0,014	640	0,02	1	II	23	10	10
23	0	3000×300	1,12	0,009	-	0,04	660	0,008	5	III		40	5
24	1	4000×800	1,15	0,001	-	0,03	680	0,007	10	I	24	50	1
25	0	3000×100	1,07	0,05	0,04	0,02	700	0,009	4	II	25	30	1
26	0	3000×300	1,14	0,045	0,04	0,02	720	0,008	5	III		40	1
27	1	2500×400	1,05	0,02	0,03	0,04	740	0,02	6	I	26	50	1
28	0	2500×300	1,06	0,03	0,02	0,01	760	0,01	8	II	27	50	1
29	0	2000×100	1,07	0,04	0,02	0,04	780	0,02	10	III		60	1
30	0	1000×800	1,15	0,001	-	0,01	800	0,01	12	III		60	1
31	2	5000×200	1,15	0,002	-	0,015	650	0,003	2	I	20	20	5
32	1	5000×300	1,07	0,001	-	0,015	600	0,009	3	II	25	30	2
33	0	4000×700	1,14	0,05	0,02	0,015	550	0,008	4	III		40	2
34	2	4000×800	1,05	0,045	0,04	0,025	500	0,004	5	I	25	40	2
35	1	3000×100	1,06	0,02	0,01	0,025	450	0,007	6	II	30	50	2
36	0	3000×300	1,07	0,03	0,02	0,025	400	0,004	7	III		50	2
37	2	2500×400	1,15	0,04	0,03	0,035	380	0,006	8	I	27	50	0
38	1	2500×300	1,03	0,001	-	0,015	360	0,005	9	II	32	50	0
39	0	2000×100	1,09	0,002	-	0,035	340	0,004	2	III		20	0
40	1	2500×600	1,18	0,015	0,01	0,015	320	0,007	10	I	33	60	0
41	1	3000×500	1,08	0,04	0,045	0,015	300	0,009	11	II	35	60	0
42	0	2000×200	1,08	0,03	0,02	0,025	280	0,008	12	III		60	0
43	1	2000×500	1,15	0,02	0,01	0,035	260	0,02	13	I	20	60	0
44	1	1500×100	1,16	0,01	0,03	0,045	240	0,01	15	II	20	60	0
45	0	2000×450	1,17	0,02	0,01	0,035	220	0,02	20	III		70	0
46	1	2500×300	1,15	0,01	-	0,025	200	0,01	8	I	15	50	5
47	1	2000×100	1,08	0,01	-	0,035	180	0,02	9	III		50	7
48	0	2500×200	1,07	0,02	0,01	0,015	160	0,007	2	I	18	20	7
49	1	2000×300	1,16	0,03	0,04	0,015	140	0,006	1	II	20	10	7
50	0	2000×400	1,17	0,04	0,05	0,015	120	0,004	1	III		10	10

Закарстованности основания пород вскрыши нет.

Приложение 1.3

Технические характеристики гидромониторов

Тип гидромонитора	Рабочее давление воды, МПа	Диаметр входного отверстия, мм	Расход воды, $м^3/ч$	Угол поворота ствола (град.):			Количество насадок	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг	Коэффициент приближения гидромонитора к забою	Код управления гидромонитором
				в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости вверх	в вертикальной плоскости вниз							
ГМН-150	1,5	150	1300	360	30	30	3	3000	50	1000	75	1,0	ручное
ГМН-200	1,2	200	1500	360	30	30	4	3000	55	1200	125	1,0	ручное
ГМН-250	1,5	250	1550	360	32	28	5	3765	57	1460	175	1,0	ручное
ГМН-250с	1,5	250	1550	360	27	27	5	3200	57	1460	195	1,0	ручное
ГМП-250	2,0	250	1850	360	27	27	4	3585	67	1625	400	1,0	ручное
ГМД-250	2,5	250	2750	360	30	30	4	4420	219	1640	1035	0,5	дистанционное
ГМЦ-250	1,2	250	1850	360	30	31	4	2800	57	1350	660	0,5	дистанционное
ГМДУ-250	2,0	250	2340	360	35	35	5	4480	125	1600	1030	0,5	дистанционное
ГМДУ-300	3,0	300	3800	360	27	27	4	5625	246	2680	3000	0,5	дистанционное
ГМД-300	3,0	300	4000	330	40	70	5	8200	143	2300	4000	0,5	дистанционное
ГМН-300	1,2	300	4000	360	30	30	5	3200	57	1400	180	1,0	ручное
ГМСШД-300	3,0	300	4000	330	35	6	4	6690	394	3110	400	0,3	дистанционное
ГМН-350	2,0	350	4500	270	26	10	5	6870	224	2950	7000	0,5	дистанционное
КУГУ-350	2,0	350	4000	360	27	44	5	7650	150	3000	3800	0,5	дистанционное
ГМ-350	2,0	350	4500	270	26	10	5	7650	150	3000	3000	0,5	дистанционное
КУГУ-500	2,0	500	5000	360	18	18	3	7650	150	3000	3800	0,5	дистанционное
МСШД-500	3,0	500	7000	300	35	8	5	2000	394	4350	2000	0,3	дистанционное

Приложение 1.4

Насадки гидромониторов

Тип гидромонитора	Количество насадок	Диаметр выходной части насадки, мм				
ГМН-150	3	32	35	40	-	-
ГМН-200	4	50	70	90	100	-
ГМН-250	5	62	65	75	90	105
ГМН-250с	5	62	65	75	90	105
ГМП-250	4	80	100	110	125	-
ГМД-250	4	80	100	110	125	-
ГМЦ-250	4	50	70	90	100	-
ГМДУ-250	5	50	62	65	75	90
ГМДУ-300	4	50	70	90	100	-
ГМД-300	5	100	110	125	127	135
ГМН-300	5	100	110	125	127	135
ГМСШД-300	4	100	110	125	127	-
ГМН-350	5	150	155	160	165	175
КУГУ-350	5	125	135	150	165	175
ГМ-350	5	125	150	165	175	190
КУГУ-500	3	155	175	200	-	-
МСШД-500	5	155	175	200	210	215

Приложение 1.5

Основные параметры стальных труб (мм)

Трубы стальные бесшовные горячедеформированные (ГОСТ 8732-78)		Трубы стальные электросварные с прямым швом (ГОСТ 10704-76)		Трубы стальные электросварные со спиральным швом (ГОСТ 8696-74)	
Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки
159	6-9*	159	5; 5,5; 6; 7; 8	159	3; 3,5; 4; 5
168	6-9*	168	5; 5,5; 6; 7; 8	219	4; 5
180	6-9*	180	5; 5,5; 6; 7; 8	273	4; 5
194	6-9*	194	5; 5,5; 6; 7; 8	325	4-6*
203	6-9*	203	5; 5,5; 6; 7; 8	377	4-6*
219	6-9*	219	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	426	4-8*
245	7-12*	245	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	478	4-8*
273	7-12*	273	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	480	4-8*
299	8-12*	299	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	530	4-9*
325	8-12*	325	5; 5,5; 6; 7; 8; 9	630	5-10*
351	8-12*	351	6-10*	720	5-12*
377	9-12*	377	6-10*	810	5-12*
402	9-12*	402	6-10*	820	5-12*
426	9-12*	426	6-10*	920	5-12*
450	9-12*	478	6-12*	1020	6-12*
478	9-12*	480	6-12*	1220	7-12*
480	9-12*	530	6-12*	1320	8-20*
500	9-12*	630	7-12*	1420	8-21*
530	9-12*	720	7-12*	-	-
560	9-12*	810	7-12*	-	-
600	9-12*	820	7-12*	-	-
630	9-12*	920	8-12*	-	-
720	9-12*	1020	8-12*	-	-
810	9-12*	1120	8-12*	-	-
820	9-12*	1220	9-12*	-	-

Примечание: звездочкой отмечены значения толщины стенки труб с интервалом 1 мм.

Основные параметры труб НПВХ ГОСТ Р 51613-2000 (мм)

Класс давления 0,63 МПа		Класс давления 0,8 МПа		Класс давления 1 МПа	
Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки	Диаметр наружный	Толщина стенки
110	2,7	110	3,4	110	5,3
160	4,0	160	4,9	110	4,2
225	5,5	225	6,9	160	6,2
315	7,7			225	8,6
315	9,7			315	12,1
				315	15,0

Длина труб 5500 мм

Приложение 1.6

Характеристика некоторых отечественных насосов

Марка насоса	Характеристики насоса			Характеристика электродвигателя		Масса насоса, кг
	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Диаметр рабочего колеса, мм	Частота вращения, об/мин	Мощность, кВт	
Д200-95	200	95	280	2950	75	-
Д200-95	100	23	280	1450	13	210
Д200-36	200	36	350	1450	40	270
Д320-70	320	70	242	2950	100	260
Д500-65	500	65	465	1450	160	616
Д630-90	630	90	525	1450	250	1640
Д630-90	500	36	525	985	110	925
Д800-57	800	57	432	1450	200	813
Д1250-65	1250	65	460	1450	250	1153
Д1250-65	800	28	460	980	110	1153
Д1250-125	1250	125	625	1450	630	1770
Д1600-90	1600	90	540	1450	-	1432
Д1600-90	1100	40	540	980	-	1432
Д2000-21	2000	21	460	985	160	-
Д2000-21	1800	16	410	985	110	1630
Д2000-21	1500	13	410	735	110	-
Д2000-21	1250	14	410	735	90	-
Д2000-100	2000	100	855	985	800	-
Д2000-100	2300	89	855	1000	800	-
Д2000-100	1450	107	-	985	630	2480
Д2000-100	1350	93	-	1000	630	-
Д2500-62	2500	62	-	985	500	-
Д2500-62	2700	58	-	985	630	2200
Д2500-62	2000	34	-	-	250	-
Д3200-33	3200	33	550	985	320	-
Д3200-33	3000	23	490	985	250	2934
Д3200-33	2500	17	550	735	160	-
Д3200-33	2000	13,5	490	735	132	-
Д3200-75	3200	75	755	985	800	-
Д3200-75	3420	71	755	1000	800	4150
Д3200-75	2500	45	750	750	400	-
Д4000-95	4000	95	825	1000	1250	-
Д4000-95	4700	90	825	1000	1600	4960
Д4000-95	3200	55	825	750	630	-
Д4000-95	3600	52	825	735	630	-
Д5000-32	5000	32	700	740	630	-
Д5000-32	5000	26	665	740	500	-
Д5000-32	4700	20	615	740	320	5000
Д5000-32	3200	20	615	590	250	-
Д5000-32	4000	16,5	665	590	250	-
Д5000-32	3800	13	615	590	200	-
Д6300-27	6300	27	740	750	630	-
Д6300-27	4000	22	740	590	320	5000

Д6300-27	4800	10,5	650	590	320	-
Д6300-80	6300	80	900	750	2000	8766
Д6300-80	5000	50	90	600	1000	-
ЦН400-105	400	105	-	1480	200	-
ЦН400-210	400	210	-	1480	400	2368
ЦН900-310	900	310	-	1485	1250	11000
ЦН1000-180	1000	180	-	1500	630	2341
ЦН3000-197	3000	197	-	1000	2500	15200
ЦНС(г)13-70						

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу

_____С.А.Упоров

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ
Часть 1

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Исаков С.В., доцент, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической горно-технологического факультета (ГТФ)
Разработки месторождений открытым способом	
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Лель Ю.И.	Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 337 от 19.04.2019	Протокол № 7 от 19.04.19
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ **3**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 ..... **4**
Определение объема внешней капитальной траншеи 4

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 ..... **10**
Вскрытие тупиковыми съездами 10

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 ..... **17**
Конструкция транспортных берм при автомобильном транспорте 17

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 ..... **20**
Вскрытие карьерапетлевыми (спиральными) съездами 20

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 ..... **23**
Подготовка рабочих горизонтов. Расчет скорости углубки в карьере 23

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1 ..... **29**
Расчет вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых 29

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ **32**

ПРИЛОЖЕНИЯ **33**
Приложение 1 34
Приложение 2 35
Приложение 3 36
Приложение 4 37
Приложение 5 38
Приложение 6 39

ВВЕДЕНИЕ

Месторождение полезных ископаемых (или его часть) с массивом покрывающих и вмещающих горных пород, отведенное дляразработки открытым способом, называется карьерным полем.

В результате производства горных работ осуществляется выемка горных пород из недр земли, образуются горные выработки и их совокупность – карьер.

Горные работы по формированию карьера можно разделить на две группы:

- проведение горных выработок и устройство сооружений для обеспечения транспортных связей в карьере – это работы, связанные со вскрытием месторождения;
- производство вскрышных и добычных работ – это работы, связанные с системами разработки.

Вскрытие карьерного поля – это создание комплекса горных выработок, обеспечивающих грузо-транспортную связь между рабочими горизонтами и технологическим комплексом карьера на поверхности.

Вскрытие осуществляется не только в период строительства карьера, но также в процессе его эксплуатации, особенно при разработке наклонных и крутопадающих месторождений.

Решенное и осуществляемое на практике вскрытие месторождения надолго, а иногда и навсегда предопределяет порядок отработки карьера и эффективность его работы. При рассмотрении этой проблемы основное значение имеют: тип и взаимное расположение вскрывающих выработок (способ вскрытия); создание и развитие трасс вскрывающих выработок всех горизонтов за период существования карьера (схема вскрытия).

Правильно выбранные способ и схема вскрытия должны способствоватьуменьшению затрат и повышению эффективности разработки месторождений полезных ископаемых, уменьшению дальности транспортирования горной массы, срока строительства карьера и объема горно-капитальных работ, они во многом определяют интенсивность ведения горных работ в карьере и пропускную способность транспортных коммуникаций.

На выбор способа вскрытия влияют многие факторы: условия залегания месторождения, рельеф поверхности, месторасположение поверхностных сооружений, виды горнотранспортного оборудования, производительность карьера.

Необходимо отметить, что при оценке вариантов вскрытия месторождения следует учитывать не только увеличение расстояния транспортирования и объем горно-строительных работ, связанных с устройством съездов, а также особенности подготовки рабочих горизонтов, вскрытые, подготовленные и готовые запасы полезных ископаемых,характеристики применяемого горнотранспортного оборудования.

Предлагаемое учебно-методическое пособие призвано помочь студенту правильно принимать решения по вопросам вскрытия карьерных полей.

В пособии изучаются методики расчетов и иерархичность принятия решений по вскрытию, используемые в современной практике проектирования и эксплуатации карьеров.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Определение объема внешней капитальной траншеи

Цель работы

Ознакомиться с конструкциями внешних капитальных траншей, получить навыки определения объема открытых горных выработок.

Теоретические положения

В настоящее время вскрытие внешними траншеями является одним из основных технических направлений в проектировании глубоких и мощных равнинных карьеров, использующих для перевозки горной массы железнодорожный и автомобильный транспорт.

Внешние траншеи имеют сложную конструкцию, их глубина достигает 50-150 м. На глубоких карьерах они создают условия для эффективной отработки верхней зоны карьера, позволяют улучшить систему транспортных коммуникаций, сократить дальность транспортирования горной массы, уменьшить текущий коэффициент вскрыши в первый период разработки и благодаря этому получить экономический эффект.

Перспективно применение внешних траншей на действующих карьерах при увеличении их глубины и реконструкции. В связи с этим ставится задача определения оптимальных параметров траншеи (глубины ее погружения, конструкции, способа примыкания к рабочей зоне и других), при которых капитальные затраты окупаются в допустимый срок и достигается наибольшее значение чистого дисконтированного дохода.

Наклонная часть внешней траншеи может иметь одну из двух известных конструкций – с общим либо раздельным выходом на поверхность (рис.1.1, 1.2).

Основные параметры траншеи можно условно разделить на две группы. В первую группу входят параметры, общие для всех уступов траншеи: руководящий уклон (i), ширина дна траншеи (B), угол откоса борта траншеи (β), число вскрываемых траншеей уступов (n), минимальный радиус примыкания (R).

Ко второй группе относятся параметры, значения которых могут быть разными на различных уступах: ширина транспортной бермы ($b_т$), ширина бермы очистки ($b_о$), высота уступа (h), угол откоса уступа (α).

Для определения объема наклонной траншеи с раздельными выходами используется формула:

$$V_{\text{накл}}^{\text{разд}} = \sum_{t=1}^{n}\left[\frac{B_t h^2}{2i} + \frac{h^3}{3i \cdot \operatorname{tg}\alpha} + \frac{B_t h_t^2 (t-1)}{i} + \frac{h_t^3 (t-1)}{3i \cdot \operatorname{tg}\alpha}\right], \qquad (1.1)$$

где B_t – ширина понизу t-го, считая сверху, слоя:

t – порядковый номер уступа ($t = 1, 2, \ldots, n$).

$$B_t = B + \left(\frac{2h}{\operatorname{tg}\alpha} + b_{\text{о}} + b_{\text{т}} \right)(n - t). \qquad (1.2)$$

Для определения объема наклонной траншеи с общим выходом используется формула:

$$V_{\text{накл}}^{\text{общ}} = \frac{h^2}{i}\left(\frac{B}{2} + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha} \right) +$$

$$+ \sum_{t=1}^{n-1} \frac{h^2}{i}\left(\frac{B_t(n-t) + B(n-t+1)}{2} + \frac{(b_{\text{т}} + b_{\text{о}})(3n - 3t + 2)}{6} + \frac{h(3n - 3t + 2)}{3\operatorname{tg}\alpha} \right). \qquad (1.3)$$

Порядок выполнения работы

1.1 Получить исходные данные (приложение 1).

1.2. Выполнить расчет объема капитальной траншеи, представив ее как одиночную траншею той же глубины, что и заданная.

Объем одиночной траншеи с вертикальным торцом может быть определен по формуле, м^3:

$$V_{\text{внутр}} = \frac{H^2}{i}\left(\frac{B}{2} + \frac{h}{3\operatorname{tg}\alpha_{\text{ср}}} \right), \qquad (1.4)$$

где H – общая глубина траншеи, м ($H = h \cdot n$);

h – высота уступа траншеи, м;

n – число уступов, шт.;

i – уклон траншеи;

B – ширина дна траншеи, м;

$\alpha_{\text{ср}}$ – средний угол откоса бортов траншеи, определяется графически или по формуле:

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{ср}} = \frac{2H}{(n-1)(b_{\text{т}} + b_{\text{о}}) + 2H \cdot \operatorname{ctg}\beta}, \qquad (1.5)$$

где $b_{\text{т}}$ – ширина транспортной бермы, м;

$b_{\text{о}}$ – ширина бермы очистки, м;

β – угол откоса уступа траншеи, градусы.

1.3. Построить в масштабе планы внешних траншей различных конструкций (с общим выходом, с раздельными выходами), рис.1.1, 1.2.

Примечание: горизонтальный и вертикальный масштабы на чертеже могут не совпадать.

1.4. Построить вертикальные поперечные сечения (рис. 1.1, 1.2).

1.5. Определить площадь поперечных сечений.

Примечание:площадь поперечных сечений удобно определять, мысленно разбив каждое сечение на трапеции.

1.6. Определить объем траншеи каждой из конструкций, используя метод вертикальных параллельных сечений. При этом методе объем траншеи определяется по формуле:

$$V = \frac{1}{2}\left[\left(S_1 + S_2\right)\cdot l_{1-2} + \left(S_2 + S_3\right)\cdot l_{2-3} + \ldots + \left(S_{n-1} + S_n\right)\cdot l_{(n-1)-n}\right], \qquad (1.2)$$

где V – объем траншеи, м^3;

S_i – площадь i-го сечения, м^2;

$l_{i-(i+1)}$ – расстояние между сечениямиi и (i+1),м.

1.7. Определить объем траншеи каждой из конструкций, используя программу **chif4**. (рис. 1.3).

Примечание:Для работы с программой необходимо запустить файл d:\STUD_PRO\VTRANSH\tr_2001\chif4.exe.

1.8. Произвести исследования объема траншеи от заданного параметра (приложение 1) для каждой из конструкций. Для расчетов использовать программу **chif4.**

1.9. Построить график зависимости объема траншеи от заданного параметра (рис.1.3).

Форма отчетности.

Сделать и записать вывод:

- отразить приобретенные в ходе выполнения практической работы знания и умения;
- сравнить значения объемов траншей, определенных по трем различным методам, указать погрешность каждого метода;
- сравнить значения объемов траншей различных конструкций;
- оценить вид и степень зависимости объема траншеи от заданного параметра.

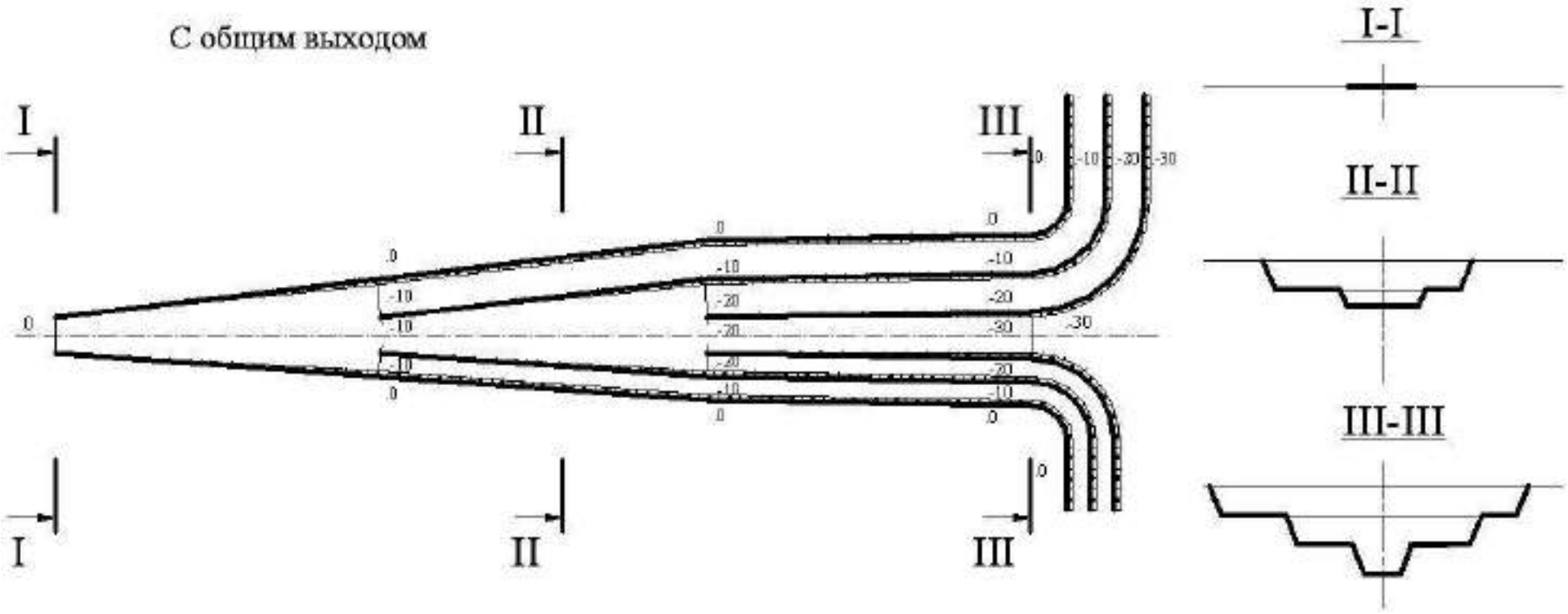


Рис.1.1. Конструкция транши с общим выходом

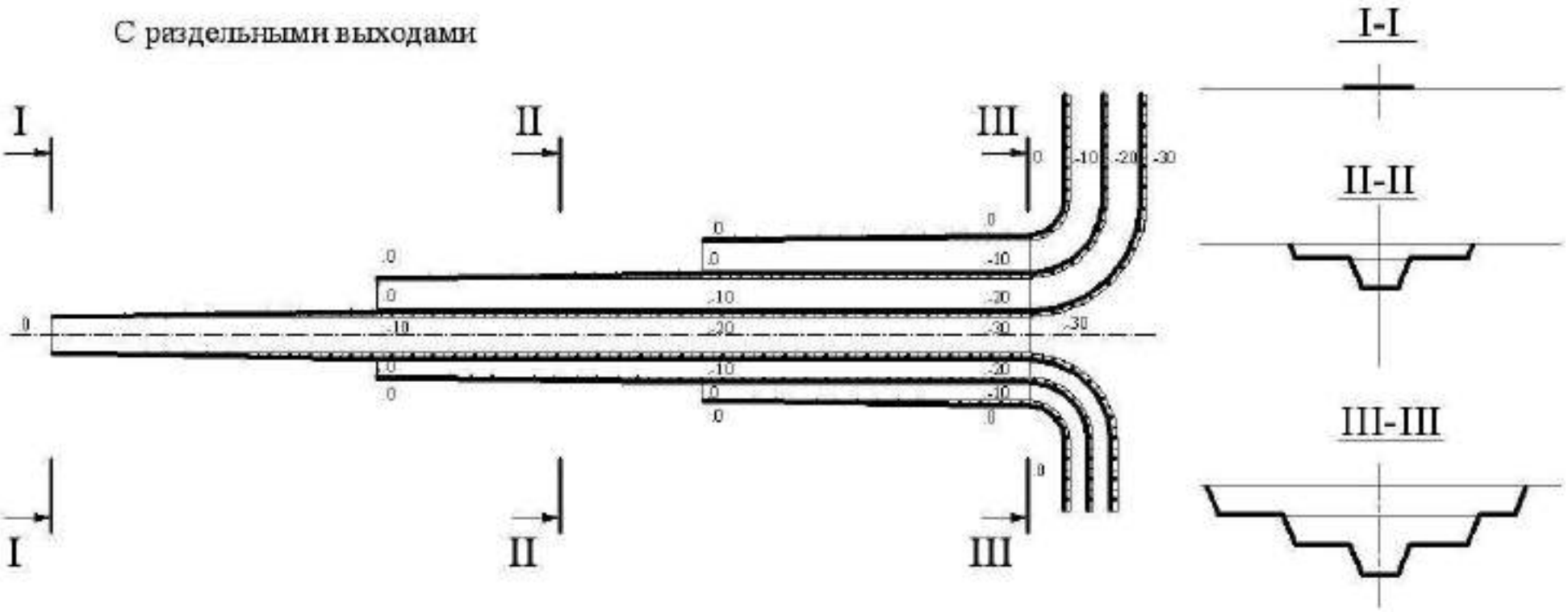


Рис.1.2. Конструкция траншеи с раздельными выходами

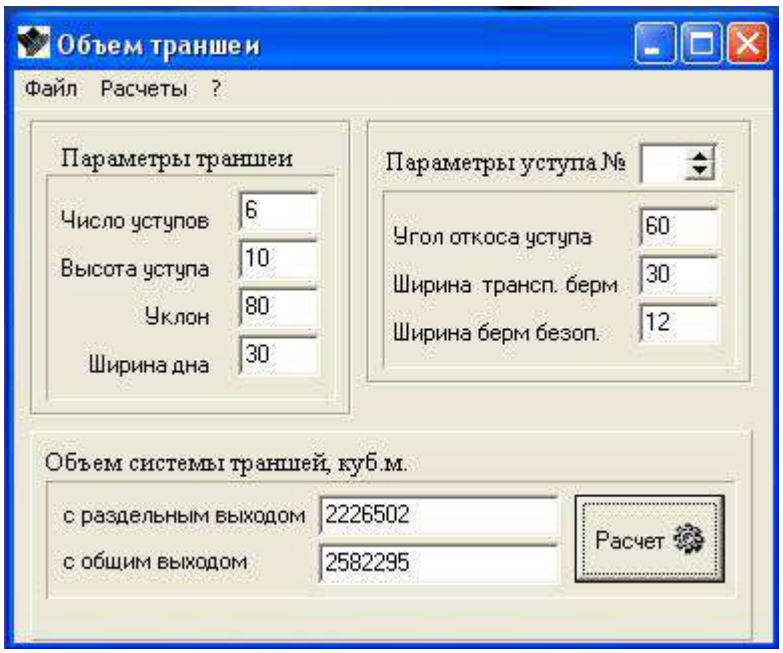


Рис.1.3. Рабочее окно программы расчета объемов траншей

Рис.1.4. Пример оформления графика зависимости объема траншеи от заданного параметра

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Вскрытие тупиковыми съездами

Цель работы

Рассчитать основные параметры вскрытия тупиковыми съездами.

Теоретические положения

Тупиковые формы трассы состоят из наклонных участков(съездов с уступа на уступ)и тупиковых горизонтальных площадок(участков примыканий к рабочим горизонтам).

Тупиковые площадки размещают на каждом горизонте или через 2-3 уступа, при этом стремятся к сокращению числа тупиковых площадок и чем их меньше, тем эффективнее схема вскрытия.Трассы – одно- или двухпутевые согласно грузообороту карьера.

Конструирование схем ведется на основе следующих положений и принципов:

- трасса должна размещаться, как правило, на прямолинейных участках бортов карьера;
- допускается устройство съездов на криволинейных участках с радиусом кривизны более 250 м, в особо трудных условиях – до 200 м;
- тупики можно размещать в торцах карьера, но радиус кривых должен быть более 300 м, в особых случаях – не менее 200 м;
- стрелочные переводы марки 1/9.

Исходные данные

См.приложение 2.

Порядок выполнения работы

Проектирование вскрытия ведется в следующей последовательности.

Пусть имеется карьер с конечной глубиной $H_к$, высотой уступа $H_у$, длиной карьера по дну $L_д$, углами откоса торцов $\beta_т$. Число вскрываемых уступов:

$$n_в = \frac{H_к}{H_у}.$$

По продольному разрезу (рис.2.1) радиус закругления торцов на глубине H_xс учетом устройства съездов на криволинейных участках с радиусом кривизны более 250 м, в особо трудных условиях – до 200 мсоставит:

$$R_X = (H_к - H_x)\mathrm{ctg}\beta_т.$$

2.1.Приняв допускаемый радиус R_X=200 м, получим, что тупики можно укладывать в торцах до глубины:

$$H_X \le H_к - 200\mathrm{tg}\beta_т. \qquad (2.1)$$

Ниже глубины H_x тупики можно укладывать только в средней части ка-

рьера на протяжении длины рудного тела ($L_д$).

2.2. Выбирают число и схему путей, пользуясь таблицей 2.1. Необходимо, чтобы трасса обеспечивала заданную интенсивность движения ($И_{дв}$ пар поездов в смену):

$$И_{дв} = Г_р / Q_п, \quad (2.2)$$

где $Г_р$ – расчетный грузооборот карьера, т/смену;

$Q_п$–масса груза в поезде, т.

Таблица 2.1. Пропускная способность схем вскрытия и конструкция тупиков (рис. 2.2)

Трасса		Примыкание к гор.	Интенсивность движения пар поездов ($И_{дв}$) п.п. /см.	Схемы путей
Тупиковая	1 путь	Попутное	до 8-12	схема 1
	2 пути		до 24-30	схема 2 схема 3

2.3. Выбирают схему путевого развития на тупиковых площадках (варианты 1,2 на рис.2.1). Рассчитывают длины элементов трассы:

– длина трассы в карьере теоретическая

$$L_{теор} = \frac{H_к}{i}, \quad (2.3)$$

– теоретическая длина съезда с уступа на уступ

$$L_с^l = \frac{h_у}{i}. \quad (2.4)$$

Длина тупиковых площадок($L_{т.п.}$) и площадок примыкания ($L_{п.п.}$) вычисляется согласно выбранной схеме вскрытия.

Например: $L_{т.п.} = l_п + 2l_с + d_l$,м,

$L_{п.п.} = l_п + 15$, м.

Здесь:

$l_п$ – длина поезда плюс 15 м на резерв торможения (180 м);

$l_о$ – расстояние от начала стрелочного перевода до предельного столбика. Для перевода $1/9 l_о = 55$ м;

$l_с$– длина стрелочного перевода. Для перевода $1/9 l_с = 79$ м;

d – смещение между стрелками при попутной укладке (62 м);

d_l–смещение между стрелками при встречной укладке (6,5 м).

2.4. Проектируют продольный профиль трассы. Обычно просматривают несколько вариантов трасс. Проектирование ведут на вычерченном в масштабе продольном разрезе карьера.

От выбранной точки ввода трассы в карьер откладывают значения длин съездов,тупиковых площадок($L_{т.п.}$) и площадок примыкания($L_{п.п.}$), определяя таким образом продольный профиль трассы.

Длина трассы в карьере

$$L_{тр} = \frac{H_к}{i} + \sum_{1}^{n} L_{п.п.} + \sum_{1}^{m} L_{т.п.}. \quad (2.5)$$

Значения n,m определяют по схеме вскрытия.

2.5.Устанавливают коэффициент развития трассы

$$K_{тр} = L_{тр}/L_{теор}. \quad (2.6)$$

2.6.Выбираютконструкцию и параметры транспортной бермы (см.рис.2.3).

2.7. Строят поперечный разрез карьера (см.рис. 2.3), где $b_о$– ширина бермы очистки, $b_{тп}$ – ширина тупиковой площадки.

Примечание: практическая работа составлена по материалам

проф. Сорокина Л. А.

Форма отчетности

По результатам занятия представляется кратка теория рассматриваемого вопроса, схема трассы, расчеты, необходимые для выбора конструкции транспортной бермы, сечение борта карьера.

Схема 1

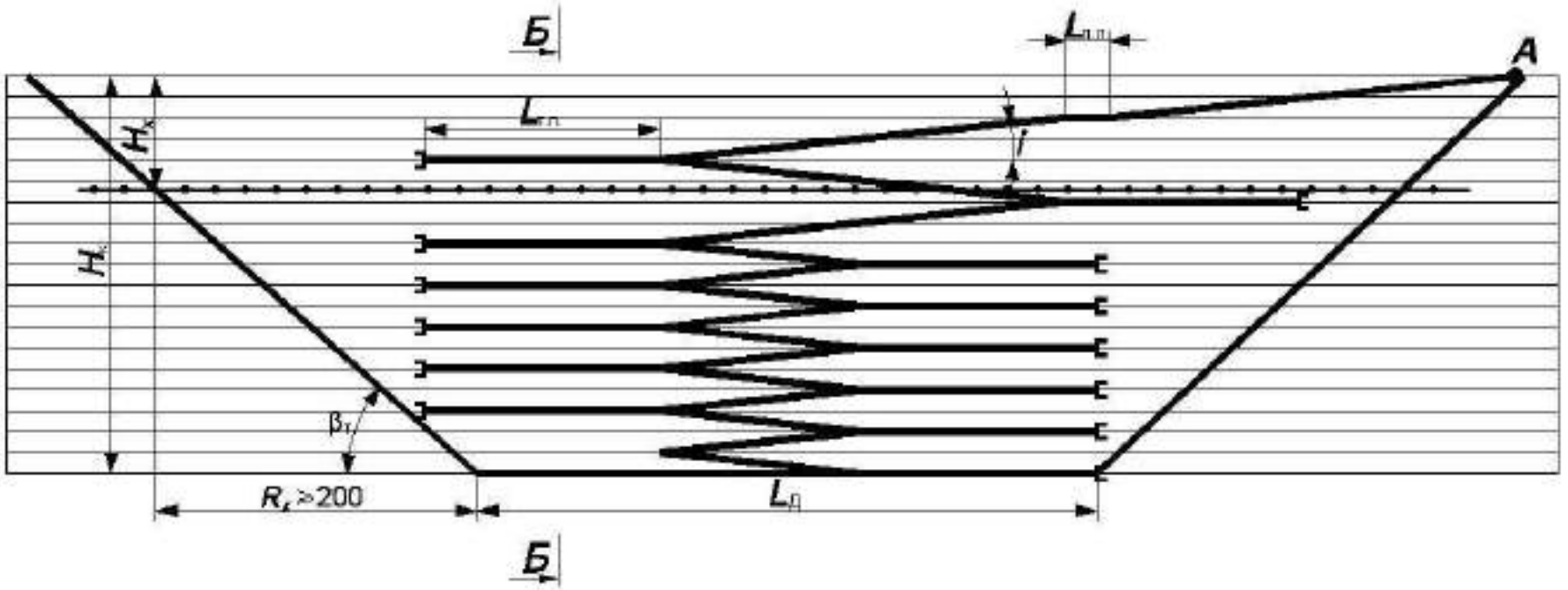


Схема 2

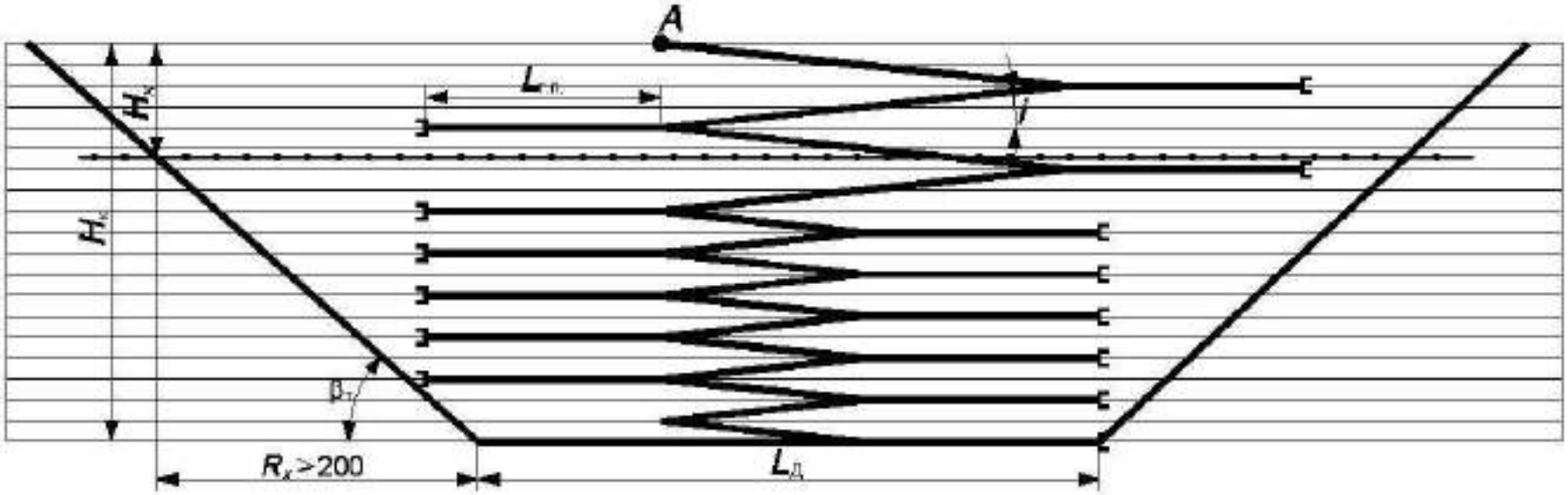
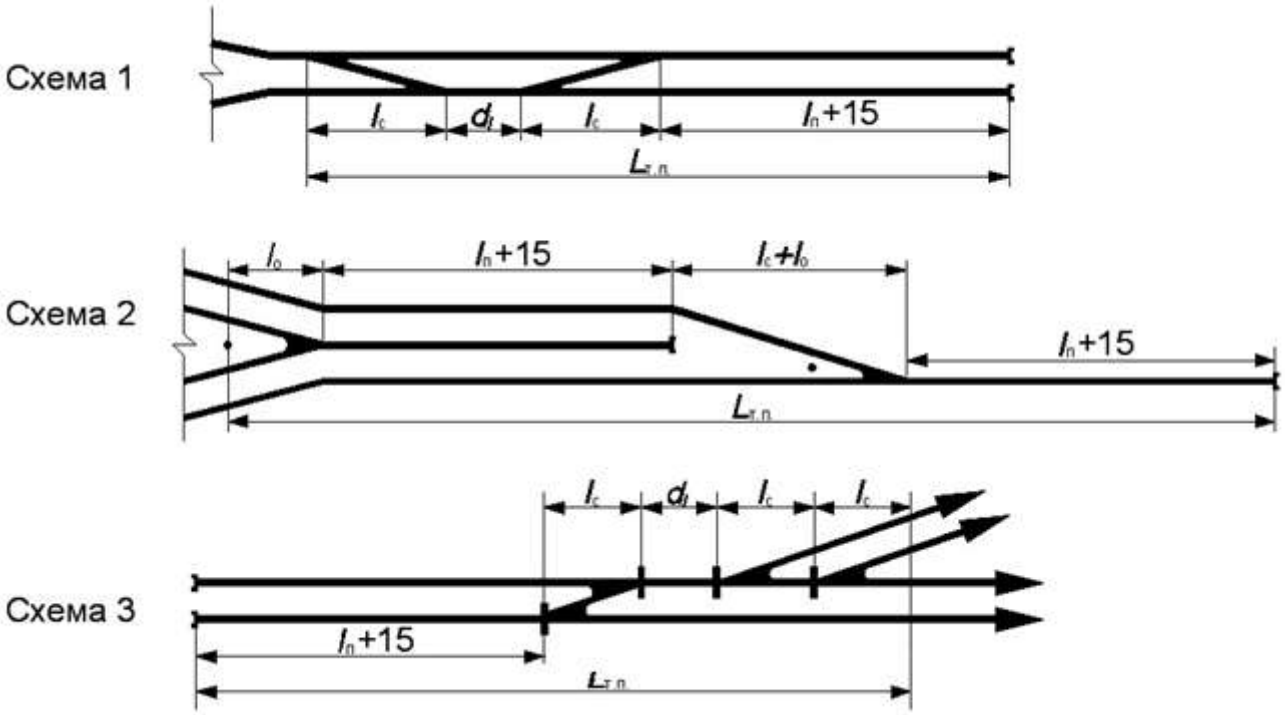


Рис. 2.1. Схема трассы



L_z – длина стрелочной зоны (L_z = 420 м)

Рис. 2.2. Схемы путей на тупиковой площадке

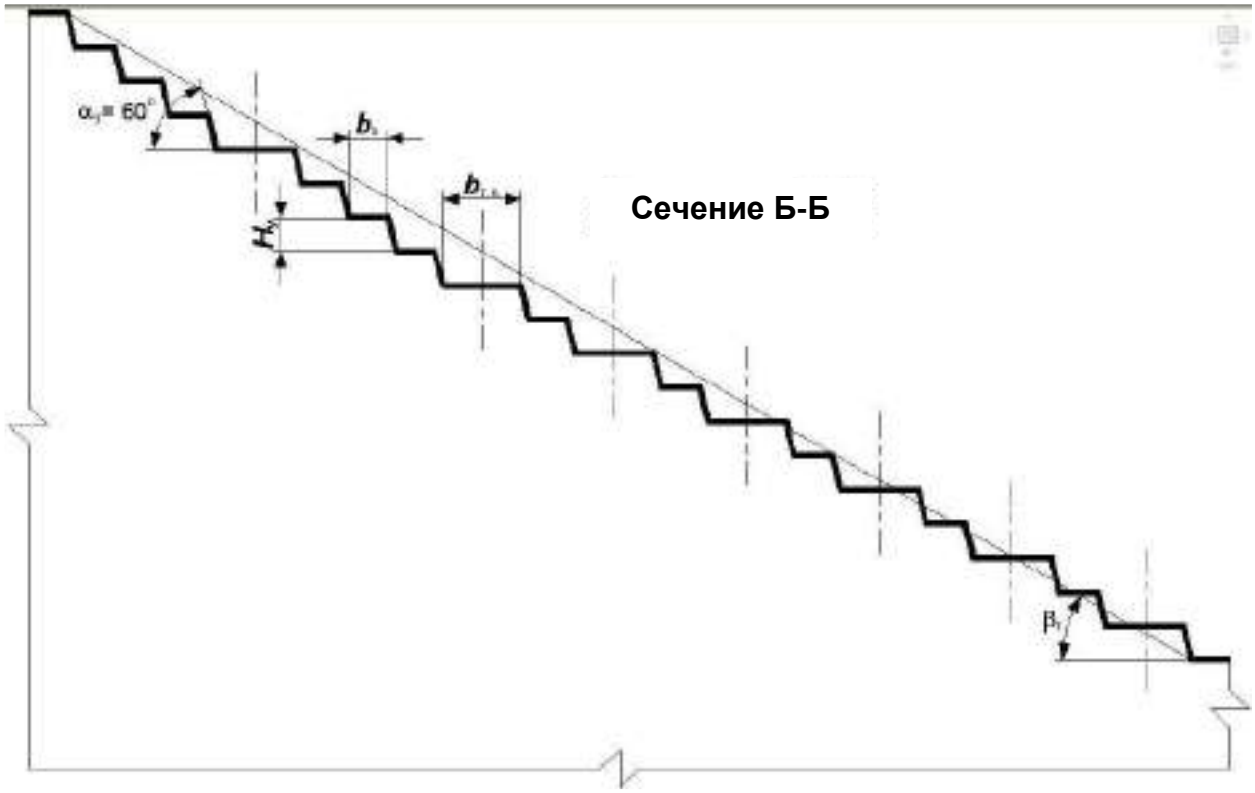


Рис. 2.3. Сечение борта карьера

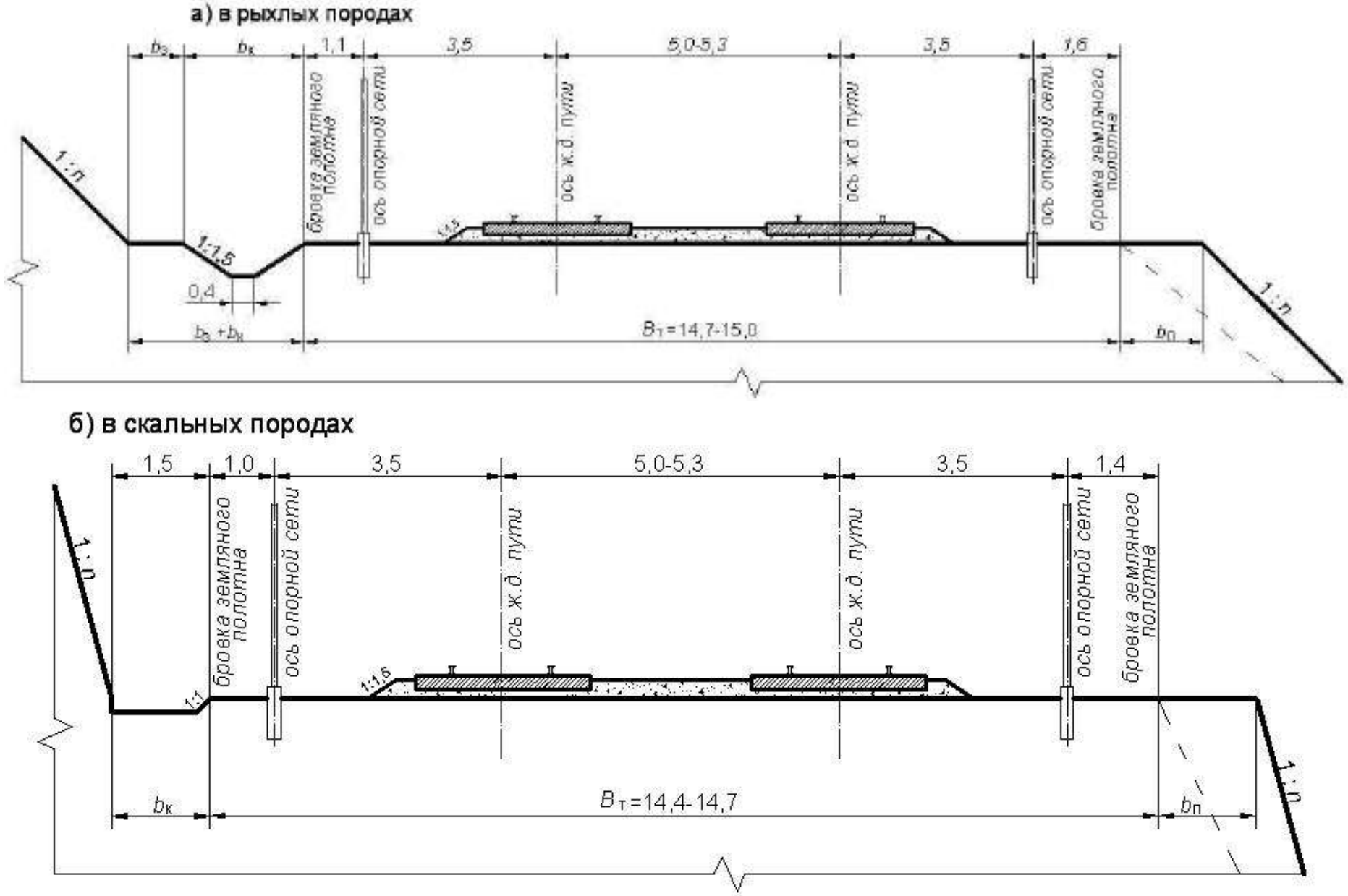


Рис. 2.4. Конструкция транспортной бермы при ж.д. транспорте

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Конструкция транспортных берм при автомобильном транспорте

Цель работы

Освоить методику расчета параметров транспортных берм при автомобильном транспорте.

Исходные данные

См.приложение 3:

- категория пород (рыхлые/скальные);
- марка автосамосвала;
- ширина автосамосвала;
- диаметр колеса автосамосвала;
- грузонапряженность;
- глубина расположения транспортной бермы;
- число полос движения – 2.

Порядок выполнения работы

3.1. Определить значения параметров транспортной бермы:

Категория автодороги

Категорию автодороги принять в зависимости от грузонапряженности:

Грузонапряженность, млн. т брутто/год	Категория автодороги
Более 15	I
5-15	II
Менее 5	III

Ширина закюветной полки

Закюветная полка устраивается при строительстве транспортной бермы в мягких породах. Ширину закюветной полки принять большей 0,5 м.

Ширина кювета по верху (К)

Размеры кювета должны соответствовать условиям водоотвода. Ширина кювета по верху складывается из ширины по дну и проложения бортов кювета. В данной работе принять:

- в рыхлых породах: К=1,2 м;
- в скальных породах: К = 1,0 м.

Глубину кювета ($h_к$) принять равной 0,5 м.

Ширина обочины ($B_{об}$)

Ширину обочины принять следующей (СНиП 2.05.07-91*):

Категория автодороги	Ширина обочины, м
I	2,0
II	1,5
III	1,0

Ширину каждой обочины на однополосных дорогах, по которым предусматривается двухстороннее движение автотранспортных средств, следует принимать равной не менее половины проезжей части.

Ширина автодороги (А)

Ширину автодороги следует принимать в зависимости от ширины автомашины, категории и глубины размещения дороги по табл.3.1. (СНиП 2.05.07-91*)

Таблица 3.1

Ширина автомашин, м	Значения параметров для дорог категории										
	I				II				III		
	при расположении дороги по глубине карьера, м										
	до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	св. 200	до 50	св.50 до 100	св. 100 до 200	св. 200	до 50	св.50 до 100	св. 100
Ширина проезжей части, м											
до 2,75	–	–	–	–	8,5	8,5	8,0	8,00	8	8,0	7,50
3,5	14,0	13,0	11,5	11,0	13,5	12,5	11,0	10,50	13	11.5	10,50
3,8	15,5	14,0	13,0	12,5	15,0	14,0	12,5	12,00	14	12,5	11,56
5,4.	22,0	20,0	17,5	17,0	21,0	19,5	17,0	16,50	20	18,0	16,00
6,4	25,0	22,5	20,0	19,0	24,0	22,0	19,5	18,50	23	20,0	18,00
7,8	31,0	29,0	25,0	24,0	30,0	23,0	24,5	23,55	29	26,0	23,00

Примечание: для промежуточных значений габаритов расчетных автомобилей ширину проезжей части дорог надлежит определять интерполяцией с округлением в большую сторону до 0,5 м.

Высота породного вала ($h_в$) принимается не менее половины диаметра колеса автомобиля (ЕПБ).

Ширина породного вала ($b_в$) зависит от конструкции, высоты породного вала и свойств слагающих его пород. В данной работе ширину принять равной удвоенной высоте породного вала (угол естественного откоса равен 45°):

$$b_в = 2h_в.$$

При расположении породного вала на транспортной берме следует руководствоваться следующими правилами (ЕПБ):

- вертикальная ось, проведенная через вершину породного вала,должна располагаться вне призмы обрушения;
- расстояние от внутренней бровки породного вала до проезжей части

должно быть не менее 0,5 диаметра колеса автомобиля.

Ширина бермы обрушения (Z) зависит от высоты уступа и физико-механических свойств слагающих его пород. В данной работе принять:

- в рыхлых породах Z= 1,5 м,
- в скальных породах Z= 1,0 м.

3.2. Выполнить чертеж конструкции транспортной бермыв масштабе 1:100 или 1:200 (рис. 3.1). Ширина транспортной бермы ($B_{тр}$) определяется построением.

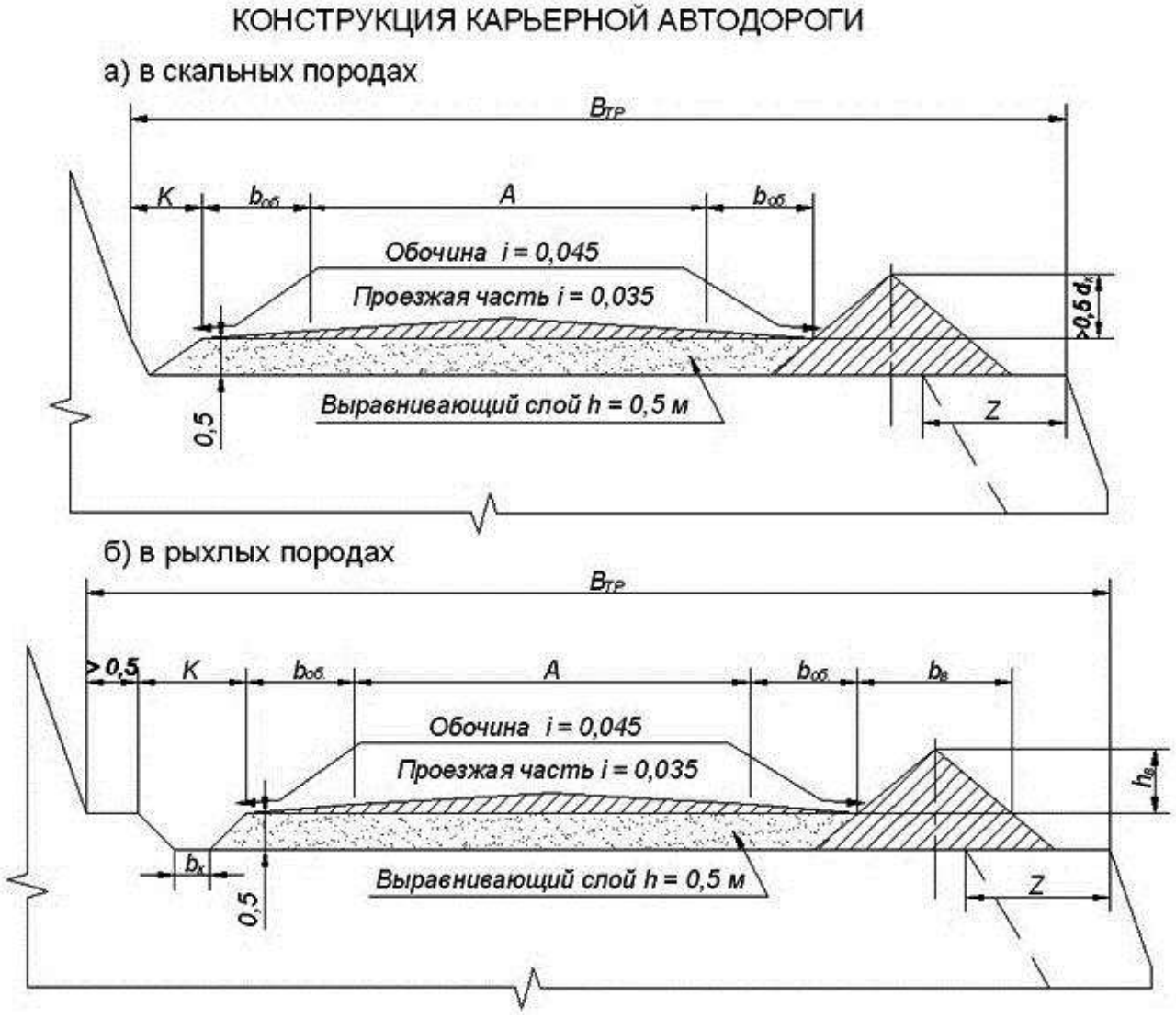


Рис.3.1. Конструкция карьерной автодороги

Форма отчетности

По результатам занятия представляются расчеты параметров транспортной бермы, конструкция карьерной автодороги (рис.3.1).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

Вскрытие карьерапетлевыми (спиральными) съездами

Цель работы

1. Построить трассу вскрытия карьера.
2. Построить план карьера на конец разработки месторождения.

Исходные данные

См. приложение 4.

Порядок выполнения работы

1. Построить погашенный борт карьера с бермами механизированной очистки. Принять берму ($B_о$) шириной 8-10 м. Для заданной глубины карьера ($H_к$), высоты уступа ($H_у$) и устойчивого угла погашения уступа ($\alpha_{уст}$) построить конструктивный борт карьера. Провести проверку:

$$\gamma_{конст} \leq \gamma_{уст}.$$

2. Построить модель плана карьера на конец разработки с углами погашениявсех бортов карьера, равными $\gamma_{конст}$ (рис.4.1).
3. На модель карьера по заданию преподавателя нанести рельеф поверхности и выбрать место ввода трассы в карьер.
4. Выбрать форму трассы в карьере и построить трассу в плане (рис. 4.2):
   - принять при соотношении ширины карьера по поверхности и его длины:

   А – 1:(2,0-2,5) – спиральную форму трассы;

   В – 1:(3,0 и более) – петлевую форму трассы.
   - ширину транспортной бермы ($B_{ТР}$) принять по работе № 3;
   - рассчитать длину съезда ($L_С$), длину площадок примыкания ($l_{п.п.}$) и петлевого разворота ($l_т$) принять 30-50 м.
5. В соответствии с принятыми решениями по схеме вскрытия начертить в масштабе 1:5000 планкарьера на конец разработки месторождения (рис.4.3).

Форма отчетности

По результатам занятия представляется кратка теория рассматриваемого вопроса, план карьера на конец разработки.

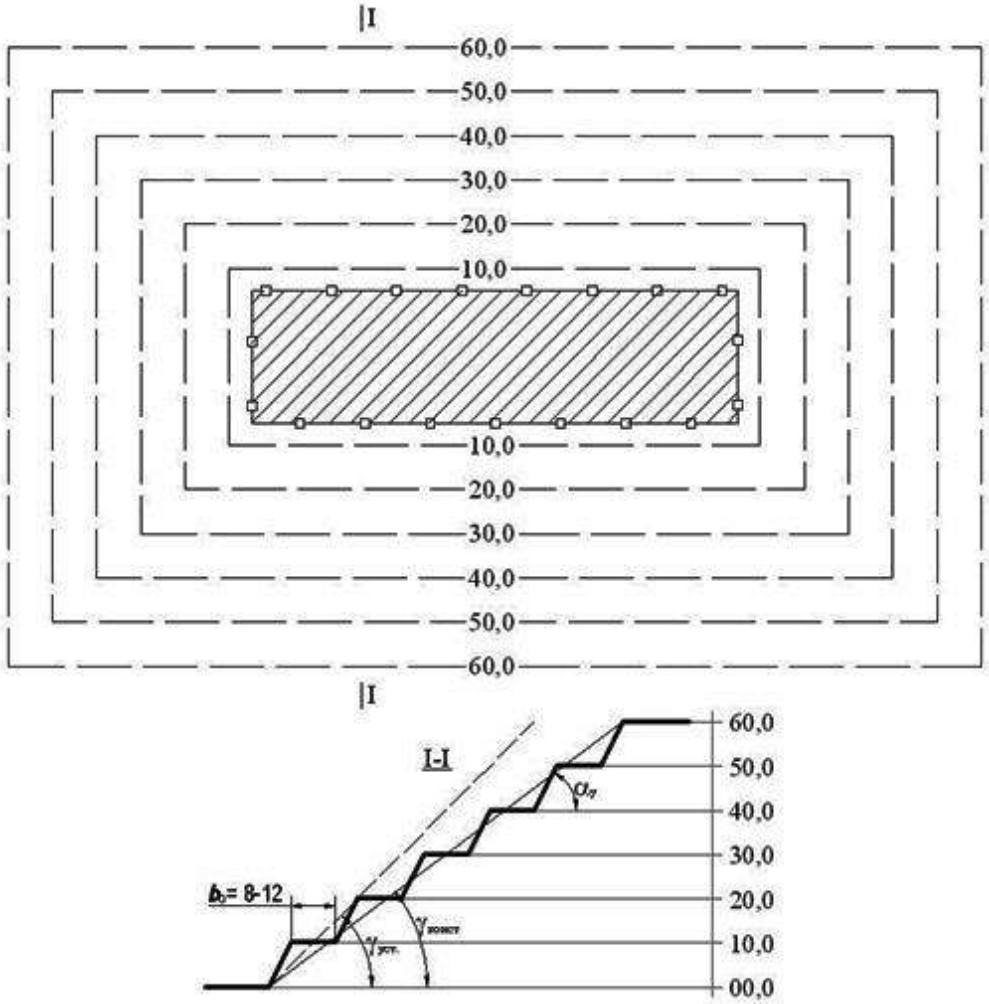


Рис.4.1.Схема расположения в плане верхних бровок уступов

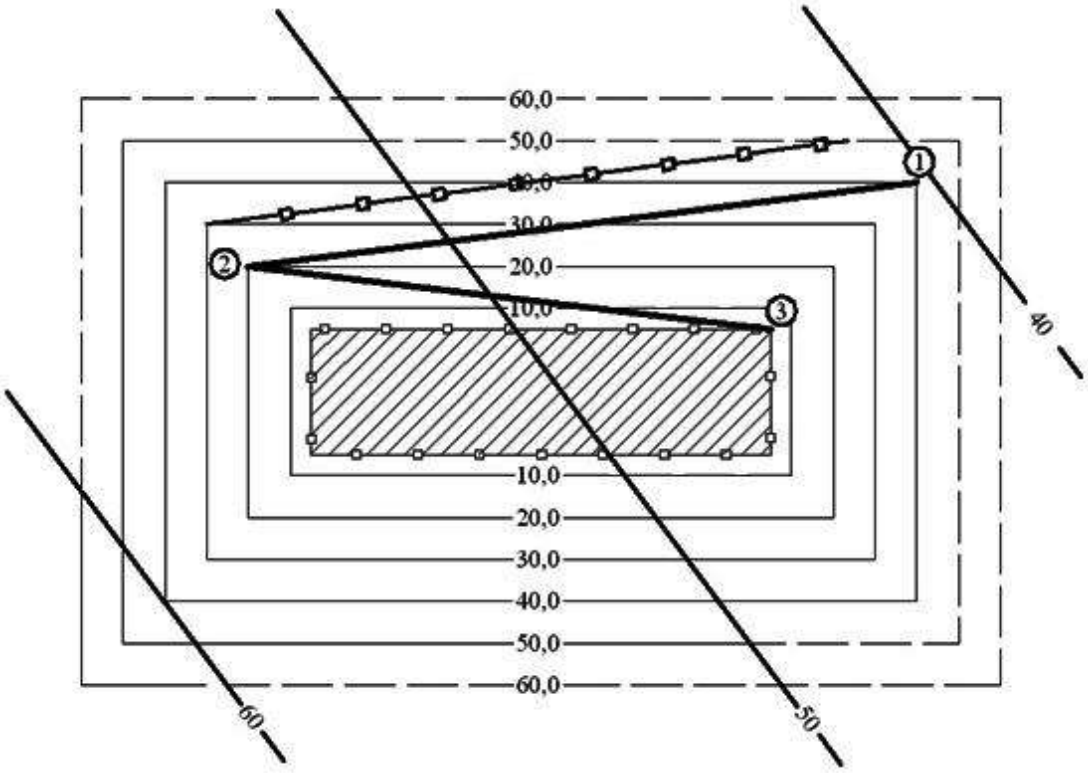


Рис.4.2. Схема расположение трассы в плане

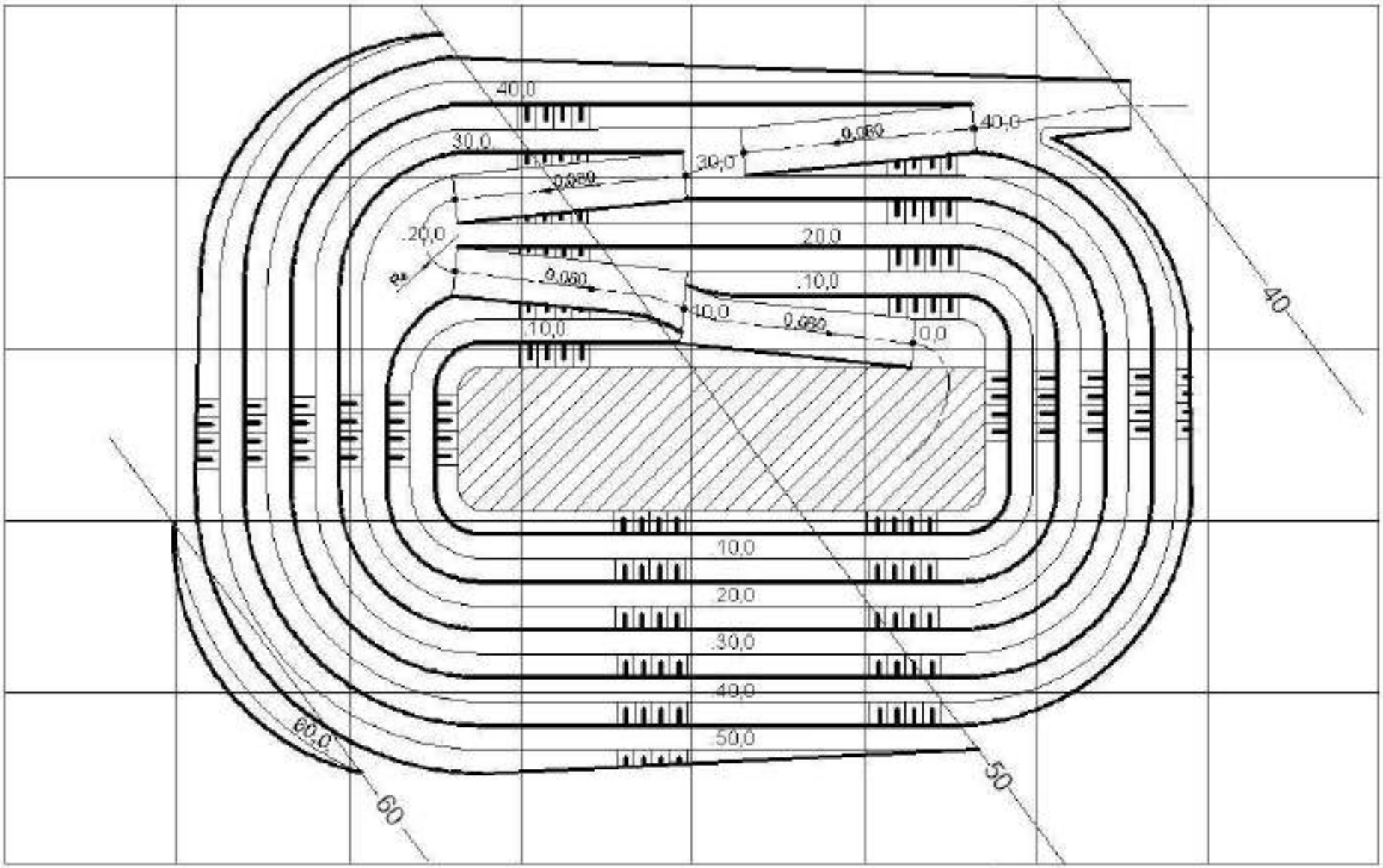


Рис.4.3. План карьера на конец разработки со схемами вскрытия

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

Подготовка рабочих горизонтов. Расчет скорости углубки в карьере

Цель работы

Определить скорость углубкив карьере на основе графика $L = f(T)$ А.И.Арсентьева.

Скорость углубки $У_{Г.}$ (м/год) определяется по формуле:

$$У_{Г.} = \frac{12H_{у}}{T},$$

где $H_У$ – высота уступа, м,

T – время подготовки одного горизонта, мес.

Теоретические положения

Основой методики расчета являются следующие положения:

- подготовка нового горизонта к эксплуатации длится от начала проходки разрезной траншеи на вышележащем горизонте до начала проходки разрезной траншеи на нижележащем;
- к началу расширения разрезной траншеи необходимо, чтобы на смежном с подготавливаемым вышележащем горизонте была образована рабочая площадка не меньше минимальной ширины, принятой проектом на разработку;
- минимальная длина разрезной траншеи должна быть равной сумме длин экскаваторного блока и участка опережения, обеспечивающего возможность одновременной разноски и дальнейшей проходки разрезной траншеи;
- расчетное время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется с учетом времени совмещения работы экскаваторов, проходящим вскрывающую выработку и ее расширяющим.

5.1. Условные обозначения к работе:

$H_У$ – высота уступа, м;

$L_б$ – длина экскаваторного блока, м;

$L_о$ – допустимое минимальное расстояние между экскаватором, проходящим траншею, и экскаватором, расширяющим ее, м (50-100);

$L_п$, $L_т$ – длина тупикового (петлевого) разворота: для ж.д. путей, м (130-150); для автодорог, м (30-50);

$L_{тр}$ – длина разрезной траншеи, м;

$L_В$ – длина въездной траншеи на горизонт подготовки, м;

φ – угол откоса рабочего борта, град.;

$B_{рп}$ – ширина рабочей площадки, м;
β – угол направления углубки, град.;
α – угол откоса уступа, град.;
$B_{тр}$ – ширина дна разрезной траншеи, м;
$Q_{тр}$ – производительность экскаватора при проходке разрезной траншеи, м^3/мес.;
$Q_{э}$ – производительность экскаватора при расширении разрезной траншеи, м^3/мес.;
$V_{т}$ – скорость проходки разрезной траншеи, м/мес.;
$V_{о}$ – скорость расширения разрезной траншеи, м/мес.;
i – уклон въездной траншеи, в тысячных;
M – число экскаваторов, работающих на расширении разрезной траншеи (не считая траншейных экскаваторов), единиц;
k – количество экскаваторных блоков на горизонте, необходимых для расширения вскрывающей выработки, единиц.

5.2. Порядок выполнения работы

Все графические построения выполняются на миллиметровой бумаге.

В варианты расчетов положены два определяющих признака:

1)способ вскрытия;

2)схема вскрытия.

Примечание: Расчетные схемы приведены в таблице. 5.1 (см.рис. 5.1).Параметры схем приведены в приложении 5.

Таблица 5.1Расчетные схемы

Способ вскрытия – вскрывающая выработка	Схема вскрытия (форма трассы):	
	поступательная	тупиковая (петлевая)
Разрезная траншея	Схема А	Схема В

Для построения схем А и В (рис. 5.1 и 5.2) рассчитываются скорости:
- проходки въездной траншеи;
- проходки разрезной траншеи;
- расширения разрезной траншеи.

Объем$V_{тр}$, м^3, время проходки$t_{с}$, мес. и длина въездной траншеи$L_{в}$, м, на горизонте определяются:

$$V_{тр} = \frac{H_y^2}{i}\left(\frac{B_{тр}}{2} + \frac{H_y}{3\operatorname{tg}\alpha}\right), \quad (5.1)$$

$$t_{с} = \frac{V_{тр}}{Q_{тр}}, \quad (5.2)$$

$$L_{В} = \frac{H_y}{i}. \quad (5.3)$$

Скорости проходки разрезной траншеи ($V_т$) и ее расширения ($V_о$), м/мес., определяются по формулам:

$$V_т = \frac{Q_{тр}}{H_у\left(B_{тр} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)}, \tag{5.4}$$

$$V_о = \frac{M \cdot Q_э}{H_у^2 \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}. \tag{5.5}$$

Округляется до целого в меньшую сторону $\left\lfloor M = \frac{Q_{ТР} \cdot H_у \cdot \left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э \cdot \left(B_{ТР} + H_у \cdot \operatorname{ctg}\alpha\right)} \right\rfloor$ (5.6)

Угол откоса рабочего борта(φ) определяется по формуле:

$$\operatorname{arctg}\varphi = H_у / \left(B_{РП} + H_у \operatorname{ctg}\alpha\right). \tag{5.7}$$

Примечание. Максимально возможное число экскаваторов *(M)*на расширении траншеи определяется из условия, что скорость проходки траншеи ($V_т$) должна быть более или равна скорости ее расширения *($V_о$):*

$$V_т \geq V_о.$$

5.2.1. РАСЧЕТЫ ПО СХЕМЕ А

Обобщенный график*L = f(T)* организации работ по вскрытию и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншеей и поступательными съездами (рис. 5.1)рассчитывается по временным интервалам.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации определяется суммой временных отрезков, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \tag{5.8}$$

где t_1 – время ввода первого экскаватора на расширении вскрывающей выработки (разрезной траншеи), мес.:

$$t_1 = \frac{L_б + L_о}{V_т}, \tag{5.9}$$

t_2– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину экскаваторного блока, мес.:

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_б\left(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta\right)}{Q_э}, \tag{5.10}$$

t_3– время расширения вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на длину, необходимую для проходки въездной траншеи на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_3 = \frac{L_в + L_п}{V_о}, \tag{5.11}$$

где t_4 – время проходки вскрывающей выработки (разрезной траншеи) на нижележащем (подготавливаемом) горизонте, мес.:

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - (L_в + L_п)}{V_о} - \frac{(k-1)L_б - (L_в + L_п)}{V_t}. \tag{5.12}$$

Количество экскаваторных блоков (k) на горизонте определяется по выражению

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в + L_п}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \tag{5.13}$$

Примечание. При железнодорожном транспорте вследствие обменно-транспортных операций на одном уступе допускается не более двух экскаваторов, при автомобильном – не более четырех-пяти.

5.2.2. РАСЧЕТЫ ПО СХЕМЕ **В**

На рис. 5.2 показан обобщенный график $L = f(T)$ организации работ при вскрытии и подготовке нового горизонта к эксплуатации разрезной траншей и внутренними тупиковыми съездами, расположенными на нерабочем борту карьера.

Время подготовки нового горизонта к эксплуатации, мес.:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \tag{5.14}$$

Из схемы (рис. 5.2) можно найти, что

$$t_1 = \frac{L_б + L_T + L_о}{V_T}, \tag{5.15}$$

где $L_Т$ – длина тупикового разъезда при железнодорожном транспорте или же петлевого заезда при автомобильном транспорте, м;

$$t_2 = H_у^2 \cdot \frac{L_Б(\operatorname{ctg}\varphi + \operatorname{ctg}\beta)}{Q_э}; \tag{5.16}$$

$$t_з = \frac{L_в}{V_о}; \tag{5.17}$$

$$t_4 = \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_О} - \frac{(k-1)L_б - L_в}{V_т}; \tag{5.18}$$

Округляется до целого в большую сторону

$$k = \left\lceil \frac{L_{тр} + L_в}{L_б} \right\rceil, \text{ ед.} \tag{5.19}$$

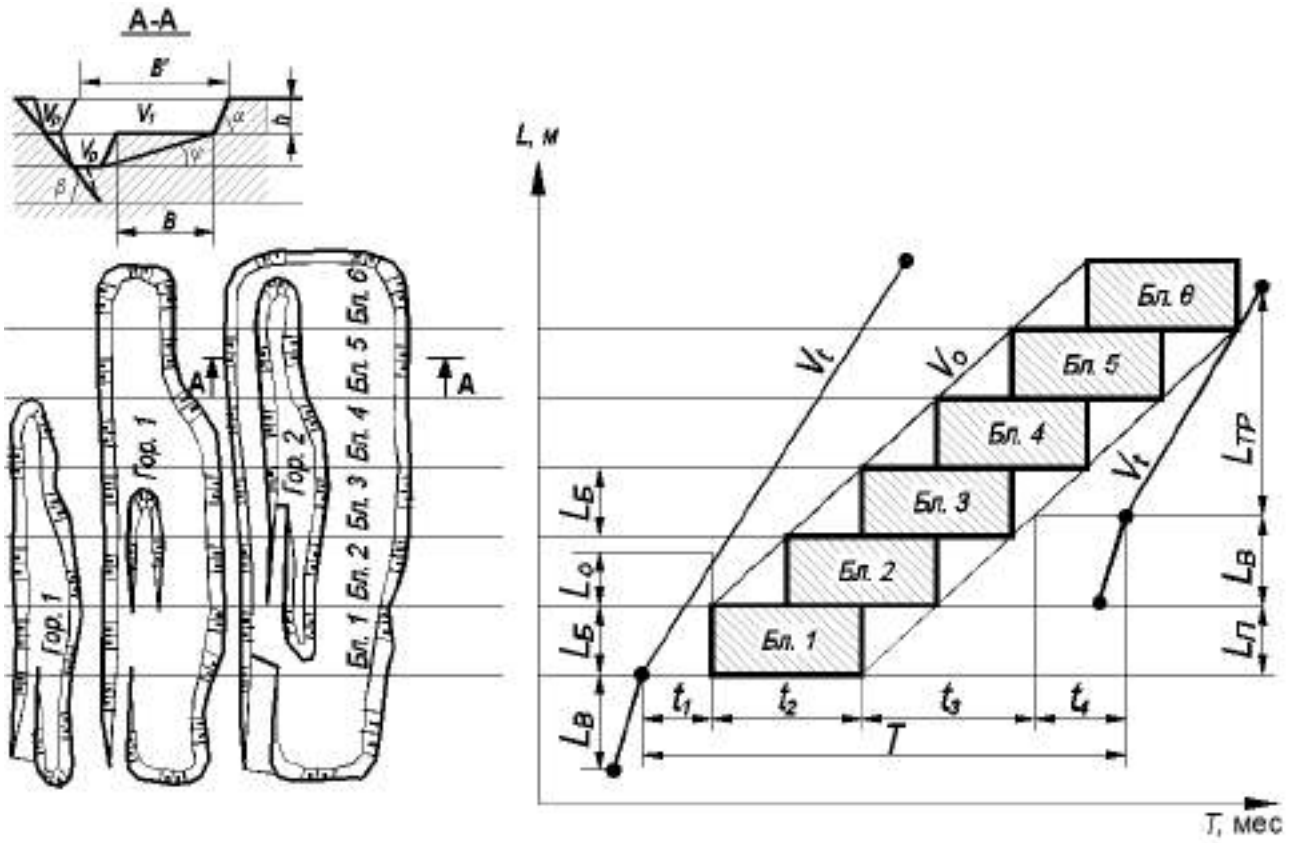


Рис. 5.1. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами поступательной формы трассы (схема А)

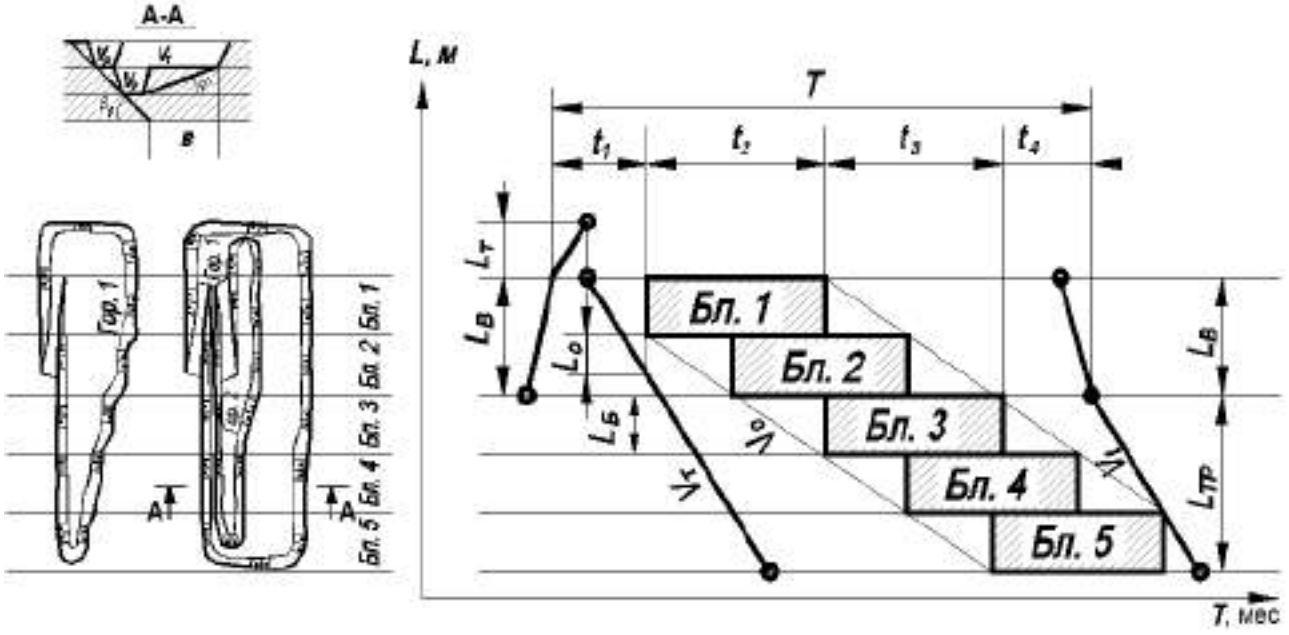


Рис. 5.2. Расчет скорости углубки при вскрытии съездами тупиковой (петлевой) формы трассы (схема В)

Форма отчетности

По результатам занятия представляется отчет, содержащий цель работы, краткую теорию рассматриваемого вопроса, расчеты, необходимые для построения графика $L = f(T)$, и собственно график подготовки нового горизонта для рассмотренных схем.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Расчет вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезных ископаемых

Цель работы

Определить величину запасов полезных ископаемых и установить их соответствие нормативным.

Теоретические положения

Карьер – предприятие по добыче полезного ископаемого открытым способом. Вскрытые подготовленные и готовые запасы обеспечивают надежную и стабильную работу предприятия.

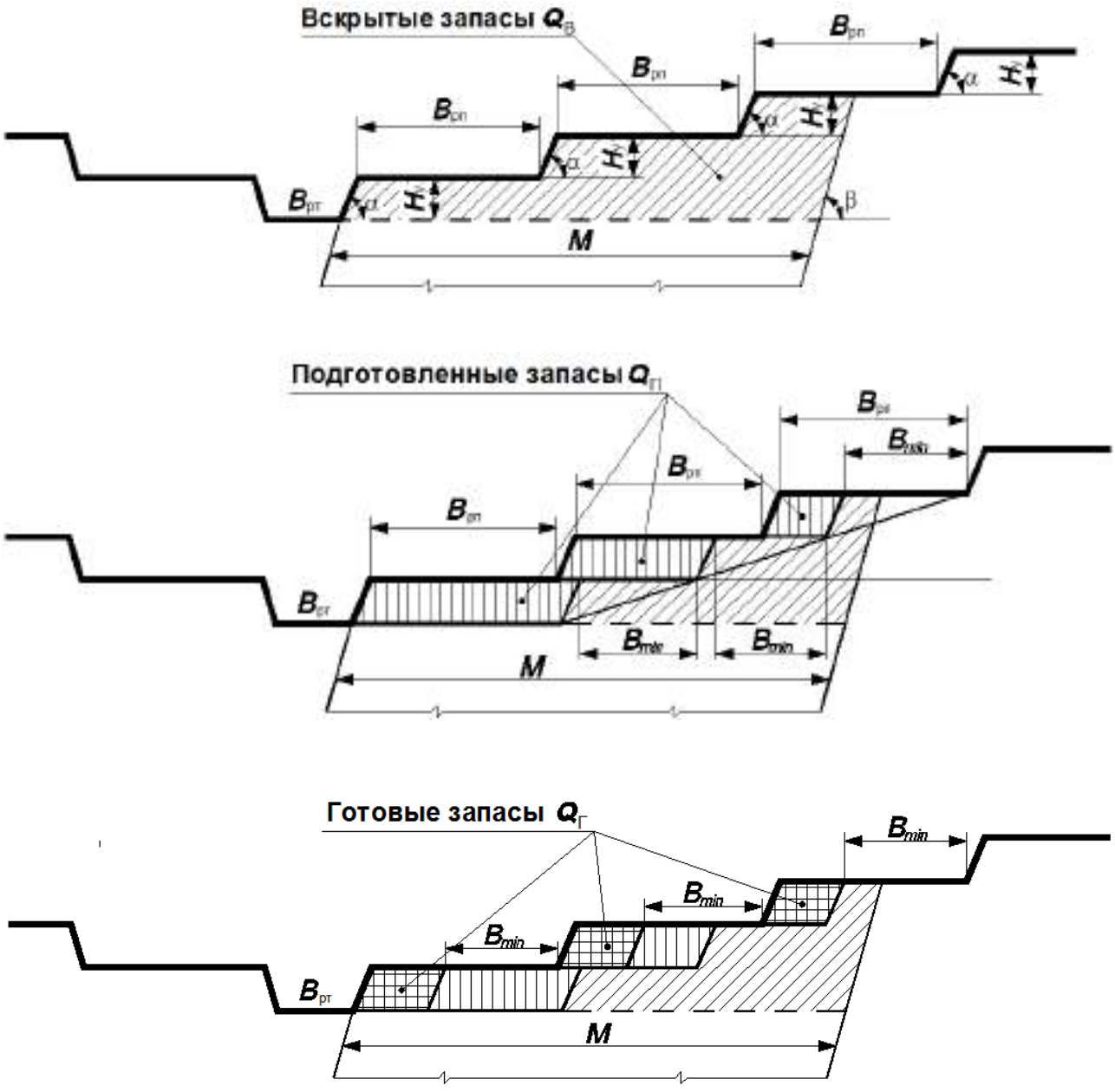


Рис. 6.1. Вскрытые запасы, подготовленные запасы, готовые запасы

Вскрытые запасы– запасы, к которым обеспечен доступ транспорта. Величина их достигается опережающим ведением вскрышных работ. В работе карьера обеспечивают независимость ведения вскрышных и добычных работ.

Подготовленные запасы– запасы, которые могутбыть взяты без нарушения технологии открытых горных работ при оставлении на рабочем борту рабочих площадок минимальной ширины (B_{min}). Величина этих запасов достигается опережающим подвиганием вышележащих уступов. В работе карьера эти запасы обеспечивают независимость подвигания смежных уступов.

Готовые к выемке запасы– высшая категория запасов, это оперативные запасы, которые размещаются на каждом уступе в полосе за пределами минимальной рабочей площадки. Обеспечивают независимость ведения отдельных процессов. Величина их достигается опережающим ведением производственных процессов.

В период эксплуатации в карьере должно быть: вскрытых запасов на 6-8 месяцев его работы; подготовленных как минимум на 3-4 месяца; готовых не менее 2,5 месяцев для рудных месторождений; не менее 2 месяцев на угольных; 1,0-1,5 месяца на месторождениях цветных металлов и стройматериалов.

Исходные данные

См. приложение 6.

Порядок выполнения работы

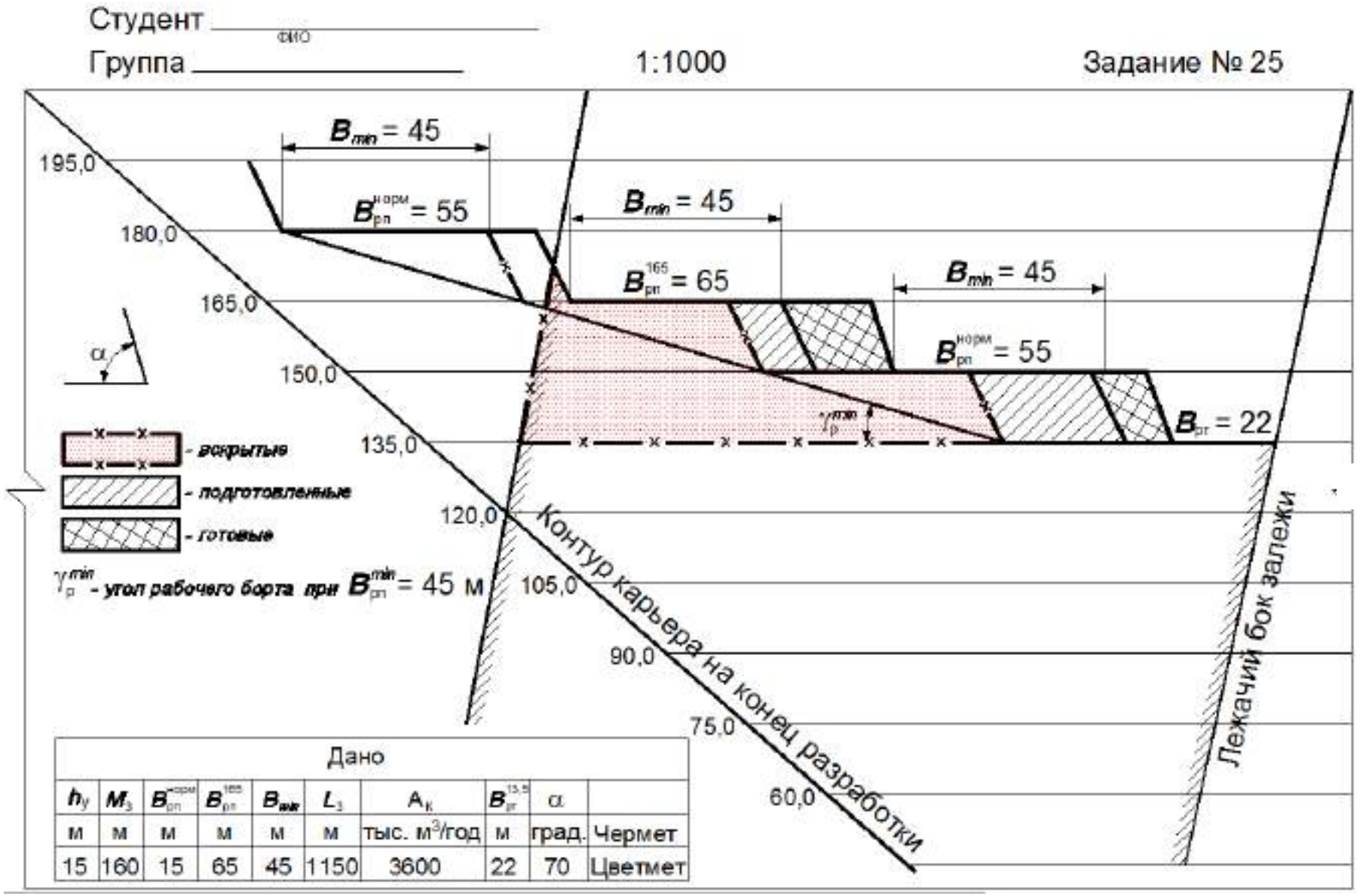
1. Заполнить бланк задания по варианту расчета.
2. Построить контур рудного тела на геологический разрез.
3. Построить рабочий борт карьера по заданным параметрам рабочих площадей.
4. Определить величину запасов по категориям – вскрытые, подготовленные и готовые – (ВПГ)

$$\text{ВПГ} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 12}{A_{\text{к}}}, \text{ мес.}$$

5. Провести сравнение их с нормативными величинами (табл. 6.1)
6. Вывод: соответствуют или не соответствуют нормативным (по каждой категории запасов).

Таблица 6.1 Таблицанормативныхзапасовполезногоископаемого

Категориязапасов	Норматив, мес.
Вскрытые	≥ 6,0
Подготовленные	≥ 3,5
Готовые – по чермету – по цветмету	 ≥ 2,5 ≥ 1,5



Дано									
$h_у$	$M_з$	$B_{рп}^{норм}$	$B_{рп}^{165}$	B_{min}	$L_з$	$A_к$	$B_{рг}^{13,5}$	α	
м	м	м	м	м	м	тыс. м^3/год	м	град.	Чермет
15	160	15	65	45	1150	3600	22	70	Цветмет

Рис. 6.2. Пример

Вскрытые запасы, подготовленные запасы, готовые запасы

31

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Вскрытие и система разработки карьерных полей. М., 1981. 278 с.
2. Хохряков В. С. Проектирование карьеров:учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 383 с.
3. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с., ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Исходные данные к практической работе №1

Вариант	Кол-во уступов, шт.	Примыкание	Ширина транспортной бермы, м	Ширина бермы очистки, м	Высота уступа, м	Уклон, ‰.	Ширина дна, м	Угол откоса уступа, град.	Кол-во сечений	Исследуемый параметр
№	n		$b_{тр}$	$b_о$	h	i	B	β		
1	3	Однобортовое	15	10	15	40	20	50	5	$b_{тр}$
2	4		20		10	80	25		4	i
3	3		25		12	100	30		5	β
4	4		15		20	40	20		4	$b_{тр}$
5	3		20		5	130	25	70	5	β
6	4		25	8	12	40	30		4	i
7	3		15		10	100	20		5	$b_{тр}$
8	4		20		15	80	30		4	β
9	3		25		10	100	30		5	i
10	4		15		8	80	20		4	$b_{тр}$
11	3	Двухбортовое	20	Транспортные бермы по обоим бортам траншеи ($b_о = b_{тр}$)	15	80	25	60	5	i
12	4		25		10	80	30		4	β
13	3		15		12	40	20		5	$b_{тр}$
14	4		20		18	100	25		4	β
15	3		25		20	120	30		5	i
16	4		15		12	60	20	80	4	$b_{тр}$
17	3		20		15	80	25		5	i
18	4		25		20	90	25		4	β
19	3		15		10	40	20		5	$b_{тр}$
20	4		20		20	80	25		4	i

Приложение 2

Исходные данные к практической работе № 2

Номер задания	Параметры транспорта				Параметры карьера			
	Масса груза в поезде, $Q_п$	Длина поезда, $l_п$, м	Грузооборот, $Г_р$, т/см,	Уклон съездов, i	Длина карьера по дну, $L_д$, м	Глубина карьера, $H_к$,м	Угол откоса бортов, $\beta_т$	Высота уступа, $H_у$, м
1						216	32°	12
2			18 000	0,030	800	240		
3						192		
4						180		
5	600	110				255	35°	15
6			24000	0,035	1600	225		
7						195		
8						180		
9						240	30°	20
10			30 000	0,040	1200	200		
11						220		
12						160		
13						240	35°	15
14			20000	0,030	1 600	180		
15						255		
16						195		
17						200	32°	20
18	1000	180	40 000	0,040	1800	220		
19						260		
20						180		
21						216	30°	12
22			16 000	0,032	1400	168		
23						180		
24						168		

Приложение 3

Исходные данные к практической работе № 3

Вариант	Категория пород	Марка автосамосвала	Ширина автосамосвала, м	Диаметр колеса, м	Грузонапряженность, млн т/год	Глубина расположения дороги, м	Глубина кювета, м
1	Скальные	КамАЗ-5511	2,50	1,20	Менее 5	до 50	0,5
2	Рыхлые					50-100	
3	Скальные	МЗКТ-75165	3,07	1,40		св. 100	
4	Рыхлые					до 50	
5	Скальные	БелАЗ-7540	4,36	1,60	От 5 до 15	50-100	
6	Рыхлые					100-200	
7	Скальные	БелАЗ-75481	4,40			св. 200	
8	Рыхлые					до 50	
9	Скальные	БелАЗ-7555А	5,24	1,80		50-100	
10	Рыхлые					100-200	0,7
11	Скальные	БелАЗ-75492	5,42			св. 200	
12	Рыхлые					до 50	
13	Скальные	БелАЗ-7514	6,14	2,20		50-100	
14	Рыхлые					100-200	
15	Скальные	БелАЗ-75215	7,78		Более 15	св. 200	
16	Рыхлые					до 50	
17	Скальные	БелАЗ-75215	7,78			50-100	
18	Рыхлые					100-200	
19	Скальные	БелАЗ-75303	6,90			св. 200	
20	Рыхлые					до 50	

Приложение 4

Исходные данные к практической работе № 4

№ п/п	Угол откоса уступа, град. $\alpha_{уст}$	Высотауступа, м $H_у$	Устойчивый угол погашенияборта, $\gamma_{уст}$	Глубина карьера, м $H_к$	Длина залежи, м $L_з$	Мощность залежи, м $M_З$	Уклонсъезда, тысячные, i
1	60	10	35°	80	600	400	0,065
2	60	12	37°	100	700	200	0,080
3	60	15	39°	90	800	60	0,080
4	60	18	43°	136	1200	650	0.090
5	60	10	41°	100	800	400	0,065
6	60	12	39°	120	1100	350	0,070
7	60	15	37°	105	600	400	0,070
8	65	18	43°	144	1150	220	0,080
9	65	10	35°	120	1300	150	0,080
10	65	12	37°	96	1150	350	0,065
11	65	15	39°	120	500	240	0,070
12	65	18	41°	104	1400	450	0,090
13	65	10	43°	90	850	420	0,070
14	65	12	39°	84	1050	180	0.080
15	70	15	37°	90	300	300	0,080
16	70	18	43°	160	1250	400	0,090
17	70	10	37°	70	600	80	0,070
18	70	12	39°	74	450	250	0,065
19	70	15	43°	120	1000	500	0,070
20	70	18	41°	140	1250	250	0,090
21	70	10	39°	90	850	60	0,065
22	70	15	37°	135	950	180	0,080

Приложение 5

Исходные данные к практической работе № 5

№ варианта	$H_у$, м	α, град.	β, град.	$B_{рп}$, м	$L_{тр}$, м	$L_б$, м	$Q_{тр}$, тыс.м^3/год	$Q_э$, тыс.м^3/год	i,тыс.	$B_{тр.}$, м	Расчетная схема
1	10	70	40	45	600	300	500	600	0,080	22	А
2	12	75		50	800	400	600	800	0,080	24	
3	15	60		60	1000	450	800	1000	0,080	24	
4	16	65		45	800	350	600	800	0,080	22	
5	12	70		50	900	400	800	1000	0,080	24	
6	15	75	45	60	1000	450	1000	1200	0,080	24	В
7	10	60		45	700	300	500	600	0,080	22	
8	12	65		50	800	350	600	800	0,080	24	
9	15	70		60	900	450	800	1000	0,080	24	
10	10	75		45	700	350	600	800	0,080	22	
11	12	60	50	50	800	400	800	1000	0,080	24	А
12	15	65		60	1000	450	1000	1200	0,080	24	
13	10	70		45	700	300	500	600	0,080	22	
14	12	75		50	900	400	600	800	0,080	24	
15	15	60		60	1000	450	900	1000	0,080	24	
16	10	65	40	45	800	350	600	800	0,080	22	В
17	12	70		50	1000	450	800	1000	0,080	24	
18	15	75		60	800	400	1000	1200	0,080	24	
19	10	60		45	600	300	500	600	0,080	22	
20	12	65		50	700	350	600	800	0,080	24	
21	15	70	45	60	1000	400	800	1000	0,080	24	А
22	10	75		45	700	300	600	800	0,080	22	
23	12	65		50	800	350	800	1000	0,080	24	

Приложение 6

Исходные данные к контрольной работе №1

№ п/п	Мощность залежи, $M_З$, м	Нормальная ширина раб. площ. $B_{Р.П.}$, м	Ширина раб. площ. на гор. $B^N_{Р.П.}$отм/гор, м	Мин-ним.ширина раб.площ.B_{min}, м	Длина за-лежи$L_З$, м	Произ-вод.карьера по руде$A_к$, тыс. м^3/год	Ширина дна разр. транш.на гор.$B^N_{Р.Т}$отм/гор., м	Угол откоса уступа α,град	Вид добываемого п. и.
1	100	40	50/120	35	900	1800	20/105	60	цвет. металл.
2	ПО	40	55/135	35	950	2000	20/105	60	цвет. металл.
3	120	45	55/120	40	1000.	2200	20/105	60	цвет. металл.
4	130	45	50/135	40	1000	2400	20/120	60	цвет. металл.
5,	140.	50	55/135	40	1050	2600	20/120	60	цвет. металл.
6	150	50	60/150	45	1050	2800	22/120	65	цвет. металл.
7	160	55	60/150	45	950	3000	22/135	65	цвет. металл.
8	150	55	65/150	45	1000	3200	22/135	65	цвет. металл.
9	160	60	65/150	50	1100	3200	22/135	65	цвет. металл.
10	150	60	70/150	50	1000	3300	22/120	65	цвет. металл.
11	160	60	75/135	55	1150	3600	24/120	70	цвет. металл.
12	100	40	50/120	35	900	2400	20/105	70	черная металл.
13	ПО	40	55/120	35	950	2600	20/105	70	черная металл.
14	120	45	55/135	40	1000	2800	20/105	70	черная металл.
15	130	45	55/135	40	1000	3000	22/120	70	черная металл.
16	140	50	60/150	40	1100	3200	22/120	70	черная металл.
17	150	50	60/150	45	1150	3400	22/120	75	черная металл.
18	160	55	65/150	45	1000	3600	22/135	75	черная металл.
19	130	55	65/165	45	1050	3800	24/135	75	черная металл.
20	140	60	70/165	50	1100	4000	24/135	75	черная металл.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 2

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссиией горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОСОБЕННОСТИ БЕСТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ, КОНСТРУКЦИЯ ДРАГЛАЙНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИХ РАБОТЫ 4

1.1. Особенности бестранспортных систем разработки 4

1.2. Особенности конструкции экскаваторов-драглайнов 5

1.3. Технологические схемы работы при бестранспортной системе разработки 7

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 9

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ 9

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 10

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 10

Приложение 1 11

Приложение 2 13

ВВЕДЕНИЕ

Практическая работа «Расчет параметров бестранспортной системы разработки» выполняется студентами в процессе изучения дисциплины «Технология и комплексная механизация открытых горных работ».

В течение работы студенты изучают задачу, методику расчетов и исходные данные, выполняют расчеты и графические построения, производят анализ полученных результатов и оформляют отчет по работе.

Задачи преподавателя:

- ознакомить студентов с задачей, стоящей перед ними, а также с порядком и методикой ее решения;
- обеспечить всех студентов исходными данными для расчетов;
- организовать выполнение каждым студентом лабораторной работы в соответствии с индивидуальным заданием;
- контролировать ход выполнения студентами лабораторной работы;
- принять отчет о работе.

Цель работы: закрепление и углубление теоретических знаний студентов, необходимых для выполнения расчета параметров бестранспортной системы разработки.

Задачи работы:

- изучить алгоритм и содержание расчетов параметров бестранспортной системы разработки, используя данное пособие и литературу, приведенную в списке;
- освоить методику расчетов, связанных с определением параметров бестранспортной системы разработки;
- изучить влияние на параметры бестранспортной системы разработки основных определяющих факторов.

Методические указания предназначены для студентов специализации «Открытые горные работы» (ОГР) специальности 130400 – «Горное дело», изучающих дисциплину «Технология и комплексная механизация открытых горных работ».

1. ОСОБЕННОСТИ БЕСТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ, КОНСТРУКЦИЯ ДРАГЛАЙНОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ИХ РАБОТЫ

1.1. Особенности бестранспортных систем разработки

Бестранспортные системы разработки месторождений характеризуются тем, что вскрышные породы при их использовании перемещаются экскаваторами или отвалообразователями в выработанное пространство - во внутренние отвалы.

Перемещение пород вскрыши из забоя в отвалы при бестранспортных системах разработки производится поперек фронта работ, т.е по кратчайшему расстоянию. В связи с этим бестранспортные системы разработки являются наиболее простыми и экономичными.

Системы с перемещением пород вскрыши в выработанное пространство могут применяться только при разработке горизонтальных или пологих месторождений, представленных пластами или пластообразными залежами с углами падения не превышающими 10-15 градусов. Глубина залегания пластов, как правило, не превышает 40-60 метров, а их мощность обычно не более 5-20 метров. Разработка таких месторождений ведется сразу на всю мощность залежей с постоянной или слегка возрастающей рабочей зоной. Именно при перечисленных условиях появляется возможность размещения пород вскрыши во внутренние отвалы.

Карьерные поля при разработке горизонтальных и пологих месторождений имеют, как правило, большие размеры. Их длина может достигать 5 километров, а ширина от 0,5 до 2 километров. Карьерные поля имеют вытянутую форму.

Кроме того, при этих системах разработки существует жесткая связь между вскрышными и добычными работами, так как вскрываемые запасы ограничиваются рабочими параметрами и мощностью вскрышных и отвальных машин.

Применение бестранспортных систем разработки возможно лишь тогда, когда имеется оборудование с рабочими параметрами, достаточными для перевалки породы через добычные уступы в выработанное пространство.

При бестранспортных системах разработки для перемещения породы из забоя до отвала могут применяться экскаваторы-драглайны, вскрышные экскаваторы-механические лопаты или консольные отвалообразователи.

В последние десятилетия наибольшее распространение при бестранспортных системах разработки получили драглайны. В связи с этим в данных методических указаниях рассмотрены технологические схемы, предусматривающие использование экскаваторов-драглайнов.

1.2. Особенности конструкции экскаваторов-драглайнов

Важной особенностью экскаваторов-драглайнов является то, что их ковш подвешен к стреле на стальных канатах (рис.1.1). Вместимость ковша крупных драглайнов достигает 100-168 кубометров, а длина стрелы 100-120 метров.

Драглайны обычно имеют шагающий ход, однако относительно небольшие модели могут иметь гусеничный ход.

Наклон стрелы драглайна обычно составляет 25-35 градусов.

Рис.1.1. Шагающий экскаватор-драглайн ЭШ-20.90

Ковш драглайна перемещается по забою с помощью тягового и подъемного канатов. При этом он отделяет (срезает) стружку породы и заполняется. Затем ковш поднимают вверх. Угол между горизонталью и днищем ковша при его подъеме регулируется изменением длины разгрузочного каната. Разгрузка ковша происходит при свободном опускании тягового каната.

Длительность черпания зависит в основном от крепости породы и толщины стружки, срезаемой драглайном. При увеличении толщины стружки сокращается путь, проходимый ковшом при черпании, но вследствие повышенного сопротивления резанию уменьшается скорость перемещения ковша.

Минимальная толщина стружки должна быть такой, чтобы ковш заполнялся за одно черпание. В мягких грунтах толщина стружки может быть больше, а в крепких меньше.

Продолжительность поворота драглайна зависит, главным образом, от места выгрузки породы. В некоторых случаях разгрузка ковша может совмещаться с поворотом и происходить без остановки экскаватора, поворачивающегося в этом случае на 360 градусов без остановки.

Многолетний опыт эксплуатации крупных шагающих экскаваторов-драглайнов на горных предприятиях мира свидетельствует о высокой эффективности этих машин.

Важнейшим их преимуществом является то, что, имея большую длину стрелы, они могут осуществлять не только выемку, но и транспортирование вскрышных пород непосредственно во внутренние отвалы.

Благодаря возможности экскавации как нижним, так и верхним черпанием обеспечивается разработка месторождений с большой мощностью вскрыши. Низкое удельное давление на грунт при работе и передвижении позволяет осуществлять эксплуатацию экскаватора при низкой несущей способности грунтов.

Эти особенности крупных драглайнов, наряду с их высокой производительностью и надежностью, обеспечили значительное распространение таких машин на карьерах и разрезах мира.

Только на угледобывающих предприятиях Российской Федерации, где драглайны эксплуатируются более пятидесяти лет, ими без использования транспорта перемещается около 20 процентов от общего объема всей горной массы. Крупные экскаваторы-драглайны используются на горных предприятиях США, Австралии, Канады, Китая и ряда других стран.

Основной тенденцией в развитии драглайнов длительное время являлось увеличение вместимости ковша и длины стрелы. Однако в последние годы основные технологические параметры крупных драглайнов, по-видимому, достигли своего предела, определяемого экономической целесообразностью.

Основные направления развития экскаваторов-драглайнов в настоящее время связаны с совершенствованием их конструкции для более полного использования возможностей этой техники.

Это, в первую очередь, объясняется тем, что увеличенные затраты на особо крупные экскаваторы не компенсируются пропорциональным увеличением их производительности за границами некоторого предельного значения мощности машины.

Накопленный опыт использования крупных шагающих экскаваторов показал, что при бестранспортных системах разработки их применение позволяет в 2-3 раза снизить затраты на производство 1 $м^3$ вскрыши и в 3-4 раза уменьшить трудоемкость вскрышных работ.

1.3. Технологические схемы работы при бестранспортной системе разработки

Различают:

- простую бестранспортную систему разработки с однократной непосредственной перевалкой породы из вскрышного уступа во внутренние отвалы;

- усложненные бестранспортные системы разработки с многократной перевалкой вскрыши, которые используются в том случае, когда рабочие размеры вскрышного экскаватора оказываются недостаточными для непосредственного размещения вскрыши в выработанном пространстве.

В зависимости от структуры механизации, моделей вскрышного и отвального экскаваторов и места их расположения в рабочей зоне, числа подуступов, отрабатываемых с перевалкой вскрыши, размеров и формы отвальной рабочей зоны и степени подвалки добычного уступа бестранспортные системы разработки подразделяют на технологические схемы.

Так, простая бестранспортная система разработки включает целый ряд схем экскавации, наиболее распространенными из которых сегодня являются следующие:

- схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород одним уступом и размещении драглайна на верхней площадке вскрышного уступа;

- схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород двумя подуступами и размещении драглайна на подуступе.

Схема экскавации драглайном при разработке вскрышных пород одним уступом предусматривает размещение драглайна на верхней площадке вскрышного уступа. Он смещен от бровки добычного уступа на значительное расстояние. Зависимости между рабочими параметрами драглайна и высотой отвала при этой схеме устанавливаются только по радиусу разгрузки. Высота разгрузки драглайна с учетом расположения его на кровле вскрышного уступа позволяет иметь отвал большой высоты.

При расчете бестранспортных систем разработки обычно решаются задачи двух видов.

В первом случае по заданным параметрам экскаватора находят наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа *H.*

Во втором случае для заданных параметров системы разработки подбирают модель экскаватора (т.е. величину радиуса разгрузки экскаватора R_p).

Расстояние от оси драглайна до верхней бровки добычного уступа l_1 определяется по формуле:

$$l_1 = b + c + Б + H\ ctg\ \alpha_в + l_2\ , \qquad (1.1)$$

где b - половина диаметра опорной базы экскаватора, м;

c - безопасное расстояние, принимаемое в зависимости от мощности пласта и модели экскаватора, м (обычно с=1-3 метра);

$Б$ - ширина бермы безопасности, м;

H - высота вскрышного уступа, м;

$\alpha_в$ - угол откоса вскрышного уступа, градус;

l_2 - ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м.

Если требуется по заданным параметрам экскаватора найти наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа H, используют зависимость ее от радиуса разгрузки экскаватора R_p:

$$H = (R_p - b - c - Б - l_2 - h\,ctg\,\alpha - a - A/4) / (ctg\,\alpha_в + к\,ctg\,\beta), \qquad (1.2)$$

где R_p - радиус разгрузки экскаватора, м;

h - высота добычного уступа, м;

α - угол откоса добычного уступа, градус;

A - ширина экскаваторной заходки, м;

$к$ - остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале;

β - угол откоса отвала, градус

Если требуется для заданных параметров системы разработки подобрать модель экскаватора-драглайна, определяют необходимую величину его радиуса разгрузки по формуле:

$$R_p = H(ctg\,\alpha_в + к\,ctg\,\beta) + b + c + Б + l_2 + h\,ctg\,\alpha + a + A/4. \qquad (1.3)$$

Схема экскавации драглайном при разработке вскрыши двумя подуступами позволяет при тех же рабочих параметрах драглайна разрабатывать вскрышу большей мощности. Эта схема может быть применена только при использовании мощных драглайнов, которые могут разрабатывать уступы выше уровня стояния. Однако высота верхнего подуступа не должна быть более 0,3-0,4 высоты разгрузки драглайна.

Усложненные бестранспортные системы разработки с многократной перевалкой вскрыши используются в том случае, когда рабочие размеры вскрышного экскаватора оказываются недостаточными для непосредственного размещения вскрыши в выработанном пространстве. При этих системах разработки порода во внутренние отвалы перемещается в несколько приемов, т.е. необходима переэкскавация породы.

Различают много вариантов схем усложненных бестранспортных систем разработки. При некоторых вариантах вскрышные породы перемещается во временный предотвал и переэкскавируется одним драглайном. Часто при таких схемах драглайн устанавливается на предотвале.

Одним из вариантов таких схем является схема, получившая название «Райчихинская» .

При других вариантах схем порода перемещается во временный предотвал одним драглайном, а переэкскавируется далее другим драглайном. Одним из вариантов таких схем является «Украинская» схема.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с особенностями работы драглайнов при бестранспортных системах разработки.

2. Ознакомиться с техническими характеристиками экскаваторов-драглайнов.

3. Изучить технологические схемы работы драглайнов при бестранспортных системах разработки.

4. Выполнить расчет параметров бестранспортной системы разработки.

5. Исследовать зависимость параметров бестранспортной системы разработки от определяющих их факторов.

6. Начертить схему работы драглайна.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. По учебнику и методическим указаниям ознакомиться с особенностями конструкции, техническими характеристиками и технологическими схемами работы драглайнов.

2. Ознакомиться с исходными данными, приведенными в прил. 1 (в соответствии с заданным преподавателем вариантом).

3. С использованием методики, приведенной в разделе 1.2, выполнить расчет параметров бестранспортной системы разработки:

- по заданным параметрам экскаватора найти наибольшую допустимую в данных условиях высоту вскрышного уступа (с использованием формулы 1.2);

- для заданных параметров системы разработки подобрать модель экскаватора-драглайна (с использованием формулы 1.3 и приложения 2);

4. Исследовать зависимость параметров бестранспортной системы разработки от определяющих их факторов (изменяя высоту добычного уступа h в формуле 1.2 и высоту вскрышного уступа H в формуле 1.3 в соответствии с заданием, приведенным в приложении 1).

5. Сделать вывод о степени влияния на параметры бестранспортной системы разработки определяющих факторов и построить графики $H=f(h)$ и $R_p=f(H)$.

6. Начертить на листе формата А4 схему работы драглайна, при бестранспортной системе разработки с размерами, заданными в приложении 1 и полученными расчетом.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Какие Вы знаете основные конструктивные особенности экскаваторов-драглайнов?

2. Какие схемы работы драглайнов при бестранспортой системе разработки Вы знаете?

3. Когда и почему необходимо применять усложненные бестранспортные системы разработки?

4. Назовите основные особенности «Райчихинской» технологической схемы разработки.

5. Назовите основные особенности «Украинской» технологической схемы разработки.

6. От каких факторов зависят параметры бестранспортной системы разработки?

7. Как определяется по заданным параметрам экскаватора-драглайна наибольшая допустимая в данных условиях высота вскрышного уступа при простой бестранспортной системе разработки?

8. Как подбирают экскаватор-драглайн для конкретных условий разработки месторождения при простой бестранспортной системе разработки?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ И РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технология открытых горных работ. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 472 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К.Ю. Технологические процессы открытых горных работ.- М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. 448 с.

Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю., Щадов М. И. Справочник по открытым горным работам. М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2010. 700 с.

Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей: учебник для вузов. М.: Недра, 1981. 278 с.

Проектирование карьеров: учебник /К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, В. В. Хронин, В. С. Коваленко. 3-е изд., перераб. М.: Высшая школа, 2009. 694 с.

Ржевский В. В. Открытые горные работы: учебник для вузов. 1 и 2 ч. М.: Недра, 1985. 549 с.

Хохряков В. С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для техникумов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1991. 336 с.

Хохряков В. С. Проектирование карьеров: учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1992. 383 с.

Приложение 1

Исходные данные для расчетов

Показатель	Обозначение	Вариант											
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Модель драглайна	–	ЭШ-11.75						ЭШ-15.100					
Высота добычного уступа, м	h	5	10	10	9	7	8	7	8	5	8	7	9
Половина диаметра опорной базы экскаватора, м	b	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25
Безопасное расстояние, м	c	1	2	1	2	2	1	3	3	2	2	3	3
Ширина бермы безопасности, м	$Б$	4	5	3	4	3	4	5	7	8	4	5	6
Угол откоса вскрышного уступа, град.	$\alpha_и$	50	55	53	56	54	57	57	56	55	53	53	58
Ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м	l_2	5	4	5	5	4	3	5	6	7	3	5	6
Угол откоса добычного уступа, град.	α	60	65	60	55	60	65	65	60	55	65	60	55
Ширина экскаваторной заходки, м	A	18	18	16	17	16	18	19	18	17	18	17	18
Остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале	$к$	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,5
Угол откоса отвала, град	β	30	35	32	30	35	34	34	35	32	34	35	33
Высота вскрышного уступа, м	H	10	15	12	12	11	10	15	12	10	14	12	15
Варианты высоты вскрышного уступа, м	H_1	8	7	6	7	6	7	7	8	6	9	7	8
	H_2	9	8	7	8	7	9	8	9	7	10	9	9
	H_3	11	9	8	9	8	10	10	11	8	12	10	11
	H_4	12	11	10	11	10	11	11	12	10	13	11	12
Варианты высоты добычного уступа, м	h_1	6	8	9	7	8	7	5	6	7	5	4	5
	h_2	7	9	10	8	9	8	6	7	8	6	5	6
	h_3	8	10	11	9	10	9	7	8	9	7	6	7
	h_4	9	11	12	10	11	10	8	9	10	8	7	8

Исходные данные для расчетов

Показатель	Обозначение	Вариант											
		13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
Модель драглайна	–	ЭШ-20.90						ЭШ-20.100					
Высота добычного уступа, м	h	6	9	8	9	7	5	7	8	6	8	6	9
Половина диаметра опорной базы экскаватора, м	b	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,25	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
Безопасное расстояние, м	c	1	2	1	2	2	1	3	3	2	2	3	3
Ширина бермы безопасности, м	$Б$	4	5	3	4	3	4	5	7	8	4	5	6
Угол откоса вскрышного уступа, град.	$\alpha_и$	52	50	53	55	54	56	57	55	56	53	53	58
Ширина площадки между нижней бровкой вскрышного уступа и верхней бровкой добычного уступа, м	l_2	4	5	4	3	5	4	4	5	6	3	5	6
Угол откоса добычного уступа, град.	α	62	60	61	56	55	62	60	62	57	60	61	55
Ширина экскаваторной заходки, м	A	18	18	16	17	16	18	19	18	17	18	17	18
Остаточный коэффициент разрыхления породы в отвале	$к$	1,4	1,3	1,5	1,3	1,2	1,5	1,4	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5
Угол откоса отвала, град	β	32	35	30	32	35	30	34	30	32	33	35	33
Высота вскрышного уступа, м	H	10	15	12	12	11	10	15	12	10	14	12	15
Варианты высоты вскрышного уступа, м	H_1	8	7	6	7	6	7	7	8	6	9	7	8
	H_2	9	8	7	8	7	9	8	9	7	10	9	9
	H_3	11	9	8	9	8	10	10	11	8	12	10	11
	H_4	12	11	10	11	10	11	11	12	10	13	11	12
Варианты высоты добычного уступа, м	h_1	6	8	9	7	8	7	5	6	7	5	4	5
	h_2	7	9	10	8	9	8	6	7	8	6	5	6
	h_3	8	10	11	9	10	9	7	8	9	7	6	7
	h_4	9	11	12	10	11	10	8	9	10	8	7	8

Приложение 2

Техническая характеристика шагающих экскаваторов-драглайнов, выпускаемых ОАО «Уралмаш»

Параметры	ЭШ-11.75	ЭШ-20.90	ЭШ-15.100	ЭШ-25.90	ЭШ-20.100	ЭШ-40.100	ЭШ-30.110	ЭШ-65.100	ЭШ-40.130	ЭШ-100.100	ЭШ-100.125
Вместимость ковша, $м^3$…	11	20	15	25	20	40	30	65	40	100	100
Длина стрелы, м……	75	90	100	90	100	100	110	100	130	100	125
Максимальный радиус, м:											
черпания ……	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	94,8	103,3	97,6	123	97,0	118
выгрузки …….	71,4	83,0	91,5	85,4	91,0	94,8	103,3	97,6	123	97,0	118
Максимальная высота разгрузки, м……	30,6	38,5	45,0	37,5	45,0	40,0	46,2	38,5	56,0	43,0	56,0
Максимальная глубина черпания, м……	38,0	42,5	46,0	47,0	46,0	47,0	53,0	46,0	60,0	47,0	52,0
Мощность сетевого двигателя, кВт……..	1250	2500	2500	2500	2500	2×2250	2×2250	4×2250	4×2250	4×3600	4×3600
Масса рабочая, т……	840	1690	1710	1900	1900	3310	3420	5460	5460	10300	10000
Продолжительность рабочего цикла (грунт первой категории), с……	56	60	60	60	62	60	64	60	60	60	60

ЭШ – экскаватор шагающий

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Часть 3

ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Специализация № 3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Автор: Кокунина Р.В., ст. преподаватель, к.т.н.
Ганиев Р.С., ст. преподаватель
Бычков Г.В., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссиией горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
В В Е Д Е Н И Е	4
Р а б о т а 1. Изучение особенностей геологического строения месторождения и оценка полноты сведений в геологическом отчете	5
Р а б о т а 2. Обоснование схем вскрытия и расчет параметров вскрышных работ на месторождениях природных облицовочных камней	9
Р а б о т а 3. Выбор рационального способа подготовки блоков природного камня к выемке	11
Р а б о т а 4. Расчет основных параметров системы разработки месторождений облицовочного камня	19
Р а б о т а 5. Расчет параметров предохранительного взрывания на вскрышных работах и добыче блочного камня	29
Р а б о т а 6. Расчет параметров технологии добычи блоков облицовочного камня невзрывчатыми разрушающими средствами	39
Список литературы	44
Приложения	45

В В Е Д Е Н И Е

Руководство по выполнению практических работ разработано на основании рабочей программы дисциплины "Разработка строительных горных пород" для студентов специализации "Открытая разработка месторождений" специальности 09.05 "Открытые горные работы".

Практические занятия проводятся на 7 семестре.

Основная цель практических занятий заключается в освоении студентами практических навыков в проектировании карьеров по добыче нерудных материалов и блоков природных облицовочных камней с учетом специфических технологических требований к производству горных работ.

При изучении открытой разработки месторождений строительных горных пород предусмотрено широкое ознакомление студентов со специальной литературой. В связи с этим некоторые справочные данные не приводятся в руководстве, а даются ссылки на первоисточник.

В процессе выполнения практических работ студент должен закрепить лекционный материал по основным разделам курса, освоить методы расчета технологических процессов добычи строительных горных пород, используя их при проектировании карьеров и подготовке календарных планов развития горных работ.

Отдельные специальные вопросы, не достаточно полно освещенные в литературе, разработаны более подробно в настоящих методических указаниях. Ряд сложных технологических расчетов предполагается выполнить на индивидуальных занятиях.

Приведенные в настоящем руководстве рекомендации и методики расчетов могут использоваться при подготовке дипломного и курсового проектов по добыче и переработке строительных горных пород.

Работа №1

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОЦЕНКА ПОЛНОТЫ СВЕДЕНИЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ОТЧЕТЕ

Цель работы - научиться работать с геологической документацией, определять целесообразность разработки месторождения на облицовочный камень.

1.1.Исходные данные:

-геологический отчет по одному из месторождений строительных горных пород;

-стандарт "Горная графическая документация.Обозначения условные полезных ископаемых,горных пород и условий их залегания"[13];

-государственные стандарты на блоки и плиты из природного облицовочного камня,нерудные материалы,изделия архитектурно-строительные щебень и песок декоративный [2],[3],[8],[9],[10],[11],[12].

1.2.Инструменты и принадлежности:чертежный инструмент,тетрадь для лабораторных работ.

1.3.Порядок выполнения работы:

1.3.1.Изучить условные обозначения ,необходимые для чтения геологической техдокументации (рис.1.1 и 1.2).

1.3.2.Изучить предоставленный геологический отчет на предмет использования горной породы месторождения в качестве сырья для строительных материалов.

1.3.3.Выписать из отчета в тетрадь основные характеристики горных пород и особенности геологического строения месторождения:

-генетическое происхождение,минеральный и петрографический состав,физико-механические свойства,качественные и технологические характеристики горных пород;

-тектонические особенности,закономерности развития трещиноватости;

-гидрогеологию месторождения;

Графическое изображение	Наименование
С-21 / 354,6 ○ 0,2 / 8,0	Разведочная скважина: слева — номер скважины / абсолют. отметка устья скв.; справа — мощность почв. растит. слоя / мощность рыхлых отложений
С-70 / 357,1 ● 0,2 / 3,3	Вскрышные скважины
С-2Г / 351,8 ◉	Гидрогеологические скважины
———	– по категории А
— — —	– по категории В — Границы запасов
—— · ——	– по категории C_1
⊢—⊣	Проектный контур карьера
	Вскрышной уступ
	Отвальный уступ (откос)
353.5 / 353.5 327.7	Добычной уступ (подуступ) по блочному камню и отметка верхнего основания
350(347)	Изогипсы кровли полезной толщи горных пород в скобках - свежих, за скобкой - затронутых выветр.
3	Изолинии мощности рыхлой вскрыши

Рис. 1.1. Условные обозначения, применяемые в геологической документации

Условное обозначение	Наименование
	Дресва
	Песчаник средне-зернистый
	Слой почвенно-растительный
	Известняк
доломит	Доломит
	Гранит в общем виде
	Мрамор
	Серпентинит

Рис. 1.2. Условные обозначения строительных горных пород

-горно-технические условия разработки месторождения,
-запасы полезного ископаемого.

Материал изложить кратко, без излишних подробностей.

1.3.4.По данным геологического отчета определить:

-основные области использования основной и попутно добываемых горных пород,

- соответствие горной породы качественным требованиям получаемых из нее строительных материалов,
- блочность и декоративность (для пород, рекомендуемых в качестве природного облицовочного камня),
- конъюнктурный спрос на внутреннем и внешнем рынке. Если это не указано в отчете, изложите свои соображения по имеющимся у Вас сведениям.
- нанести на геологическом плане направления основных систем трещиноватости.

1.3.5.Оцените качество выполненного геологического отчета, его достоинства и недостатки. Укажите какие данные следовало бы привести дополнительно в отчете для полной характеристики горной породы, как сырья для строительных материалов.

1.4.Форма отчетности. Представляется отчет по п.п. 1.3.1 - 1.3.5.

Работа №2

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМ ВСКРЫТИЯ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПРИРОДНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ КАМНЕЙ

Цель работы - изучение способов вскрытия и обоснование основных параметров вскрышных работ на месторождениях природных облицовочных камней.

2.1.Исходные данные :

- геологический отчет по одному из месторождений природного облицовочного камня.

2.2.Литература,используемая для работы:[1],[4],[5],[6],[14].

2.3.Инструменты и принадлежности:чертежный инструмент, микрокалькулятор,тетрадь для лабораторных работ.

2.4.Порядок выполнения работы:

2.4.1.На основе данных о месторождении принять:

- способ вскрытия месторождения [1],[6];
- место заложения и способ проходки въездной траншеи [4],[5];
- способ подготовки к выемке вскрышных горных пород [1],[14];
- состав и содержание предохранительных мероприятий в случае производства буровзрывных работ [14].

При выборе схемы вскрытия и места заложения въездной траншеи учитывается:

- мощность,ширина и протяженность,угол и азимут падения залежи;
- порядок отработки месторождения;
- место расположения перерабатывающего предприятия и пунктов примыкания к автомобильным и железно-дорожным магистралям.Трассы от карьера к этим объектам должны быть кратчайшими.

Капитальные въездные траншеи целесообразно закладывать за пределами утвержденных запасов,с тем,чтобы при строительстве с

применением буровзрывных работ не вызывать нежелательных разрушений, в отрабатываемой части месторождения.

В случае применения схемы с внутренним заложением траншеи проходка ее должна осуществляться, как правило, добычным оборудованием без применения буровзрывных работ.

Способ подготовки к выемке вскрышных пород должен обеспечивать сохранность основного массива блочного камня от разрушения.

Сильно выветрелые горные породы с относительно невысоким сцеплением (7...10 МПа) целесообразно подготавливать к выемке бульдозерно-рыхлительными агрегатами [14].

Прочные скальные трещиноватые породы подготавливаются к выемке либо добычным способом, либо с применением буровзрывных работ.

Применение буровзрывных работ целесообразно при мощности слой выветрелых пород более 4 м с обязательным выполнением предохранительных мероприятий, изложенных в работе 5(п.5.4.1).

При проходке въездных траншей кроме того целесообразно устройство вертикальных щелевых экранов, предохраняющих от разрушения основной массив в зоне контакта с траншеей [14].

2.4.2. Рассчитать ширину основания и уклон въездной траншеи для двухполосного движения автомобилей, проходимой экскаватором в соответствии с требованиями норм технологического проектирования [4] и правил безопасности [15]. Нанести карандашом на плане карьера контуры въездной траншеи.

Тип экскаватора и автомобиля принять по приложению 1.

Угол откоса бортов траншеи принять по нормам технологического проектирования для нерудных предприятий [5].

2.5. Форма отчетности. Предоставляются аргументированные ответы по п.п.2.4.1, 2.4.2 и план месторождения контурами въездной траншеи.

Работа №3

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПОДГОТОВКИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ К ВЫЕМКЕ

Цель работы - изучение методики выбора и обоснования способа добычи блоков природного камня.

3.1.Исходные данные: геологический отчет по месторождению облицовочного камня.

3.2.Литература,используемая для работы: [1],[4],[7],[16],[17], [18].

3.3.Инструменты и принадлежности: чертежный инструмент, микрокальькулятор,тетрадь для лабораторных работ.

3.4.Порядок выполнения работы.

3.4.1.На основе данных о месторождении принять:

- тип камнераспиловочного станка в камнеобрабатывающем цехе [1] табл.8.2 и 8.3 - для твердых и вязких пород,табл.8.4 и 8.5 - для пород средней прочности,(см.рекомендации в приложении 2);

- способ добычи блоков и тип основного добычного оборудования [1],[7],[16],[17] (см.приложение 3).

При выборе типа камнераспиловочного станка следует учитывать геологическое строение месторождения в части возможности получения блоков требуемых размеров.

В идеальном случае рабочее пространство камнераспиловочного станка должно загружаться одним блоком,размеры которого соответствуют размерам рабочего пространства.Однако возможен вариант загрузки станка несколькими блоками.В этом случае станок должен иметь приспособление для крепления блоков.Во всех случаях рабочее пространство станка должно загружаться полностью.

Принять необходимые размеры блока ($L_б$,$B_б$,$H_б$), исходя из размеров рабочего пространства камнераспиловочного станка.

Выбирая способ добычи блоков,следует руководствоваться следующими положениями.

Для мягких пород и средней твердости типа туфа, известняка-ракушечника, травертина, мраморизованного известняка, мрамора и подобных им применяется, как правило, камнерезный способ добычи:

- машинами с кольцевой или дисковой фрезой при высоте уступа H_y и ширине монолита $B_м$ не более 1 м, [16];

- баровыми машинами с твердосплавными резцами при H_y и $B_м$ от 1,5 до 3 м, [16];

- баровыми камнерезными машинами с алмазным режущим органом - только вертикальные резы при H_y от 1,7 до 4,8 м, [17];

- канатными геликоидальными пилами при H_y =3÷6 м и $B_м$=1,5÷2м, [17];

- алмазными канатными пилами при H_y до 6 м и ширине монолита $B_м$ до 3 м, [17]. При этом вертикальный продольный рез целесообразно выполнять пилой с геликоидальным канатом, специальной канатной пилой мод. "200" или баровой машиной с алмазным режущим органом.

Для крупнокристаллических разновидностей этих пород с явно выраженным напластованием иногда целесообразно применение буроклинового способа.

В отдельных случаях возникает необходимость применять комбинированные способы отделения монолитов от массива. Наиболее типичные комбинации: камнерезные машины с кольцевой фрезой или баром на продольном резании и буроклиновой метод - на поперечном; канатная геликоидальная пила на вертикальном резании и буровзрывной метод - на горизонтальном, алмазная баровая камнерезная машина на вертикальном резании и алмазная канатная пила на горизонтальном.

Камнерезные машины с кольцевой или дисковой фрезой и баровым режущим органом применяются на месторождениях с пологим залеганием.

При наклонном или крутом залегании целесообразно применение канатных пил или буроклинового способа добычи блоков.

Примеры типовых схем добычи блоков мягких пород и средней прочности приведены на рис. 3.1.

Для прочных горных пород типа гранитов и аналогичных изверженных пород применяются следующие способы отделения блоков и монолитов от массива:

-буроклиновой;

-буровзрывной;

-термогазоструйный;

-с применением невзрывчатых разрушающих средств (НРС);

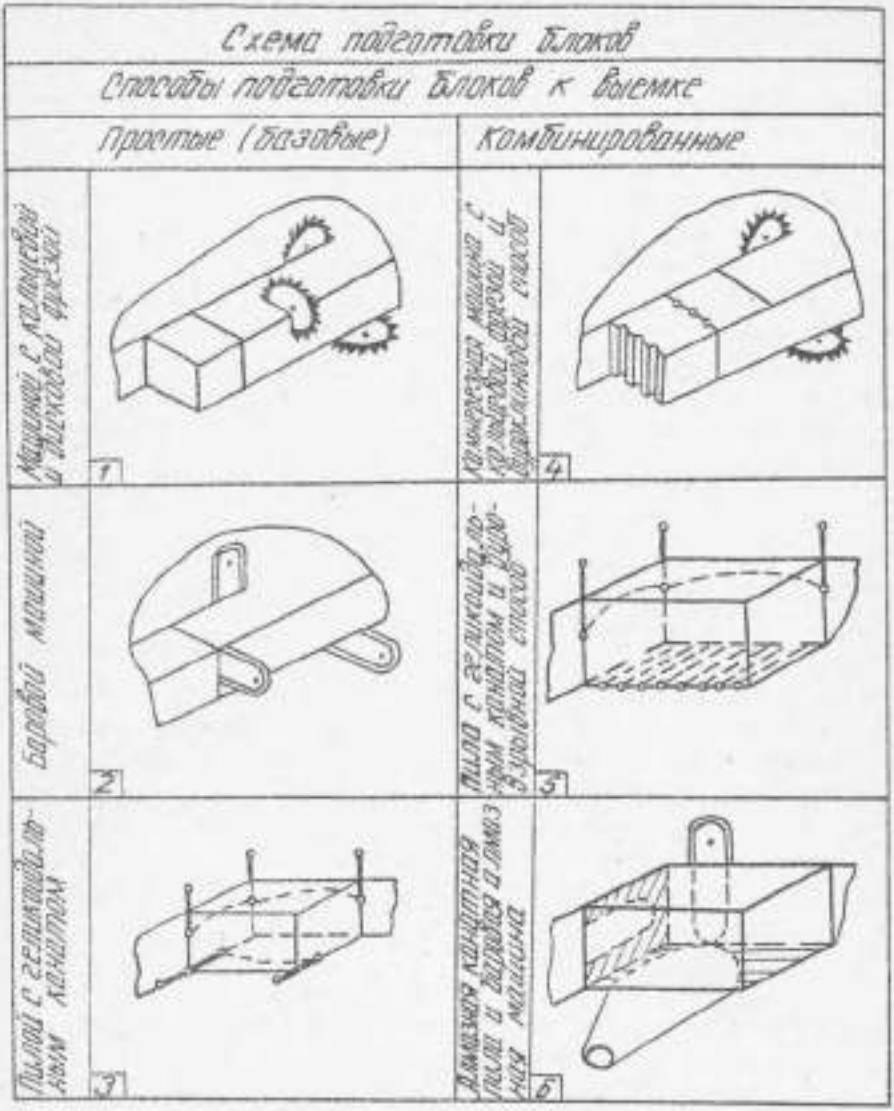


Рис. 3.1. Схемы подготовки к выемке блоков из осадочных и метаморфических горных пород (типа мраморов, известняков)

-комбинированный из перечисленных выше способов.

Процесс получения блоков может быть одностадийным или многостадийным.

В первом случае сразу отделяются от массива готовые блоки, размеры которых соответствуют размерам рабочего пространства камнераспиловочного станка.

Во втором - от массива отделяется крупный моноолит, который разделяется затем на блоки с необходимыми размерами. Для камнерезных машин с кольцевой или дисковой пилой и буром с твердосплавными резцами процесс добычи, как правило, одностадийный, в остальных случаях - многостадийный.

Добыча блоков из прочных горных пород при простых способах подготовки к выемке производится в одну стадию, а при комбинированных способах - в две стадии и более.

Типовые схемы добычи блоков из прочных пород приведены на рис.3.2.

При выборе добычного оборудования необходимо согласовать параметры рабочего пространства камнераспиловочного станка с размерами отделяемых моноолитов и блоков.

3.1.3. Произвести окончательный выбор способа подготовки блоков к выемке на основе анализа технологических характеристик различных способов добычи (рис.3.3 и 3.4). Выбранный Вами способ добычи должен быть наиболее производительным.

При этом следует иметь в виду, что применение на добычных работах камнерезных и буровых машин с алмазным режущим органом необходимо специально обосновать, в связи с тем, что отечественная промышленность не выпускает эти машины и инструмент к ним.

Применение этих машин возможно только в тех случаях, если блоки или изделия из них пользуются спросом на внешнем рынке и возможен обмен их на оборудование по бартерным сделкам.

Запишите в тетрадь типы выбранного оборудования, размеры рабочего пространства камнераспиловочного станка, моноолитов и блоков.

Начертите в тетрадь схему добычи блоков принятого Вами способа для условий рассматриваемого месторождения.

Дайте краткое обоснование принятых решений.

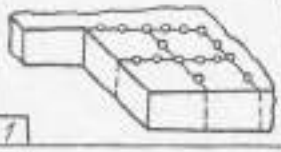
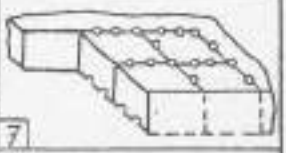
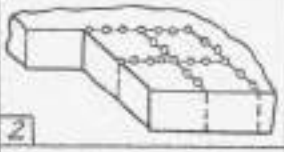
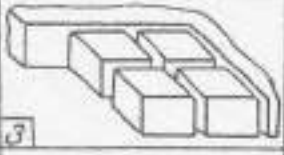
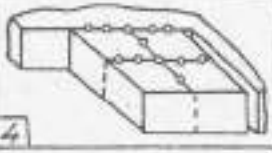
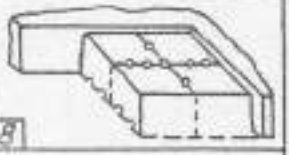
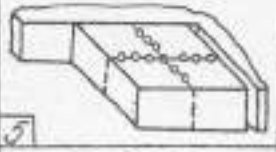
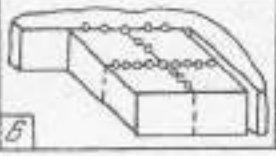
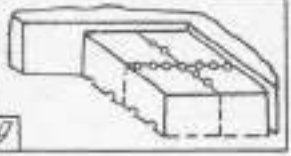
Способы подготовки блоков к выемке		Схема подготовки блока	
		При наличии полезных трещин	Без полезных трещин
Простые (базовые)	Буровзрывной	 1	 7
	Буроклиновой	 2	—
	Термический	 3	—
Комбинированные	Термовзрывной	 4	 8
	Термоклиновой	 5	—
	Термовзрыво-клиновой	 6	 9

Рис. 32 Схемы подготовки к выемке блоков из изверженных горных пород (типа гранитов)

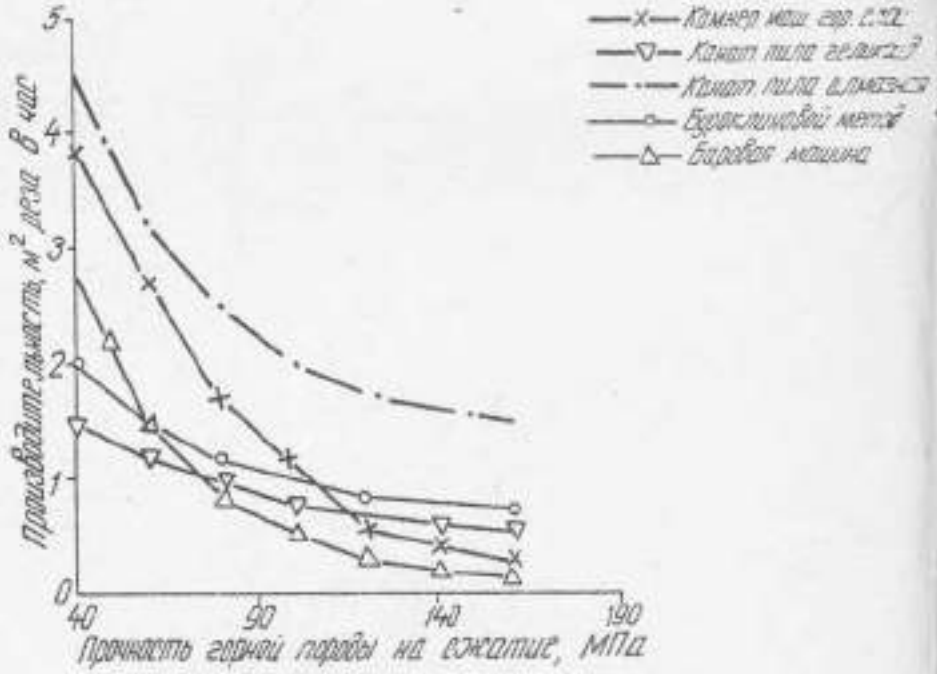


Рис. 3.3. Средняя производительность рабочего основной профессии на добыче блоков в группы осадочных и метаморфических горных пород

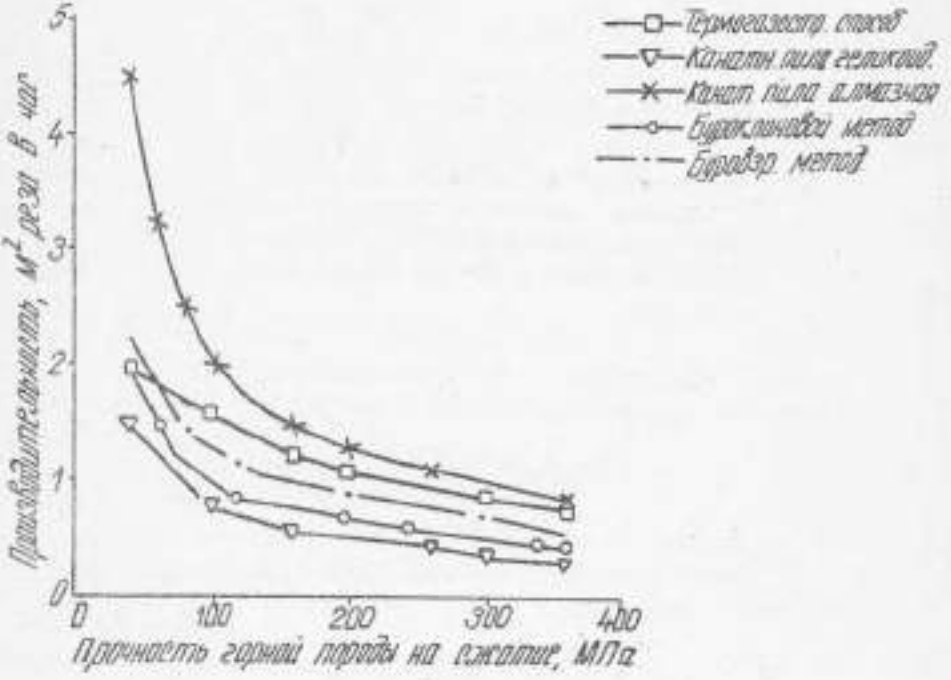


Рис. 3.4. Средняя производительность рабочего основной профессии на добыче блоков изверженных горных пород типа гранита

3.4.4. Рассчитайте срок службы карьера

$$T_{сл} = \frac{Z \cdot K_в}{P_б}, \text{ лет,} \qquad (3.1)$$

где, Z - суммарные запасы полезных ископаемых по категориям А,В и C_1, тыс.$м^3$;

$K_в$ - коэффициент выхода блоков из горной массы;

$P_б$ - производственная мощность карьера по блокам. Производственная мощность по блокам принимается исходя из запасов месторождения и конъюнктуры внешнего и внутреннего рынка на блоки и изделия из них, но не менее 3 тыс.$м^3$ в год. [1].

3.4.5. Определить годовую производительность карьера по горной массе на добычных работах:

$$Q_{к\ год} = P_б/K_в, м^3/год. \qquad (3.2)$$

3.4.6. Составьте и опишите технологическую схему добычных работ по принятому способу подготовки блоков к выемке. Образец схемы приведен в приложении 4.

3.5. Форма отчетности. Представляется отчет по пунктам 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5, 3.4.6 данной работы.

Работа №4

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОБЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ

Цель работы - изучить методику определения основных параметров систем разработки, выбрать способ отделения монолитов или блоков от массива.

4.1. Исходные данные.

Способ добычи блоков, тип основных технологических машин и размеры блоков ($H_б$, $B_б$ и $L_б$) принять по результатам предыдущей работы (№ 3). Остальные необходимые для расчетов данные приведены в приложении или в используемой литературе.

4.2. Инструменты и принадлежности: микрокалькулятор, линейка метрическая, карандаш, тетрадь для лабораторных работ.

4.3. Литература, используемая для работы: [1], [3], [4], [15].

4.4. Порядок выполнения работы:

4.4.1. Определяется предельно возможная высота уступа $H_у$ исходя из :

- требований правил безопасности в зависимости от вида горных пород и способа механизации работ [15];
- устойчивости массива по времени:

$$H_у' = \frac{\Sigma K_{см}}{\gamma} \cdot tg\left(45^\circ - \frac{\rho}{\Sigma}\right), \text{ м}, \qquad (4.1)$$

где, $K_{см}$ - сцепление в массиве (т/м^2);

γ - плотность породы, т/м^3;

ρ - угол внутреннего трения, град (для свежих скальных пород $\rho_с$ = 35÷37 град, для выветрелых $\rho_в$ = 30÷33 град).

Сцепление в массиве определяется с учетом его структурного ослабления. Обычно величина его задается в геологическом отчете.

Если используются справочные данные, то значение сцепления в образце умножается на коэффициент структурного ослабления массива:

$$K_{см} = K_0 \cdot \lambda \ , т/м^2, \qquad (4.3)$$

где, K_0 - сцепление в образце породы, $т/м^2$ [3];

λ - коэффициент структурного ослабления массива. λ принимается для сильно трещиноватых пород 0,05÷0,15, для средне трещиноватых 0,2÷0,55, для малотрещиноватых 0,6÷0,9.

4.4.2. Принимается окончательная высота уступа, исходя из технологических факторов:

- способа отделения монолита от массива [1];
- параметров камнераспиловочного оборудования;
- возможностей добычного оборудования;
- особенностей геологического строения месторождения.

Следует иметь в виду, что высота уступа должна быть кратной одному из размеров ставки камнераспиловочного станка.

$$H_у = K_1(L_б, B_б, H_б), \ м \ . \qquad (4.3)$$

где, K_1 - коэффициент кратности одному из размеров блока, K_1=1,2,3...n (всегда целое число);

$L_б, B_б, H_б$ - геометрические размеры блоков.

Принятая высота уступа не должна превышать предельных значений, рассчитанных в п.4.4.1.

Перечислите факторы, по которым Вы приняли данную высоту уступа. Дайте краткое обоснование принятого решения.

4.4.3. Принимается ширина монолита исходя из возможностей способа добычи. Она так же принимается кратной одному из размеров ставки:

$$B_м = K_2(L_б, B_б, H_б), \ м \ , \qquad (4.4)$$

где, K_2 - коэффициент кратности одному из размеров блока, K_2=1,2,3...n (всегда целое число).

Если ширина исходита не ограничена возможностями добычного оборудования,ее не следует принимать более 2 м по технологическим соображениям в связи с повышенной трудоемкостью горизонтального резания и бурения.Для машин с кольцевой фрезой и баровым режущим органом $K_2 = 1$.

4.4.4.Определяется оптимальная длина монолита исходя из размеров блоков

$$L_м = K_3(L_б, B_б, H_б), \text{ м}, \qquad (4.5)$$

где,K_3 - коэффициент кратности одному из размеров блока, K_3=1,2,3...n (всегда целое число),

Для пил с гелиоидальным канатом рассчитывается допустимая длина монолита по износу пильного каната

$$L_м^д = L_к \cdot N_з / (q \cdot H_у), \text{ м}. \qquad (4.6)$$

где, $L_к$ - емкость каната на одной навеске,м.$L_к$ = 1500 м;
$N_з$ - количество замен каната при резании одного монолита;
q - удельный расход каната на 1 $м^2$ реза,м; q = 15...20м/$м^2$.

Принятая длина монолита не должна превышать предельно допустимую по износу каната

$$L_м \leq L_м^д. \qquad (4.7)$$

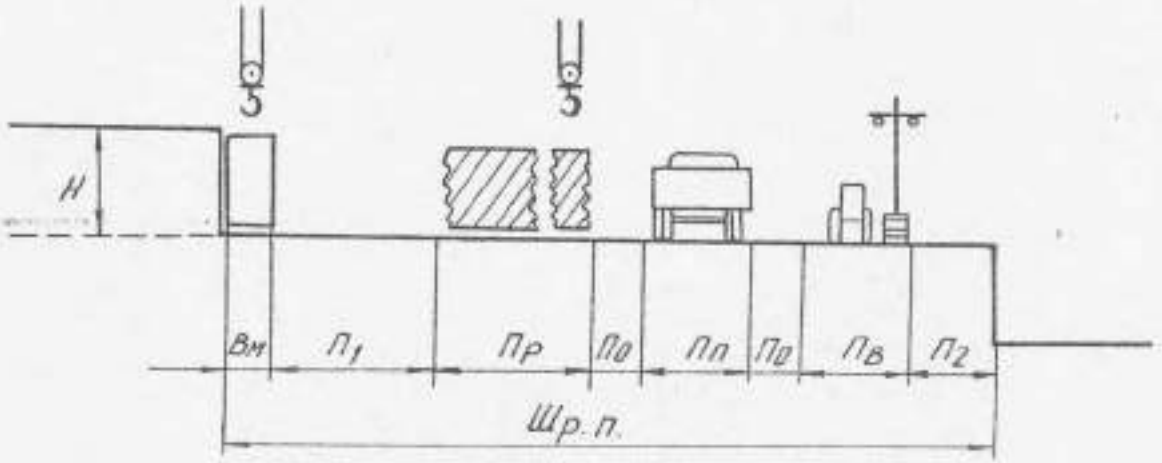
4.4.5.Определяется минимальная ширина рабочей площадки на транспортном горизонте:

- для карьеров по добыче блоков из твердых пород (рис.4.1)

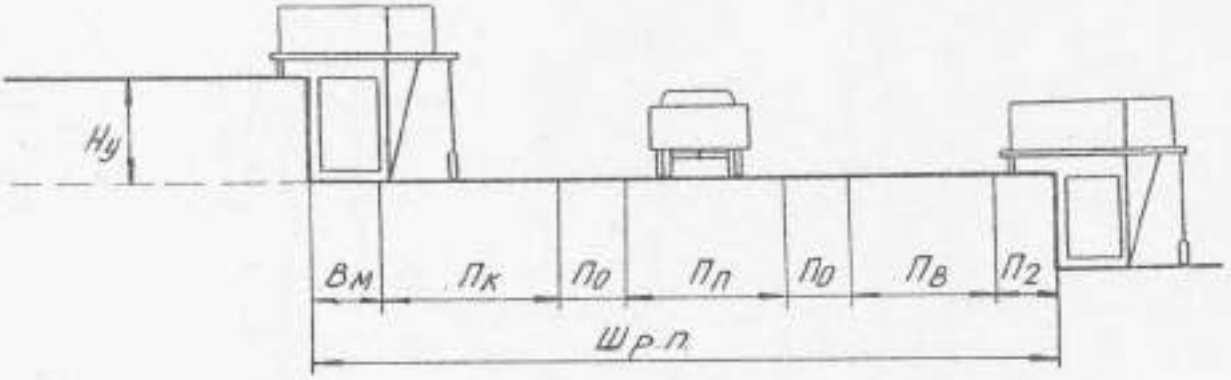
$$Ш_{рп}^т = B_м + П_1 + П_р + П_п + 2П_о + П_в + П_2, \text{ м}; \qquad (4.8)$$

- для карьеров с камнерезными машинами с кольцевой фрезой (рис.4.2)

$$Ш_{рп}^{кф} = B_м + П_к + П_п + 2П_о + П_в + П_2, \text{ м}; \qquad (4.9)$$



4.1. Ширина рабочих площадок при добыче блоков твердых пород.



4.2. Ширина рабочих площадок при добыче блоков камнерезными машинами с кольцевой фрезой.

- для карьеров с канатными пилами (рис.4.3)

$$Ш^{кп}_{рп} = В_м + П_р' + П_к + П_п + 2П_о + П_в + П_г, \text{ м}; \quad (4.10)$$

- для карьеров с камнерезными машинами с баровым режущим органом (рис.4.4)

$$Ш^{бм}_{рп} = В_м + П_к + П_п + 2П_о + П_в + В_{бм}, \text{ м}, \quad (4.11)$$

где, $В_м$ - ширина отделяемого монолита (или выпиливаемого блока),м;
$Н_у$ - высота уступа (подуступа), м;
$П_р'$ - ширина площадки для разделки монолита для канатных пил, $П_р' = Н_у + 1,5$, м (минимальное значение приведено в табл.4.1);
$В_{бм}$ - габаритная ширина баровой машины,м.

Значения остальных параметров приведены в таблице 4.1.

4.4.6.Минимальная ширина рабочей площадки на подуступе:
-для машин с кольцевой фрезой

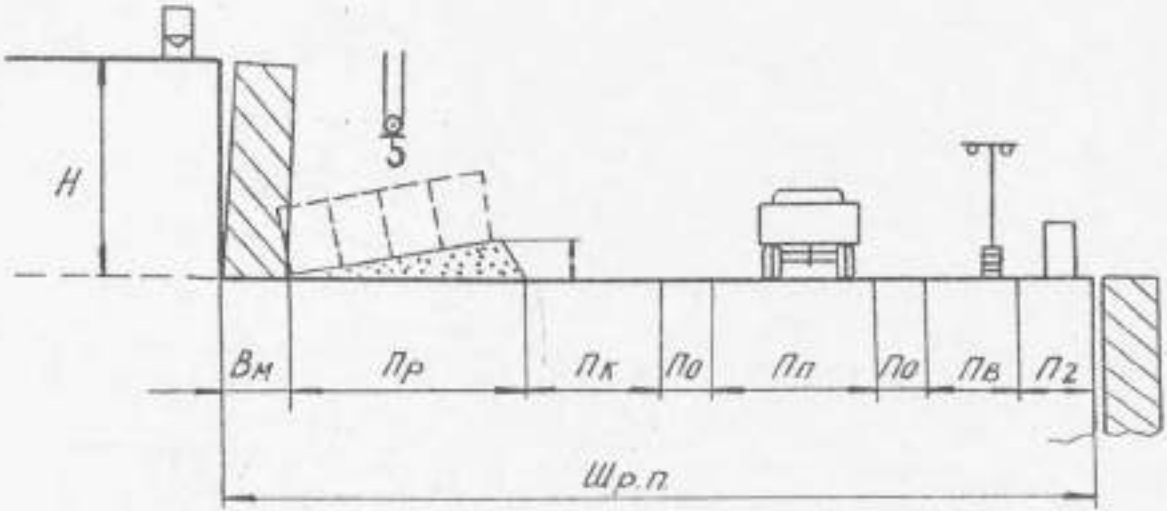
$$Ш^{кф}_{п1п} = В_м + В_{км} + П_э, \text{ м}, \quad (4.12)$$

- для баровых машин

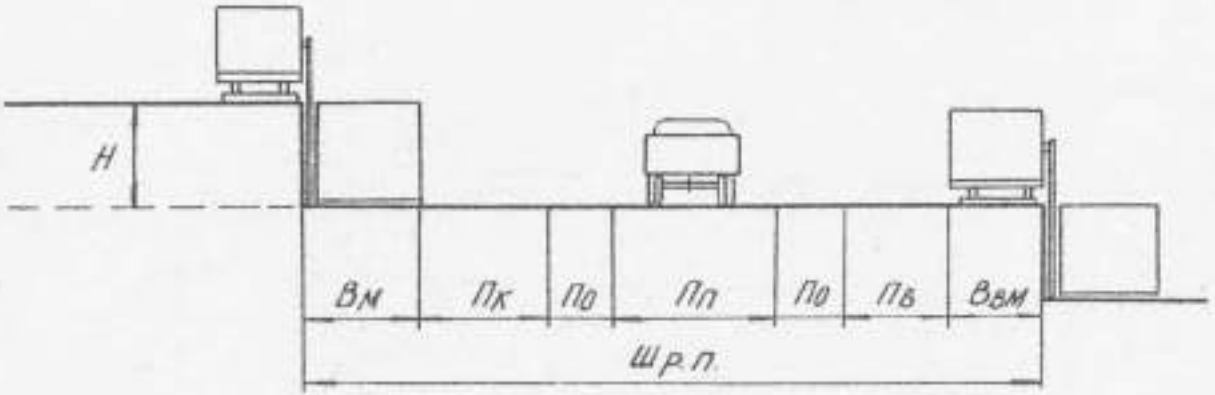
$$Ш_{п1п} = 2В_{км} + В_м + П_э, \text{ м}, \quad (4.13)$$

- для прочих способов добычи - не менее 3 м [15],

где, $В_м$ - ширина выпиливаемого блока,м ;
$В_{км}$ - габаритная ширина камнерезной машины,м;
$П_э$ - расстояние между камнерезными машинами на соседних уступах (см.приложение 5).



4.3. Ширина рабочих площадок при добыче блоков канатными пилами



4.4. Ширина рабочих площадок при добыче блоков буровыми машинами

4.4.7. Минимальная длина фронта работ на добычном уступе (подуступе)

Для карьеров твердых горных пород

$$L_{ф}^{т} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \text{ , м ;} \qquad (4.13)$$

где, L_1 -рабочая длина фронта работ, $L_1 = 10\ N_p$, м;
N_p -количество забойных комплексов;
L_2 -длина участка перемещения монолитов от забоя до раздалки, м;
L_3 -длина участка погрузки блоков и уборки окола, L_3=20...25м;
L_4 -длина резервного участка, м. Значение L_4 принимается в пределах 10...20 % от рабочей длины фронта.

Для карьеров с камнерезными машинами с кольцевой фрезой и баровым режущим органом:

$$L_{ф}^{км} = K_к N_{км} L_{см}, \text{ м.} \qquad (4.14)$$

где, $N_{км}$ - количество камнерезных машин;
$L_{см}$- фронт работы на одну камнерезную машину, принимается по таблице 4.1;
$K_к$ - коэффициент уменьшения фронта работ при разработке камня комплексом машин, $K_к$=0,80...0,85 при 2-х машинах и $K_к$=0,7...0,6 при 3-х машинах.

Таблица 4.1

Предел прочности породы на сжатие, кг/см^2	Минимальная длина фронта на одну машину, $L_{см}$, м	
	с кольцевой фрезой	с баром
300 ... 500	150...300	60...90
500 ... 800	100...150	45...80
более 800	60...100	30...60

Для карьеров с комбинированным способом добычи - буровзрывным или буровзрывным способом в сочетании с подрезкой камнерезной машиной с кольцевой фрезой или с баром:

$$L_{ф} = nkL_{см} \cdot L_{з} + L_{в}, \text{ м}, \qquad (4.15)$$

где, k - коэффициент, учитывающий совмещение фронта камнерезной машины с остальными операциями, принимается k = 0,7...0,9;
n - количество камнерезных машин на уступе;
$L_{з}$ - длина участка для раскалывания монолитов на кондиционные блоки, $L_{з}$=10...15м.

Для карьеров с канатными пилами:

а) при последовательном расположении канатных пил:

$$L_{фп} = (L_{м} + L_{щ}) N_{кп}, \text{ м}. \qquad (4.16)$$

в) при ступенчатом расположении забоев канатных пил

$$L_{фс} = L_{м} \cdot N_{кп}, \text{ м}. \qquad (4.17)$$

где, $L_{м}$ - фронт одной канатной пилы, м, в данном случае он равен длине монолита;
$L_{щ}$ - ширина разрезной щели, м;
$N_{кп}$ - количество канатных пил.

4.4.8. Рассчитать параметры для принятого способа разработки, вычертить его расчетную схему.

4.5. Форма отчетности. По результатам работы представляется расчеты системы разработки и расчетная схема. Расчетная схема должна соответствовать способу подготовки блоков к выемке (рис.4.1 - 4.4).

Работа №5

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО ВЗРЫВАНИЯ НА ВСКРЫШНЫХ РАБОТАХ И ДОБЫЧЕ БЛОЧНОГО КАМНЯ

Цель работы - изучить методику расчета параметров ВВР и защитных мероприятий при производстве вскрышных, горно-капитальных и добычных работ на месторождениях природных облицовочных камней.

5.1. Исходные данные приведены в приложении 6.

5.2. Инструмент и материалы: микрокалькулятор, логарифмическая линейка, чертежный инструмент.

5.3. Литература, используемая для работы: [1], [4], [14].

5.4. Порядок выполнения работы.

Производство буровзрывных работ на карьерах природных облицовочных камней имеет свои специфические особенности ввиду опасности нарушения целостности массива блочного камня. В связи с этим если есть возможность применения альтернативных безвзрывных способов подготовки пород к выемке как на вскрыше, так и на добыче от взрывания следует отказаться.

Применение буровзрывных работ для рыхления вскрышных пород целесообразно при значительной мощности вскрыши - 4 м и более. При меньшей мощности вскрыши применяются добычные способы. В случае применения буровзрывных работ для рыхления вскрышных пород должны применяться специальные мероприятия, предупреждающие возникновение трещиноватости в массиве, разрабатываемом на блоки.

5.4.1. Выбор и расчет предохранительных мероприятий.

Возможно применение нескольких видов предохранительных мероприятий:

- применение взрывчатых веществ с пониженными энергетическими показателями,
- устройство щелевых экранов (рис.5.1),
- оставление защитного слоя вскрышных пород (рис.5.2),
- применение зарядов с демпферами (рис.5.3).

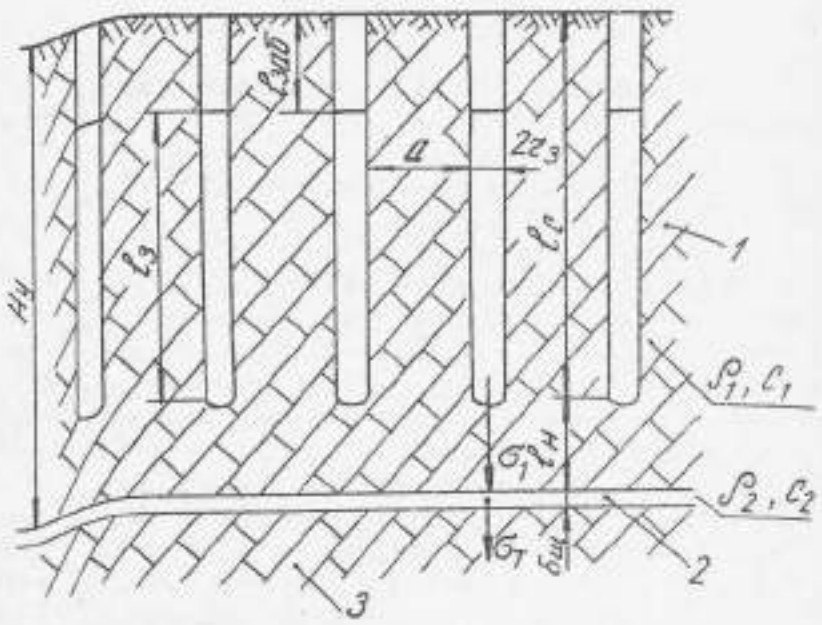


Рис 5.1. Защита основного массива щелевым экраном
1- взрываемый массив;
2- защитная щель;
3- охраняемый массив

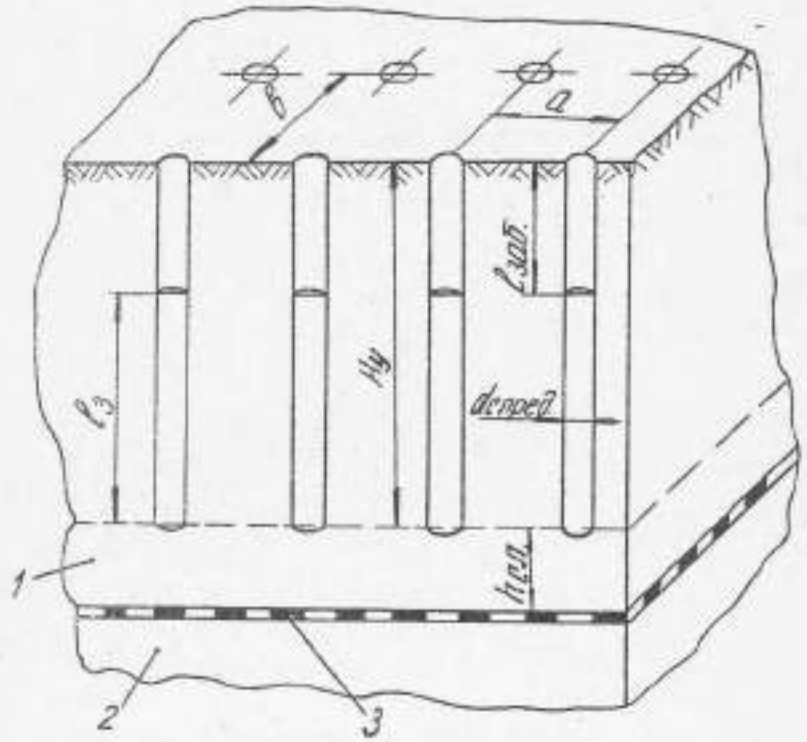


Рис 5.2. Защита основного массива слоем вскрышных пород
1- защитный слой выветрелых вскрышных пород;
2- охраняемый массив;
3- кровля свежих горных пород

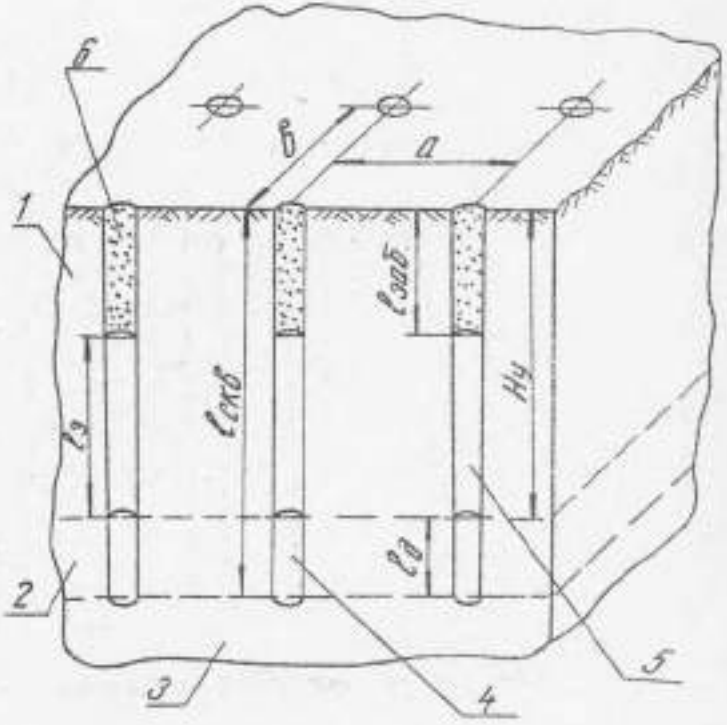


Рис.5.3. Защита основного массива с использованием демпферных устройств
1- массив взрываемых вскрышных пород;
2- защитный слой вскрышных пород;
3- охраняемый массив;
4- демпферное устройство;
5- заряд ВВ;
6- забойка

Взрывчатые вещества с пониженными энергетическими показателями целесообразно применять на добычных работах и для рыхления шуровыми зарядами вскрышных пород при небольшой мощности слоя (около 4м). В качестве взрывчатого вещества применяется черный дымный порох или углелит №5. Применение черного дымного пороха для скважинных зарядов не рекомендуется из-за повышенной чувствительности его к удару. Это мероприятие наиболее эффективно при наличии пластовой трещиноватости в породах.

Параметры буровзрывных работ можно принять по работе [1], табл.4.5.

Метод целевого экранирования является наиболее дорогим и применяется в исключительных случаях на месторождениях осадочных или метаморфических горных пород, где возможна проходка щели с помощью камнерезной машины или канатной пилы.

Ввиду большой разницы акустической жесткости выветрелого массива ρ_1 и C_1 и воздушной щели ρ_2 и C_2 (рис.5.1) напряжение, возникающее при взрыве гасится до безопасной величины. Параметры буровзрывных работ для данного случая приведены в нормах проектирования [4], табл.12.

Сущность метода с использованием защитного слоя состоит в том, что под массивом, отрабатываемым с применением буровзрывных работ, оставляется часть выветрелых сильно трещиноватых горных пород, в которой гасится волна напряжений до безопасной величины (рис.5.2).

Минимальная высота буферного защитного слоя выветрелых горных пород, обеспечивающая снижение волны напряжений на подходе к охраняемому массиву до безопасной величины определяется по выражению:

$$H_{вс} = (P_{р.ср}\ \sigma_{пред}^{-1})^{1/\mu_с} \cdot R_{кр}\ ,м, \qquad (5.1)$$

где, $P_{р.ср}$ - среднее расчетное давление газообразных продуктов взрыва, МПа, (Приложение 6).

$\mu_с$ - коэффициент затухания сферической взрывной волны в горной породе; принимается по данным работы [14]. Для учебных расчетов этот коэффициент приведен в прилож.6.

Предельная величина напряжения, при которой в массиве не возникают разрушения:

$$\sigma_{пред} = \sigma_{рр} \cdot K_д \cdot K_с, \ МПа, \qquad (5.2)$$

где, $\sigma_{рр}$ - предел прочности горной породы на растяжение, МПа; для учебных расчетов его значение дано в прилож.5;

$K_д$ - коэффициент динамичности нагружения материала при взрыве; принимается по данным работы [14];

$K_с$ - коэффициент влияния среды (прилож.6).

Радиус кривизны днища скважины:

$$R_{ск} = 1,1 \cdot D_с, \quad м, \qquad (5.3)$$

где, $D_с$ - диаметр скважины, м; значение $D_с$ взять из приложения 5.

В последующем буферный защитный слой выветрелых горных пород отрабатывается добычным оборудованием.

Принцип защиты демпферами основан на снижении амплитуды волны напряжений, проходящих вдоль оси заряда вниз за счет высокого волнового сопротивления материала, размещенного в нижней части скважины. Для этих целей используются: глина, резиновая крошка, буровая мелочь и др. подобные материалы.

Минимальная длина демпфера для зарядов с защитой вдоль оси скважины:

$$L_д = (P_{р.ср}/\sigma_{пред})^{1/\mu_д} \cdot R_{заР}, \quad м, \qquad (5.4)$$

где, $\mu_д$ - коэффициент затухания взрывной волны в демпфере; принимается по данным работы [14]. Для учебных расчетов этот коэффициент приведен в приложении 6.

$R_{заР}$ - радиус заряда, м; $R_{заР} = 0,5D_с$.

5.4.2. Обосновать наиболее рациональный метод защиты нижележащего массива от разрушения взрывными работами. Зарисовать принятую схему защиты в тетрадь.

5.4.3. Расчет буровзрывных работ для рыхления выветрелых вскрышных пород с использованием серийно выпускающихся взрывчатых веществ следует производить по методике, приведенной в нормах технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов ([5], приложение VII) с учетом применения защитных мероприятий, описанных в п.5.4.1.

При этом следует иметь в виду следующие особенности:

а)Удельный расход взрывчатого вещества не должен превышать величин,приведенных в табл.VII [5];

б)Схема размещения зарядов шахматная (рис.5.4);

в)Действие зарядов должно быть независимым,т.е.не должны взрываться одновременно два соседних заряда.

Вычертите в тетради по лабораторным работам взрывную заходку (в плане и в разрезе) с указанием рассчитанных параметров БВР.

5.4.4.Применение взрыва для отделения монолитов и блоков от массива. Применять взрывание для этих целей следует в исключительных случаях,если невозможно использование других более безопасных методов.Буровзрывной метод наиболее распространен на добыче блоков из прочных горных пород типа гранита,а так же на породах средней прочности для отделения монолитов от массива в горизонтальной плоскости (рис.5.5) и ряде других случаев.

При конструировании зарядов можно воспользоваться рекомендациями,приведенными в работе [1].При этом следует соблюдать следующие условия:

1.Для производства взрывных работ применять только низкоэнергетические взрывчатые вещества или детонирующий шнур.

2.Заряд должен иметь линейную конструкцию и,желательно,направленного действия.Линейная конструкция создается за счет применения детонирующего шнура в одну или несколько ниток или навески на шнур патронов взрывчатого вещества.

3.Диаметр шпура или скважины должен быть,по возможности, наименьшим,обеспечивая размещение заряда принятой конструкции.

4.Расстояние между соседними шпурами (шаг бурения)определяется по площади откола методом,изложенным в методике по расчету технологического оборудования для добычи блоков [18].Следует иметь в виду,что при увеличении расстояния между зарядами увеличивается зона разрушений в массиве и в отделяемом блоке.

5.Определить расчетом размер возможного распространения вторичной трещиноватости в массив и в отделяемый монолит или блок:

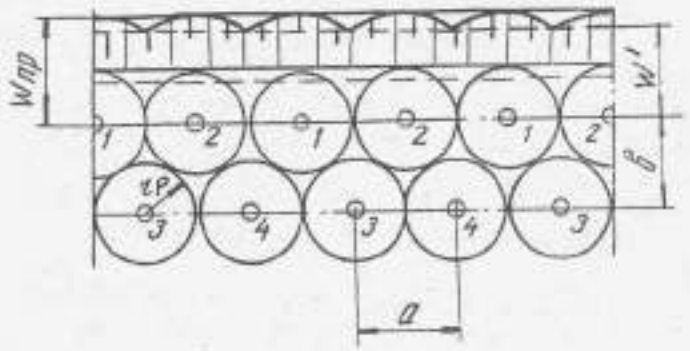


Рис.54. Шахматная схема размещения зарядов
- предельная величина сопротивления по подошве;
- эффективная величина сопротивления по подошве;
1,2,3,4 - последовательность взрывания зарядов;
а, в - расстояние между зарядами и рядами скважин

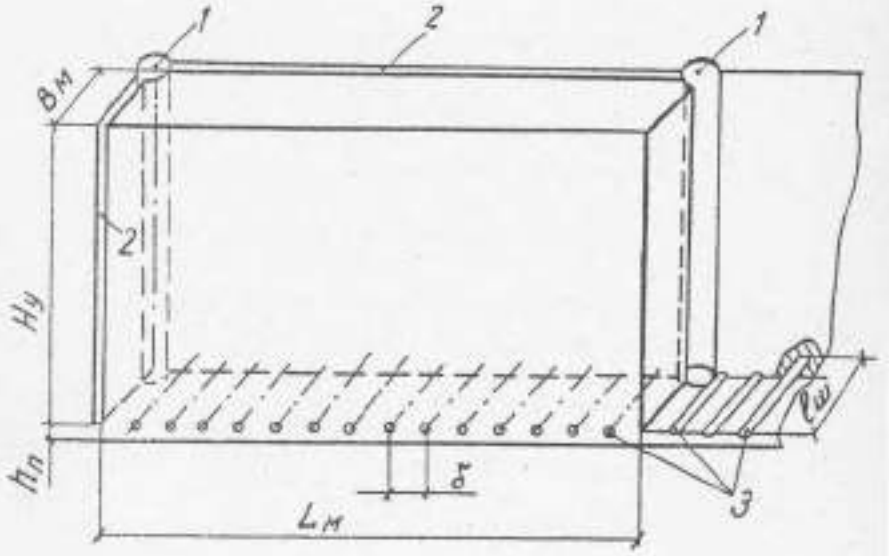


Рис. 5.5 Схема подрезки монолита в горизонтальной плоскости с использованием буровзрывных работ.
1. Скважины для пройкающих систем
2. Щели, выполненные канатными пилами

$$L_{тр} = 0{,}5\, R_з \left[\left(P_н / \sigma_{рд}\right)^{-1}{}^{1/\mu_д} - 1\right), м, \qquad (5.5)$$

где, $R_з$ - радиус заряда (шпура, скважины), м;

$P_н$ - начальное давление продуктов взрыва в скважине, МПа. (приложение 6);

$\mu_д$ - коэффициент затухания цилиндрической взрывной волны в горной породе; принимается по данным работы [14]. Для учебных расчетов эти коэффициенты приведены в приложении 6.

$\sigma_{рд}$ - динамический предел прочности горной породы на растяжение, МПа:

$$\sigma_{рд} = \sigma_{рр} \cdot K_д \cdot K_с \cdot \lambda \ , МПа \ . \qquad (5.6)$$

где, λ - коэффициент структурного ослабления массива (прилож. 6).

Если расчетная величина зоны распространения вторичной трещиноватости в массиве и отделяемом блоке окажется слишком большой, от принятой конструкции заряда или от взрывания вообще следует отказаться.

5.6. Форма отчетности. Все расчетные формулы, схемы и результаты расчетов заносятся в тетрадь по практическим работам и представляются преподавателю.

Работа № 6

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ БЛОКОВ СВЛИЦОВОЧНОГО КАМНЯ НЕВЗРЫВЧАТЫМ РАЗРУШАЮЩИМ СРЕДСТВОМ

Цель работы - изучить методику расчета технологических параметров при разрушении горных пород невзрывчатыми разрушающими средствами.

6.1.Исходные данные приведены в приложении 7.

6.2.Инструмент и материалы:микрокалькулятор,логарифмическая линейка, чертежный инструмент.

6.3.Литература,используемая для работы:[1],[2].

6.4.Порядок выполнения работы.

6.4.1.Теоретическая основа технологии отделения блоков и монолитов от массива с применением НРС.

Применение невзрывчатых разрушающих средств типа НРС-1,НРС-2 и НРС-3 позволяет значительно повысить эффективность отработки месторождений мрамора высокой прочности.На таких месторождениях НРС обычно используют в сочетании с различными типами камнерезных машин.Последними выполняют прорезы,плоскости которых совпадают с направлением наиболее трудного раскола мрамора,а с помощью НРС осуществляют отделение мрамора по плоскостям наилучшего раскола.

Технико-экономические показатели такой технологии зависят от расхода бурения и НРС, которые в свою очередь,связаны с расстоянием между шурами.

$$R_б = K_1 / a; \qquad (6.1)$$

$$R_н = q \cdot R_б. \qquad (6.2)$$

где,$R_б$ и $R_н$ - удельный расход бурения и НРС соответственно, м/м^2 и кг/м^2;

K_1 = 0,9 - отношение глубины шура к высоте раскола;

a - расстояние между центрами шуров,м;

q - вместимость шура,кг/м.

Известно,что расстояние между шурами обусловлено прочностью мрамора,величиной давления НРС на стенки шура и временем действия нагрузки.

Аналитическое выражение, связывающее перечисленные параметры, можно получить, рассматривая процесс направленного разрушения в соответствии со второй теорией прочности хрупких материалов, согласно которой разрушение материала происходит при выполнении следующего условия

$$\sigma_1 - \mu(\sigma_2+\sigma_3) \geq \sigma_p, \qquad (6.3)$$

где, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные нормальные напряжения, возникающие в мраморе в результате давления НРС на стенки шпура, МПа;

μ - коэффициент Пуассона;

σ_p - предел прочности породы при растяжении, МПа.

$$\sigma_p = \sigma_{pp} K_c \cdot \lambda, \qquad (6.4)$$

где σ_{pp} - предел прочности образца породы при растяжении, МПа;

K_c - коэффициент влияния среды (прилож.7);

λ - коэффициент структурного ослабления массива (прилож.7).

Для задачи, когда $\sigma_3 = 0$, справедливо

$$\sigma_1 - \mu\sigma_2 \geq \sigma_p. \qquad (6.5)$$

Напряжение $(\sigma_1) = (\sigma_2)$ и их можно определить по общеизвестной формуле Ляме, используемой для расчета прочности бесконечно толстостенного цилиндра

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \pm P \frac{r^2}{R^2}, \qquad (6.6)$$

где, P - давление НРС на стенки шпура, МПа;

r - радиус шпура, м;

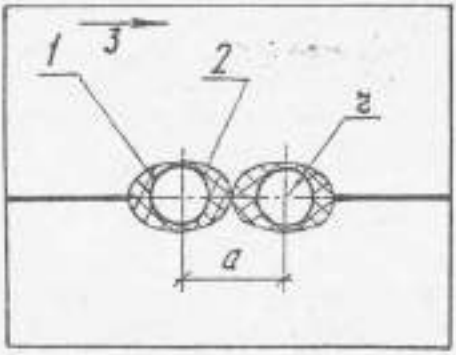
R - наименьшее расстояние от центра шпура до рассматриваемой точки массива, м.

Практика работы с НРС показывает, что они при длительном хранении несколько утрачивают первоначальные свойства по разрушающей способности. В связи с этим при расчете давления, развиваемого НРС следует применять поправочный коэффициент на старение:

$$P = P_{пр} \cdot K_{ас}, \qquad (6.7)$$

где, $P_{пр}$ - паспортное значение давления НРС на стенки шпура, МПа;

а)



б)

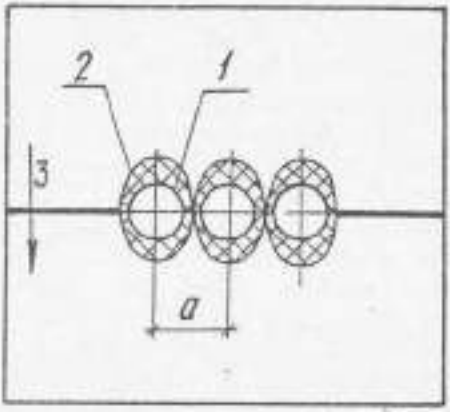


Рис. 6.1. Схемы направленного раскола мрамора невзрывчатым разрушающим средством.

1-шнур; 2-ядро разрушения;
3-направление плоскости облегченного раскола.

$K_{пс}$ - понижающий коэффициент на старение НРС.

Значение понижающего коэффициента определяется лабораторным методом. Ориентировочно значение его можно принять при сроке хранения НРС до 3 месяцев - $K_{пс} = 1,0$, более 3 месяцев - $K_{пс} = 0,90$, более 6 месяцев $K_{пс} = 0,80$ и более года - $K_{пс} = 0,70$.

Поскольку разрушение происходит в результате совместного действия двух зарядов НРС, то при $R = 0,5a$ получаем

$$P \frac{2r^2}{0,25a^2} (1 + \mu) = \sigma_p \qquad (6.8)$$

Решая уравнение (6.8) относительно "а", получаем выражение для расчета расстояний между шпурами

$$a = 2r \sqrt{\frac{2P(1 - \mu)}{\sigma_p}} \qquad (6.9)$$

Выражение (6.9) справедливо для изотропных горных пород, для которых зона нарушения камня вокруг шпура имеет форму круга. Для анизотропных эта зона имеет форму эллипса, длинная ось которого совпадает с направлением облегченного раскола, а малая - перпендикулярна ему (Рис.6.1).

Исследования показали, что при использовании НРС для разрушения горных пород по линии облегченного раскола в выражение (6.9) следует ввести повышающий коэффициент, а при разрушении поперек линии облегченного раскола - понижающий. Для каждой горной породы величина этих коэффициентов определяется испытаниями. Для многих горных пород значение поправочного коэффициента на изменение прочности от направления раскола составляет $K_{нр} = 0,75$ при раскоде поперек слоистости и $K_{нр} = 1,65$ при раскоде вдоль слоистости.

Для учета влияния времени нагружения на эффективность процесса разрушения необходимо в формулу (6.9) ввести коэффициенты, учитывающие изменение прочности от направления раскола $K_{нр}$ и влияние фактора времени K_t.

Значение коэффициента K_t определяется в зависимости от ориентации поверхности разрушения относительно направления облегченного раскола:

- при параллельном раскоде

$$K_t = 5,95 \cdot \lg t - 4,50; \qquad (6.10)$$

- при поперечном раскоде $K_t = 1$.

Выражение (5.10) справедливо в интервале времени от 24 до 72 часов. В остальных пределах эта зависимость нелинейна.

Окончательное выражение для расчета проектного расстояния между шпурами:

$$a = 2r \cdot K_{пр} \cdot K_t \sqrt{\frac{2P\,(1-\mu)}{\sigma_p}} \qquad (5.11)$$

5.4.2. Рассчитать основные параметры подготовки и выемки блочного камня с использованием НРС для диаметра шпуров 40,50 и 60 мм и расчетных условий, приведенных в приложении 7.

Все расчетные данные свести в таблицу:

Таблица 6.1

Время нагружения, t, час	Диаметр шпура, 2r, см	Расстояние между шпурами, a, см	Коэффициент времени нагружения K_t	Расчетный расход: бурения, $R_б$, м/м^3	Расчетный расход: НРС, $R_н$ кг/м^3
I. Поверхность разрушения параллельна направлению облегченного раскола (P=.... МПа; $\sigma_в$ =.... МПа; μ =....)					
20					
24					
28					
48					
72					
II. Поверхность разрушения перпендикулярна направлению облегченного раскола					
20					
24					
28					
48					
72					

Выполните анализ полученных расчетных данных. Какие из полученных вариантов наиболее предпочтительны для данных условий?

5.5. Форма отчетности. Все расчетные формулы, схемы и результаты расчетов заносятся в тетрадь по практическим работам и предоставляются преподавателю.

1.Добыча и обработка природного камня:Справочник.Под общей ред.А.Г.Смирнова -М.:Недра,1990.
2.Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии: Учеб. пособие для вузов/Е.К.Павлинов,А.Е.Михайлов,Д.С.Кивенгальтер и др. -М.:Недра,1988 - 149с.
3.Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. /Под ред.Н.В.Мельниковаа и др.-М.:Недра,1975.
4.Нормы технологического проектирования предприятий промышленности по добыче и обработке облицовочных материалов из природного камня.Вторая редакция.-Л.:Союзгипроруд,1976.
5.Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов.-Л.:Стройиздат,1977.
6.Шлаин М.В. Разработка месторождений нерудного сырья.- М.: Недра,1988.
7.Строительные материалы:Справочник / Под ред.А.С.Болдырева, П.П.Золотова.-М.:Стройиздат,1989.
8.ГОСТ 9479-84.Блоки из природного камня для производства облицовочных изделий.Технические условия.
9.ГОСТ 9480-89.Плиты облицовочные изделия из природного камня.Технические условия.
10.ГОСТ 22756-77.Щебень и песок декоративные из природного камня.Технические условия.
11.ГОСТ 23342-78.Архитектурно-строительные изделия из природного камня.Технические условия.
12.ГОСТ 23845-86.Породы горные и скальные для производства щебня из естественного камня для строительных работ.Технические условия.
13.ГОСТ 2.307-76.Горная графическая документация.Обозначения условные полезных ископаемых,горных пород и условий их залегания.
14.Бычков Г.Б.Технология подготовки к выемке вскрышных пород на месторождениях природных облицовочных камней: Дисс.канд.техн. наук.- Свердловск:ИГД МЧМ СССР,1985.-194с.
15.Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.-М.:Недра,1992.
16.Оборудование для добычи и обработки природного камня: Отраслевой каталог - Будумин К.Л.,Бароегян Э.Е. и Морке Ф.А.: ЦНИИТЭстроймаш,1987.
17.Оборудование для добычи природного камня:Рекламный каталог фирмы "Benettimacchine"-Каррара:Италия,Benettimacchine,1991.
18.Бычков Г.В. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Добыча строительных горных пород" "Расчет и выбор технологического оборудования для добычи блоков" для студентов специальности "Открытая разработка месторождений" специальности 19.05. -"Открытые горные работы".-Екатеринбург,УГИ,1993.-39с.
19.Технологическое оборудование для обработки камня фирмы "Мосдзини" Общий каталог.-Ла Специя.Италия:Фирма"Мосдзини С.п.а", 1992.-48с.
20.Оборудование для добычи природного камня: Рекламный каталог фирмы "Пеллегрини".- Верона.Италия "Pellegrini Meccanica", 1993.- 48с.
21.Определение параметров технологии добычи блоков мрамора невзрывчатым разрушающим средством/.Строительные материалы.-1980. - №.- с.5-6.

Приложение 1

Исходные данные к работе №2

Показатели	Обозн.	Варианты 1	2	3	4	5
Тип экскаватора		ЭКГ-4,6Б	Э-1252	Э-2503	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И
Емкость ковша	м3	4,6	1,25	2,5	5,2	8,0
Радиус черпания,м	Rч	14,0	10,2	11,5	14,5	18,4
Высота черпания,м	Hч	10,2	8,2	8,7	10,3	13,5
Тип а/транспорта		КрАЗ-255	МАЗ-503	КрАЗ-255	БелАЗ-540	БелАЗ-548

Приложение 2

ПЕРЕЧЕНЬ

измерительных станков, рекомендуемых к применению в практических расчетах

Вид горных пород	Типы и марки станков	
	Отечественных	Импортных
1	2	3
Станки с алмазными отрезными дисками		
Осадочные и метаморфические породы прочностью до 160 МПа	СМР-032А, СМР-060 2982, СМР-007	SUPERMORD-80 ,NVD80, DIAGA всех модификаций, DM-1000, DMS 500, TL-15, Diabreton HMS всех модифик., TDG/MK2, SIMEC 80
Станки с дисковыми пилами		
	СМР-072, ВК-1200	MORD -14, GP-800, JET 4, VRS12-16, T-12L, M582

1	2	3
	Станки с незармированными металлическими штрипсами со свободным абразивом	
Неизвестные и другие породы прочностью более 160 МПа	СМР-043,1985,	TURBO TES1-MORD, JUMBO S46 JUMBO S 060, LVG DIV, LVG-V
	Станки с дисковыми пилами	MORD T40, GP-800 MS, T-126, M-630

Технические данные оборудования приведены в работах [1],[16] и [16],[19].

Приложение 3

ПЕРЕЧЕНЬ
добычного оборудования, рекомендуемого к применению в практических расчетах

Вид горных пород	Типы и марки оборудования	
	Отечественного	Импортного
1	2	3
Осадочные и метаморфические горные породы (рис.3.1)	Схема 1 Машины с кольцевой и дисковой фрезой: СМР-026/1 СМР-027А, СМР-023А, СМР-023А	
	Схема 2 Баровые камнерезные машины, СМР-076,	КМХ-2 ,ST-30YH, *

1	2	3
	машина Режевского мех.завода	JT-320,JET-BELT-990, JET-BELT-950

Схема 3

Камнерезные машины с геликоидальным ковшом:

К-17	COMBINAT-094, TELECOMP STANDART, TELECOMP SUPER
Буровые установки:	HCM 005,PP 691,WD 692, MPH-100,MPH-200

Дополнительно:

а)Домкраты гидравлические,пневмоподушки:

IS 166,"641", TITANO 160,CUSCINI

б)Строчечные буровые установки или перфораторы,указанные в схеме 1 рис.5.2 для разделения монолита на блоки;

в)Гидроклиновые установки:

СМР-075	FLUOCRAK 186 и 188, DARDA,HS-230

Схема 4

Камнерезные машины,указанные в схеме 1, буровое оборудование и гидроклиновые установки,указанные в схеме 3.

Схема 5

Комплект оборудования,указанный в схеме 3. Дополнительно:

Буровые установки для горизонтального бурения, указанные в схеме 3.

1	2	3
		Схема 6
		Камнерезные машины с алмазным канатом: CMP-083 ALPHA-840, TELEDIAM TD-55
		Алмазная канатная пила мод"200" Камнерезные машины с геликоидальным канатом,указанные в схеме 3 или буровые машины с алмазным режущим органом: JET BELT 990 SUPER JET-BELT-960
		Буровые установки на бурении технологических скважин для алмазного каната: БКМ-4М,П-31М, СБУ-100Н-35[46] HDM 025,PP 691,PP 630, MPH 100,MPH 200
		Дополнительно: а)Оборудование,указанное в п.п.а),б),в) в схеме 3; б)Камнерезные машины с алмазным канатом TL 920, VIP 910
		Схема 1
Изверженные и другие породы прочностью более 180 МПа (рис. 3.2)		Строчечные буровые установки для вертикального бурения: ТВ 602,ТВ 610,ТВ 611, SLIM BAR 99,TBC 90/2, HORIZON, TBC SLOT
		или ручные перфораторы: ПП35В,ПП54В1, ПП63В,ПП63ВВ BBC 44,PRU 30,CCP 32

1	2	3

Схема 2

Строчечные буровые установки или перфораторы для вертикального бурения, указанные в схеме 1.

Дополнительно:

а)Гидроклиновые установки:

СМР-075 FLUOSPAK 186 и 188, DARDA,HS-230

Схема 3

Термогазоструйные установки для резания камня:

УТР-2,КМРТ-1, ГА-150,ГА-300

ДТР-5,резак ХАИ, ЗВ-650

ВВР-60,ТРВ-М2,

ТВР-25/40-2,

ТВР-1-65Р,

ТВР-2-65М,

ПуНРТ-1 или 2,

ТР-14/25-5М

Схема 4

Комплекты оборудования,предусмотренные схемами 1 и 3.

Схема 5

Комплекты оборудования,предусмотренные схемами 2 и 3.

Схема 6

Комплекты оборудования,предусмотренные схемами 1,2 и 3.

Схема 7

Комплект оборудования,предусмотренный схемой 1.

1	2	3
	Дополнительно: Буровые установки горизонтального бурения:	
	КРУС-2	ТВ 602, ТБ 510, РР 514, РРО 512, ТБС 614, HORIZON

Схема 8

Комплект оборудования, предусмотренный схемой 4 и дополнительное буровое оборудование для горизонтального бурения, предусмотренное схемой 7.

Схема 9

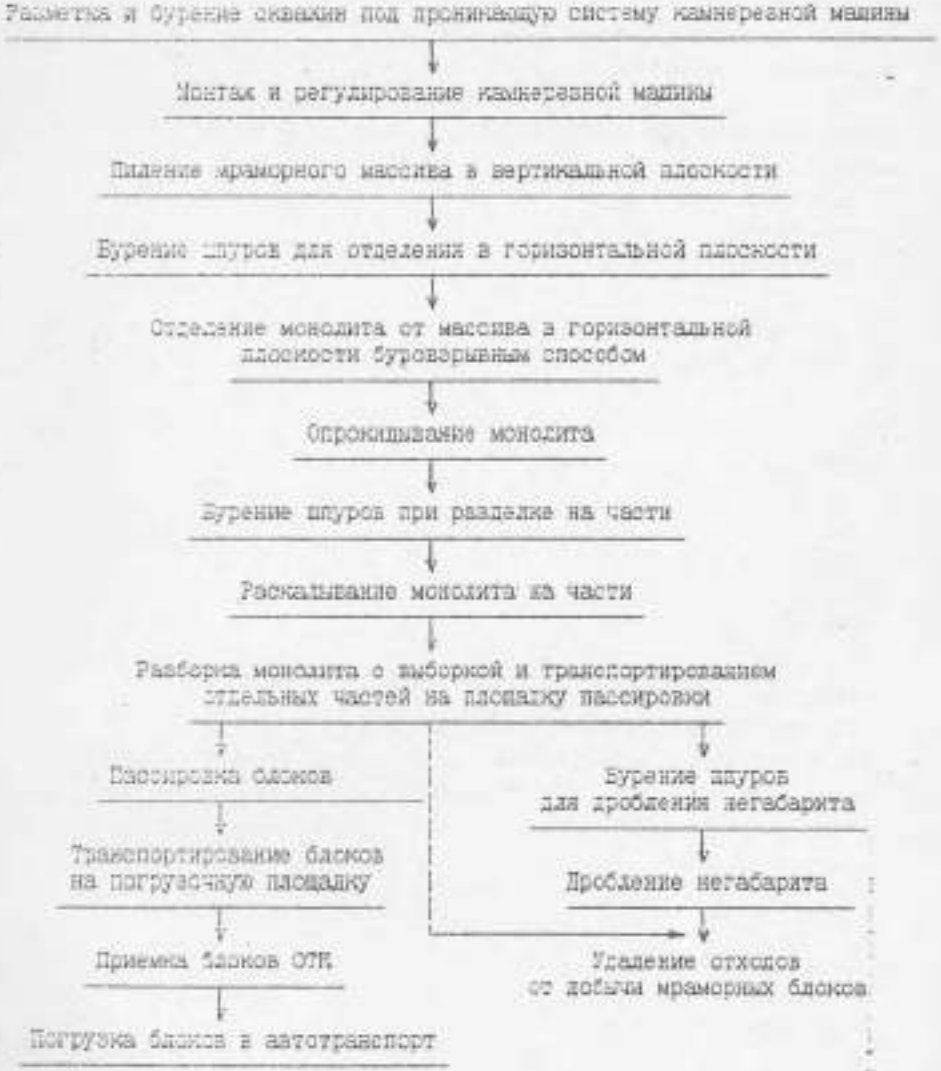
Комплект оборудования, предусмотренный схемой 6 и дополнительное буровое оборудование для горизонтального бурения, предусмотренное схемой 7.

Технические данные оборудования приведены в работах [1], [16], [18], [20].

Приложение 4

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

добычи блоков из мрамора комбинированным способом с применением камнерезных машин с гидравлическим рабочим органом и буровзрывных работ



Приложение 8

Оптимальные значения параметров для расчета ширины рабочей площадки на карьерах по добыче блоков

Наименование параметра	Обозначение	Значение, м
Ширина полосы безопасности между нижней бровкой верхнего уступа и площадкой для раскалывания монолита	$П_1$	10,0
Ширина площадки для раскалывания монолита	$П_р$	10,0
Ширина полосы для размещения вспомогательного оборудования	$П_в$	6,5
Ширина полосы безопасности до верхней бровки нижележащего уступа	$П_2$	5,0
Ширина полосы для размещения кранов, грузоподъемностью:	$П_к$	
до 16 т		6,0
до 45 т		8,0
до 63 т		10,0
более 63 т		Определяется графическим расчетом
Минимальное расстояние между наиболее выступающими частями камнерезных машин, работающих на соседних уступах	$П_3$	1,0
Ширина проезжей части при однополосном/ двухполосном движении для автомобилей грузоподъемностью:	$П_п$	
до 12 т		4,0/8,0
более 12 т		5,0/10,0
Ширина обочин:	$П_о$	
- однополосное движение		2,5
- двухполосное движение		1,5

Исходные данные для расчета ЕВР

Показатели	Обозн.	Варианты						
		1	2	3	4	5	6	7
1. Тип пород	-	мрамор	гранит	известняк	доломит	мрамор	гранит	габбро
2. Мощность вскрыши, м	$H_в$	15	6	20	13	5	10	8
3. Длина скважины, м	$L_{скв}$	11	5,6	12	8	4	6	5,4
4. Диам. скв., мм	D_c	105	160	105	115	105	160	105
5. Показ. затух. волны в массиве:								
-сферической	μ_c	1,25	1,22	1,12	1,38	1,37	1,28	1,31
-цилиндрической	$\mu_ц$	0,75	0,72	0,62	0,88	0,87	0,78	0,81
6. Показ. затух. волны демпфера	$\mu_д$	1,95	2,00	1,96	2,00	1,90	1,95	1,90
7. Предел прочности: на растяж., МПа	$\sigma_{рр}$	3	7	1,4	16	3	12	27
8. Коэф. динамичности нагружения	$K_д$	0,68	0,90	0,75	0,90	0,99	0,95	0,90
9. Коэффициент влияния среды	$K_с$	10,7	2,54	8,5	7,0	8,6	2,29	2,29
10. Коэффиц. структур. ослабления породы	λ	0,7	0,35	0,6	0,15	0,3	0,45	0,55
11. Тип ВВ		аммон. бжв	порох дымн.	углекнит N 5	граммонал А-45	граанулит А-8	аммон. серн. ИКзв	аммон. скальн. N 1
12. Средняя величина расчетного давления продуктов взрыва, МПа	Ррор	1082	209	130	1006	1033	636	1682
13. Плотность заряжания, кг/дм^3		1,0	0,8	1,35	0,95	1,05	1,05	1,43

Приложение 7

Исходные данные для расчета параметров раскола камня с использованием неразрывчатых разрушающих средств

Показатели	Обозн.	Варианты						
		1	2	3	4	5	6	7
1. Тип пород	-	мра-мор	гра-нит	извест-як	до-ломит	мра-мор	гра-нит	габ-бро
3. Длина скважин, м	$L_{скв}$	11	5,5	12	8	4	5	5,4
4. Диам. скв., мм	D_c	50	48	48	40	38	34	38
7. Предел прочности на растяж., МПа	$\sigma_{рр}$	5	7	1,4	16	8	12	20
9. Коэффициент влияния среды	K_c	10,7	2,54	8,6	7,0	2,6	2,09	2,09
10. Коэффиц. структур. ослабления породы	λ	0,7	0,05	0,6	0,15	0,2	0,45	0,55
11. Тип НРС		N 3	N 2	N 3	N 1	N 2	N 1	N 1
12. Номинальная величина расчетного давления НРС, МПа	$P_{пр}$	40	45	38	50	47	50	50
3. Коэффициент старения НРС	$K_{нс}$	0,69	0,80	0,75	0,30	0,99	0,85	0,80

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Специальность

21.05.04 Горное дело
Специализация №3 ***«Открытые горные работы»***

форма обучения: очная, заочная

квалификация выпускника: **Горный инженер (специалист)**

Авторы: Сандригайло И.Н., доцент, к.т.н.
Кокунина Л.В., ст. преподаватель, к.т.н.
Беляев В.Л., ст. преподаватель
Ганиев Р.С., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры
Разработки месторождений открытым способом
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Лель Ю.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 337 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-технологического факультета
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА 4
2. ПОВТОРЕНИЕ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА. ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ......5
3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ 5
4. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА 6
5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ).....7
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ 9
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ.....13

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие учебно-методическое пособие содержит информацию, необходимую для выполнения самостоятельной работы по дисциплине Б1.Б.2.02 «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации №3 «Открытые горные работы», очной и заочной формы обучения.

Согласно рабочей программе дисциплины Б1.Б.2.02 «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

- Повторение материала лекций
- Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)
- Ответы на вопросы для самоконтроля
- Подготовка к практическим занятиям
- Подготовка к контрольной работе
- Подготовка и написание курсового проекта
- Подготовка к зачетам
- Подготовка к экзамену

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу и принятая трудоемкость по отдельным её видам представлена в разделе 7 рабочей программы дисциплины.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

Технологические типы месторождений и особенности их разработки. Запасы полезного ископаемого и кондиции на минеральное сырье. Критерии оценки горных работ. Рабочая зона карьера. Режим горных работ. Вскрытие карьерных полей. Системы открытой разработки. Организация и управление горными работами.

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

Особенности разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений. Схемы разработки при простой бестранспортной системе разработки вскрыши. Схемы разработки при усложненной бестранспортной системе разработки вскрыши: суть, типичные схемы, расчет. Модификации схем бестранспортной разработки. Система разработки со сбросом горной массы взрывом. Организация вскрышных и добычных работ при бестранспортных системах разработки. Системы разработки с применением консольных отвалообразователей и транспортно-отвальных мостов. Вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

Особенности разработки россыпных месторождений. Разработка россыпных месторождений бульдозерно-экскаваторным способом. Разработка россыпных месторождений экскаваторным способом. Разработка россыпных месторождений гидравлическим способом. Разработка россыпных месторождений дражным способом.

Тема 4: Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

История развития, краткое описание направлений развития камнедобывающей отрасли. Виды горных пород. Генезис. Горнотехнические условия. Оценка и разведка месторождений облицовочного камня. Виды вскрытия с применением транспортных и бестраншейных схем вскрытия месторождений облицовочного камня. Безвзрывные способы подготовки вскрышных пород к выемке. Методы предохранительного взрывания на выветрелых горных породах. Способы, основанные на механическом резании горных пород. Резание горных пород специальными методами: струей воды высокого давления, термогазоструйными и плазменными горелками, лазерными установками. Способы подготовки блоков к выемке методом сплошного бурения. Способы подготовки камня к выемке бурением по

контуру с последующим механическим и взрывным откалыванием. Управление действием взрыва на массив. Принципы комбинации способов подготовки камня к выемке. Процессы подготовки к выемке облицовочного камня: подготовка к выемке, пассировка, погрузка, транспортирование, складирование кондиционного сырья. Погрузка, транспортирование и складирование некондиции.

2. ПОВТОРЕНИЕ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕМ КУРСА. ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

Основной объем информации по дисциплине излагается: для очной формы обучения - преподавателем на аудиторных (лекционных) занятиях в устной форме; для заочной формы обучения – в учебной литературе, перечень которой представлен в разделе 8 настоящего методического пособия. Использование основной литературы считается обязательным для повторения и самостоятельного изучения тем курса, использование дополнительной литературы предусматривается с целью углублённого изучения отдельных разделов дисциплины.

Рекомендуется следующий порядок повторения или самостоятельного изучения тем дисциплины:

1. Ознакомьтесь с содержанием темы;
2. Ознакомьтесь с конспектом лекций по теме;
3. Ознакомьтесь с изложением данной темы в литературных источниках;
4. Ответьте на контрольные вопросы по данной теме (приложение 1 настоящего методического пособия), используя при необходимости конспект лекций и литературные источники;
5. Составьте конспект по изученному (повторенному) материалу;
6. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

3. ПОДГОТОВКА К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

С Выполнение практических и контрольных работ осуществляется студентами на аудиторных занятиях в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению практических и контрольных работ представлены в методических пособиях:

1. Исаков С.В., Беляев В.Л., Ганиев Р.С. Руководство по выполнению практических и контрольных работ по дисциплине Б1.Б.2.02

Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 1. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

2. Сандригайло И.Н. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 2. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019
3. Кокунина Л.В., Ганиев Р.С., Бычков Г.В. Руководство по выполнению практических работ по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019
4. Ганиев Р.С. Руководство по выполнению контрольной работы по дисциплине Б1.Б.2.02 Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Часть 3. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки к практическим и контрольным работам:

1. Используя соответствующее методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными к работе;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. Подготовьте титульную страницу работы с указанием названия работы, цели и задач работы, а также выпишите исходные данные согласно варианту, назначенному преподавателем;
4. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

4. ПОДГОТОВКА И НАПИСАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта осуществляется студентами в соответствии с методическими указаниями.

Методические указания по выполнению курсового проекта представлены в методическом пособии:

Сандиргайло И.Н., Беляев В.Л., Кокунина Л.В., Ганиев Р.С., Сорокин Л.А. Руководство по выполнению курсового проекта по дисциплине Б1.Б.2.02

Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Екатеринбург: ФГБОУ ВО «УГГУ», 2019

Рекомендуется следующий порядок подготовки и написания курсового проекта:

1. Используя методическое пособие, ознакомьтесь с темой, содержанием и исходными данными для выполнения курсового проекта;
2. При возникновении непонимания цели, задач и общей сути работы, повторите соответствующий раздел теоретической части дисциплины, используя конспект лекций или учебную литературу;
3. Подготовьте титульную страницу работы с указанием названия работы, цели и задач работы, а также выпишите исходные данные согласно варианту, назначенному преподавателем;
4. Выполнение разделов курсового проекта осуществлять в порядке, изложенном в методическом пособии. Графическая часть, как правило, оформляется прежде пояснительной записки. Требования к оформлению также изложены в методическом пособии.
5. При возникновении непонимания порядка выполнения работы обратитесь за консультацией к преподавателю.

5. ПОДГОТОВКА К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ)

Сдача зачета (экзамена) осуществляется студентами по результату изучения каждой из трёх тематических частей дисциплины:

- **часть 1**: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений (тема 1);

- **часть 2**: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений (тема 2)

- **часть 3**: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений, Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня (темы 3-4)

Зачет (экзамен) по дисциплине проводится по билетам. Билет на зачет (экзамен) включает в себя два теоретических вопроса из перечня, представленного в приложении 2 настоящего методического пособия. На зачете/экзамене преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов билета и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие

вопросы задаются в рамках билета и направлены на выявление степени понимания студентом изучаемого предмета.

Рекомендуется следующий порядок подготовки к зачету (экзамену):

1. Ознакомьтесь с перечнем экзаменационных вопросов;
2. Повторите соответствующие разделы теоретической части дисциплины, используя конспект лекций и учебную литературу;
3. С целью закрепления усвоенного материала письменно составьте ответы на представленные вопросы;
4. При возникновении затруднений при усвоении материала обратитесь за консультацией к преподавателю.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Технология открытых горных работ : учебник / Ю. И. Анистратов, К. Ю. Анистратов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : НТЦ "Горное дело", 2008. - 472 с.
2	Справочник. Открытые горные работы : справочное издание / Трубецкой К. Н. [и др.]. - Москва : Горное бюро, 1994. - 590 с. : ил. - Библиогр.: с. 583
3	Практикум по открытым горным работам : учеб. пособие / Иван Михайлович Ялтанец И. М., Михаил Иванович Щадов М. И. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Изд-во МГУ, 2003. - 429 с

Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
1	Открытая разработка месторождений полезных ископаемых : учебник / В. С. Хохряков. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1991. - 336 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

1. Какие существуют технологические типы месторождений и особенности их разработки?
2. Какие выделяются виды запасов полезного ископаемого?
3. Каким образом составляются кондиции на минеральное сырье?
4. Каковы критерии оценки горных работ?
5. Какие выделяются параметры рабочей зоны карьера?
6. От чего зависят параметры рабочей зоны карьера?
7. От чего зависит режим горных работ?
8. Какие существуют схемы вскрытия карьерных полей для крутопадающих месторождений?
9. Какие выделяются виды систем открытой разработки?
10. По каким критериям производится выбор системы разработки?

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

1. Какие выделяются особенности залегания горизонтальных и пологопадающих месторождений?
2. Какие схемы разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений применяются на практике?
3. В чем заключаются особенности, достоинства и недостатки простой бестранспортной системы разработки?
4. Что подразумевается под термином «готовые к выемке резервы»?
5. В чем заключаются особенности, достоинства и недостатки усложненной бестранспортной системы разработки?
6. Что отражает коэффициент переэкскавации?
7. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Черемховской схемы?
8. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Райчихинской схемы?
9. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Украинской схемы?
10. В чем заключаются суть, достоинства и недостатки Назаровской схемы?
11. Каковы особенности бестранспортной схемы разработки с взрыванием вскрышных пород?

12. Каковы особенности организации вскрышных и добычных работ при бестранспортной схеме?

13. Какие существуют варианты типов забоев в добычной панели?

14. Какие существуют схемы работ при бестранспортной системе разработки?

15. В чём заключаются особенности систем разработки с применением консольных отвалообразователей?

16. В чём заключаются особенности систем разработки с применением транспортно-отвальных мостов?

17. Как осуществляется вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений?

18. Какой порядок ведения горных работ предусматривается при бестранспортных системах разработки?

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

1. Какие выделяются способы разработки россыпных месторождений?

2. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при бульдозерном способе их отработки?

3. В чем заключаются особенности схемы ведения работ при бульдозерном способе разработки россыпей?

4. Какие факторы определяют производительность бульдозерной техники?

5. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при бульдозерно-экскаваторном способе их отработки?

6. В чем заключаются особенности схемы ведения работ при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения?

7. По какому принципу проектируются комплексы оборудования при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения?

8. Какие существуют типы гидромониторных забоев?

9. По какой схеме осуществляется вскрытие россыпных месторождений при гидромониторном способе их отработки?

10. По какой схеме осуществляется отработка уступа и перемещение работ при отработке россыпей гидромониторным способом?

11. Что является основными техническими характеристиками гидромонитора?

12. Какие факторы определяют ширину рабочей площадки при гидромониторной отработке россыпей?

13. От каких фактров зависит производительность гидромонитора?

14. Как классифицируются драги в зависимости по критерию возможной глубины отработки?

15. Какие существуют схемы водоснабжения дражного разрезы?

16. Какие существуют технологические схемы ведения работ при дражном способе отработки россыпей?

17. От каких факторов зависит производительность многочерпаковых драг?

Тема 4: Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

1. Какие схемы вскрытия применяются при разработке месторождений облицовочного камня?

2. Чем принципиально отличаются технология траншейного и бестраншейного вскрытия месторождений облицовочного камня?

3. Какие существуют способы подготовки вскрышных пород к выемке при отработке месторождений облицовочного камня?

4. В чём заключаются особенности технологии безвзрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке?

5. В чём заключаются особенности технологии взрывных способов подготовки вскрышных пород к выемке?

6. Способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на механическом резании и области их применения.

7. Какие существуют способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на бурении горных пород? Какова область их применения?

8. Какие существуют способы подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня, основанные на альтернативных методах разрушения горных пород? Какова область их применения?

9. В чём заключается суть комбинированных способов подготовки к выемке блоков природного облицовочного камня? Какова область их применения?

10. Какие существуют виды технологических процессов на добыче блочного камня? В чём заключаются их особенности?

11. Какие механизмы, оборудование и техника применяются в процессах подготовки к выемке облицовочного камня?

12. В чём заключается суть пассировки блочного камня? Какие к ней предъявляются требования?

13. Как осуществляются погрузка, складирование и учет некондиционной горной массы?

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ
Часть 1.

Тема 1: Технология и комплексная механизация разработки крутопадающих месторождений

1 Общие сведения о технологии открытой добычи полезных ископаемых Принципы комплексной механизации.
2 Вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы полезных ископаемых.
3 Формирование качества руд. Структура запасов полезных ископаемых.
4 Промышленные требования к качеству полезных ископаемых. Ценность полезных ископаемых.
5 Оценка качества горных работ. Учет потерь и разубоживания.
6 Коэффициенты вскрыши и горной массы. Критерии оценки горных работ
7 Показатели развития горных работ Расчет скорости понижения горных работ.
8 Рабочая зона карьера. Понятия и определения.
9 Законы формирования рабочей зоны карьера.
10 Рабочая зона глубоких карьеров. Особенности развития рабочей зоны глубоких карьеров.
11 Режим и этапы горных работ.
12 Вскрытие карьерных полей. Способ, схема и система вскрытия.
13 Назначение и подразделение горных выработок. Классификация способов вскрытия
14 Трасса капитальных траншей. Выбор формы трассы
15 Транспортные способы проходки траншей.
16 Выбор способа вскрытия карьерного поля.
17 Вскрытие крутопадающих и наклонных месторождений Основные рекомендации по планированию схем вскрытия.
18 Вскрытие тупиковыми, петлевыми и спиральными съездами.
19 Вскрытие нагорных месторождений. Вскрытие подземными горными выработками.
20 Системная разработка карьерных полей.
21 Классификация систем разработки по Н.В Мельникову.
22 Классификация систем разработки по В В Ржевскому.
23 Элементы, параметры и показатели систем разработки.
24 Особенности открытой разработки наклонных и крутопадающих месторождений.

25 Системная разработка с применением железнодорожного транспорта
26 Системная разработка с применением автомобильного транспорта.
27 Системная разработка с применением конвейерного транспорта

Часть 2.

Тема 2: Технология и комплексная механизация разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений

1 Особенности залегания горизонтальных и пологопадающих месторождений.
2 Схемы разработки горизонтальных и пологопадающих месторождений
3 Простая бестранспортная система разработки. Ее особенности, достоинства и недостатки.
4 Формула для определения предельной мощности вскрыши, отрабатываемой экскаватором-драглайном, заданной модели.
5 Формула для выбора экскаватора – драглайна, имеющего радиус разгрузки, необходимый для отработки вскрыши на конкретном месторождении.
6 Схема совместной работы вскрышного и добычного экскаваторов. Готовые к выемке резервы.
7 Усложненная бестранспортная система разработки. Коэффициент переэкскавации.
8 Черемховская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
9 Райчихинская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
10 Украинская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
11 Назаровская схема. Ее суть, достоинства и недостатки.
12 Бестранспортная схема разработки с взрыванием вскрышных пород.
13 Организация вскрышных и добычных работ при бестранспортной схеме. Варианты типов забоев в добычной панели.
14 Схемы работ при бестранспортной системе разработки. Правила их конструирования.
15 Системы разработки с применением консольных отвалообразователей.
16 Системы разработки с применением транспортно-отвальных мостов.
17 Вскрытие горизонтальных и пологопадающих месторождений.

Часть 3.

Тема 3: Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений

1 Способы разработки россыпных месторождений и условия их применения.
2 Схемы вскрытия россыпных месторождений при бульдозерном способе их отработки.
3 Схемы ведения работ при бульдозерном способе разработки россыпей.
4 Производительность бульдозерной техники.
5 Схемы вскрытия россыпных месторождений при бульдозерно-экскаваторном способе их отработки.
6 Схемы ведения работ при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения.
7 Принцип комплексности при выборе оборудования при экскаваторно-бульдозерном способ разработки россыпного месторождения.
8 Типы гидромониторных забоев.
9 Схемы вскрытия россыпных месторождений при гидромониторном способе их отработки.
10 Схема отработки уступа и перемещения работ при отработке россыпей гидромониторным способом.
11 Технические характеристики гидромониторов и принципы выбора гидромониторного оборудования.
12 Конструкция рабочей площадки при гидромониторной отработке россыпей.
13 Производительность гидромонитора.
14 Классификация драг в зависимости по критерию возможной глубины отработки.
15 Принципиальное устройство многочерпаковой драги.
16 Схемы водоснабжения дражного разрезы.
17 Технологические схемы ведения работ при дражном способе отработки россыпей.
18 Производительность многочерпаковых драг.

Тема 4. Технология и комплексная механизация разработки месторождений блочного камня

1 Камнедобывающая отрасль, основные направления ее развития.
2 Какие горные породы применяются, как материал для облицовочных и строительных материалов.
3 Основные горнотехнические условия, особенности оценки и разведки

месторождения облицовочного камня.

4 Основные требования к геологической документации, какие данные должна содержать геологическая документация при оценке, разведке месторождений облицовочного камня.

5 Способы производства вскрышных работ на месторождениях облицовочного камня.

6 Способы вскрытия технологии вскрытия месторождений облицовочного камня.

7 Принципы предохранительного взрывания на месторождениях облицовочного камня.

8 Способы подготовки к выемке облицовочного камня.

9 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на механическом резании.

10 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на сплошном бурении.

11 Основные принципы и технология подготовки к выемке блоков природного камня, основанная на механическом или взрывном откалывании.

12 Требования к качеству и параметрам блоков из природного камня.

13 Основные принципы и технология пассировки блоков.

14 Основные грузоподъемные механизмы и требования к ним при подготовке к выемке блочного камня.

15 Требования к транспортным средствам при перевозке блочного камня.

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

Специализация
Открытые горные работы

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Философии и культурологии	Горно-технологического 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 01.09.2021	Протокол № 2 от 12.10.2021
(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;

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.

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 НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

Б1.О.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность
21. 05.04 Горное дело

Специализация
Открытые горные работы

Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

Одобрена на заседании кафедры

Философии и культурологии
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Беляев В.П.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 01.09.2021
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

Горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Колчина Н. В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по написанию реферата	5
2	Примерные темы рефератов	8
	Заключение	9

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.

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.

Одним из видов самостоятельной работы является выполнение контрольной работы. В учебном плане специальности ***21. 05.04 Горное дело,*** специализации ***Открытые горные работы*** такой работой является реферат.

1. 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. Ведущее место занимают темы, представляющие профессиональный интерес, несущие элемент новизны. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила.

- Определить идею и задачу реферата. Следует помнить, что реферат будут читать другие. Поэтому постоянно задавайте себе вопрос, будет ли понятно написанное остальным, что интересного и нового найдут они в работе.
- Ясно и четко сформулировать тему или проблему. Она не должна быть слишком общей.
- Найти нужную литературу по выбранной теме. Составить перечень литературы, которая обязательно должна быть прочитана.

Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

- Введение, в котором раскрывается цель и задачи сообщения; здесь необходимо сформулировать социальную или политическую 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.

  Студент должен показать свободное владение основными понятиями и категориями авторского текста. Для лучшего изложения сущности анализируемого материала можно проиллюстрировать его таблицами, графиками, сравнением цифр, цитатами.
- 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, направленных на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов, а также на усиление контроля за этой работой.

Целью написания рефератов является привитие студентам навыков самостоятельной работы с литературой с тем, чтобы на основе их анализа и обобщения студенты могли делать собственные выводы теоретического и практического характера, обосновывая их соответствующим образом.

В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых студент приобретает, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов даст ему навыки лучше делать то же самое, но уже в письменной форме, грамотным языком и в хорошем стиле.

Представляется, что в зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на две основные группы (типы): научно-проблемные и обзорно-информационные.

Научно-проблемный реферат. При написании такого реферата студент должен изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной изучаемой теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием.

На основе написанных рефератов возможна организация «круглого стола» студентов данной учебной группы. В таких случаях может быть поставлен доклад студента, реферат которого преподавателем признан лучшим, с последующим обсуждением проблемы всей группой студентов.

Обзорно-информационный реферат. Разновидностями такого реферата могут быть:

1) краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, другого издания (или их частей: разделов, глав и т.д.) как правило, только что опубликованных, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины. По рефератам, содержание которых может представлять познавательный интерес для других студентов, целесообразно заслушивать в учебных группах сообщения их авторов;

2) подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за тот или иной период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.).

Такой реферат может рассматриваться и как первоначальный этап в работе по теме курсовой работы.

Темы рефератов определяются преподавателем, ведущим занятия в студенческой группе. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается студентом самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 15-20 страниц машинописного текста через 1,5 интервала. При оформлении реферата необходимо ориентироваться на правила, установленные для оформления курсовых работ.

Написание реферата и его защита перед преподавателем или группой предполагает, что студент должен знать правила написания и оформления реферата, а также уметь

подготовить сообщение по теме своего реферата, быть готовым отвечать на вопросы преподавателя и студентов по содержанию реферата.

Роль студента: идентична при подготовке информационного сообщения, но имеет особенности, касающиеся:

- выбора литературы (основной и дополнительной);
- изучения информации (уяснение логики материала источника, выбор основного материала, краткое изложение, формулирование выводов);
- оформления реферата согласно установленной форме.

Реферат сдается в указанные преподавателем сроки.

Выполнение этой работы является основанием для допуска студента к зачету/экзамену по Философии.

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 – 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»

3. ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Философия, мифология, религия и наука: понимание и соотношение в культуре.
2. Структура мировоззрения личности.
3. Особенности мифологического и религиозного мировоззрения.
4. От мифа к логосу (становление философского мировоззрения).
5. Философское учение буддизма.
6. Мировоззренческие различия между древнеиндийской и древнекитайской философией.
7. Концепция «идеального государства» Платона и современное учение об обществе.
8. Этика Аристотеля и современность.
9. Христианское понимание человека.
10. Соотношение веры и знания в западной средневековой философии.
11. Критика Ф. Бэконом «идолов» познания.
12. Происхождение государства в философии Т. Гоббса.
13. «Коперниканский переворот» И. Канта в философии.
14. Субъект и объект познания в философии И.Канта.
15. Роль нравственной антиномии личности в философии И. Канта.
16. Проблема свободы и необходимости в философии французских просветителей.
17. Система объективного идеализма Гегеля.
18. Социально-философские идеи К. Маркса и их историческая судьба.
19. «Русская идея» в отечественной философии.
20. Философские воззрения З. Фрейда: сознательное и бессознательное в человеке.
21. Универсальные символы сознания в теории К. Г. Юнга.
22. Экзистенциальная философия Ж.-П. Сартра и А. Камю.
23. Учение о бытии в истории философии.
24. Пространство и время в научной и религиозной картинах мира.
25. Проблема времени в философии. Социальное время.
26. Проблема реальности в современной науке и в современной философии.
27. Философские проблемы теории относительности.
28. Истина и заблуждение в истории познания.
29. Интуиция – одна из познавательных способностей человека.
30. Проблема взаимосвязи сознания и мозга.
31. Наука как специфическая познавательная деятельность.
32. Научно-технический прогресс и научные революции.
33. Влияние научно-технической революции на образ жизни человека.
34. Философия техники: проблемы, основные понятия, интерпретации.
35. Техническая деятельность человека.
36. Человек: тело, душа, дух.
37. Любовь и ненависть в интерпретациях философов.
38. Проблема личной свободы и социальной ответственности в современном мире.
39. Проблема смысла жизни, смерти и бессмертия в философии.
40. Свобода человека и ее понимание в различных философских системах.
41. Будущее России: социально-философский анализ.
42. «Конец истории» и «конфликт цивилизаций».
43. Будущее цивилизации: дискуссии и решения в современной философии.
44. Демографические проблемы в современном мире.
45. Проблемы войны и мира в современном обществе.

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 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.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

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

Профиль (направленность)
Открытые горные работы

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Колчина Н.В .
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 16.09.2021	Протокол № 2 от 08.10.2021
(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 РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Б1.О.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Профиль (направленность)
Открытые горные работы

.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Колчина Н.В .
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021	Протокол № 2 от 08.10.2021
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

Автор: Железникова А.В

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалитета по специальности 21.05.04 Горное дело при организации самостоятельной работы по дисциплине «История России» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы, требования к ее оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

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.

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; оно направлено на формирование знаний основных категорий, развитие навыков логического мышления.

Контрольная работа должна быть оформлена следующим образом. На титульном листе необходимо указать название университета (ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»), название кафедры (кафедра Управление персоналом), название дисциплины («История России»), по которой выполняется работа, фамилию и инициалы имени и отчества студента, фамилию и инициалы преподавателя. Титульный лист работы оформляется студентом по образцу, данному в приложении.

Положительная оценка по контрольной работе ставится в случае, если задание по работе выполнено в полном объеме, правильно. При этом, обучающийся показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений в рамках усвоенного учебного материала, ответил на все дополнительные вопросы на защите.

Студент, не получивший оценку по контрольной работе, не может быть допущен к зачету по дисциплине «История России».

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».

Основные правила оформления 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

Проверяемая компетенция: УК-5

Знать:

- основные категории и понятия, относящиеся к исторической проблематике;
- актуальные события, тенденции, факторы, этапы и закономерности истории России;
- место и роль России в мировой истории в контексте различных направлений современной историографии;
- основные теории и концепции по истории России;
- социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия общества;

Уметь:

- толерантно воспринимать межкультурное разнообразие общества;
- интерпретировать прошлое с позиций настоящего без опоры на оценочные суждения;
- осмысливать общественное развитие в более широких рамках, видеть его более интерактивным и эволюционным в социальном смысле и не загонять его в идеологически детерминированную последовательность событий;
- извлекать из прошлого российской истории практические уроки для применения полученных знаний в профессиональной деятельности;
- анализировать и оценивать исторические события и процессы в их динамике и взаимосвязи.
- демонстрировать уважение к людям и проявлять толерантность к другой культуре, готовность к поддержанию партнерских отношений;

Владеть:

- навыками толерантного восприятия межкультурного разнообразия общества;
- навыками анализа исторических источников и исторической литературы, а также умением ведения дискуссии по проблемам исторического прошлого;
- способностью к социальному взаимодействию на основе принятых моральных и правовых норм, социальных стандартов;
- знанием базовых ценностей мировой культуры, готовностью опираться на них в своем личном и общекультурном развитии;
- способностью самостоятельно осуществлять исследовательскую деятельность использованием современных информационно-коммуникационных технологий.

Критерии оценивания:

- многоаспектность анализа проблемы,
- умение применять теоретические знания к реальной ситуации задания (наличие иллюстративных примеров),
- наличие выводов,
- соответствие требованиям оформления,
- соблюдение норм литературной речи, грамотность, владение профессиональной терминологией

Правила оценивания:

Первый показатель – 3 балла, последний – 1 балл, остальные показатели – по 2 балла.

Критерии оценки:

5-10 баллов (50-100%) – «зачтено»;

0-4 баллов (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 для *специалистов горного дела.*

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. РРМ-22
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.02.02 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Профиль (направленность)
Открытые горные работы

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Управления персоналом	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Колчина Н.В .
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 16.09.2021	Протокол № 2 от 08.10.2021
(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.

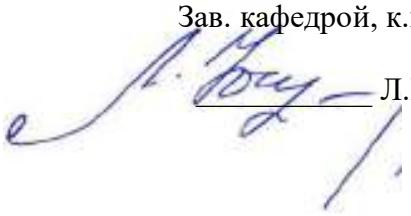
Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

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.

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)
Открытые горные работы

форма обучения: очная, заочная

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрен на заседании кафедры
Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)
Протокол №1 от 28.09.2021 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/**have you**?

B: No. You didn't leave it in the car, **did you**/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 Présent:

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
Открытые горные работы

формы обучения: очная, заочная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ОГР-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 ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Открытые горные работы

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2022

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры

Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав. кафедрой
(подпись)

Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 28.09.2021 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

горно-технологического факультета
(название факультета)

Председатель
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол №2 от 08.10.2021 г.
(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 Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. 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 **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **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 **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **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* **many boys** - *много мальчиков* **many books** - *много книжек*	**much snow** - *много снега* **much money** - *много денег* **much time** - *много времени*
How many? } **сколько?** **How much?** } **сколько?**	**How many girls?** - *Сколько девочек?* **How much sugar?** - *Сколько сахара?* **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 **a lot of** 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 **few girls** - мало девочек **few boys** - мало мальчиков	**little time** - мало времени **little money** - мало денег **little snow** - мало снега
little } **мало (т.е. надо еще)** **few** } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** } **немного (т.е. пока хватает)** **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)** **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) **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** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **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** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья 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? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **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** **child's ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**'s**	**children's bail** **women's rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**'**	**girls' toy** **birds' house**	игрушка девочек 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! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. 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 the main road to the left, to the right 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 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? 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 a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike 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. 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. 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 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** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **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** eas**iest - самый простой**
able - способный	abl**er - способнее**	**the** abl**est - самый способный**
busy - занятой	bus**ier - более занятой**	**the** bus**iest - 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 – larger - the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – braver – 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 – 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 **bad** - плохой **little** - маленький **much/many** - много **far** - далекий/далеко **old** - старый	**better** - лучше **worse** - хуже **less** - меньше **more** - больше **farther/further** - дальше **older/elder** - старше	**the best** - самый лучший **the worst** - самый плохой **the least** - самый маленький, меньше всего **the most** - больше всего **the farthest/furthest** - самый дальний **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 **interesting** - интересный **important** - важный	**less beautiful** - менее красивый **less interesting** – менее интересный **less important** - менее важный	**the least beautiful** – самый некрасивый **the least interesting** – самый неинтересный **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 Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. 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. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. 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 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 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. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 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 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. 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; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать;

образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра; **course of studies** - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере; **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **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, 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*** Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 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

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)
Открытые горные работы

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры

Иностранных языков и деловой коммуникации
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.
(Фамилия И.О.)

Протокол №1 от 28.09.2021 г.
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией

горно-технологического факультета
(название факультета)

_____
(подпись)

Колчина Н.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол №2 от 08.10.2021 г.
(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 Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. 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 **a man –** мужчина **brother** – брат **father** – отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **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 **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **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.*

<u>В утвердительных</u> предложениях используйте **a lot of.**
<u>В отрицательных</u> 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)** **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) **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** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **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** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики

2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья 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? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **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** **child’s ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**’s**	**children’s bail** **women’s rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**’**	**girls’ toy** **birds’ house**	игрушка девочек 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! What a surprise!

	Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. 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 the main road to the left, to the right 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 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? He works at the shop.

at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market the fact is (was) that... where is the…? in the country, to the country	The fact is that I have no money at all. Where is the doctor? 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 a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike 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. 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. 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) They have (got)	You've (got) They've (got)	You have not (got) They have not (got)	You haven't (got) 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** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **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 **easy -** простой **able -** способный **busy -** занятой	clever**er - умнее** eas**ier - проще** abl**er - способнее** bus**ier - более занятой**	**the** clever**est - самый умный** **the** eas**iest - самый простой** **the** abl**est - самый способный** **the** bus**iest - 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 – larger - the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – braver – 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 – busiest / занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier – easiest / 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 **interesting – интересный** **important - важный**	**more beautiful -** красивее **more interesting -** интереснее **more important -** важнее	**the most beautiful -** самый красивый **the most interesting -** самый интересный **the most important -** самый важный

Особые формы

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
good - хороший **bad -** плохой **little -** маленький **much/many -** много **far -** далекий/далеко **old -** старый	**better -** лучше **worse -** хуже **less -** меньше **more -** больше **farther/further -** дальше **older/elder -** старше	**the best -** самый лучший **the worst -** самый плохой **the least -** самый маленький, меньше всего **the most -** больше всего **the farthest/furthest -** самый дальний **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 **interesting -** интересный	**less beautiful -** менее красивый	**the least beautiful –** самый некрасивый

important - важный	**less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least interesting –** самый неинтересный **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 Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. 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. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. 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; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать; **to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере;

course of studies - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **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 *(рудьі)*

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 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 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. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 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 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. 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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Гребенкин С.М.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического факультета
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Елохин В.А.	КолчинаН.В.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 14.09.2021	Протокол № 2 от 08.10.2021
(Дата)	*(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 Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – $Q_н$: при $Q_н \leq 20$ ккал/м^3·ч Δt = 6 ^{o}C; при $Q_н > 20$ ккал/м^3·ч Δt = 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
Фонарь 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 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 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.

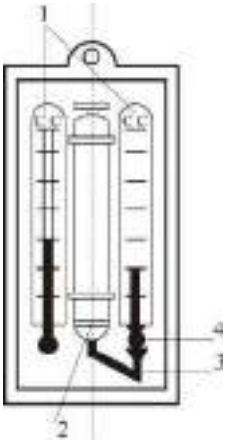


Рис. 3.2 Психрометры Августа

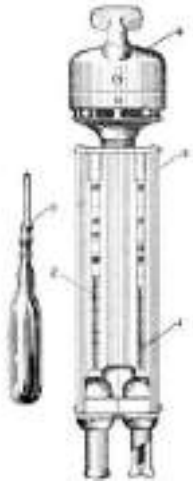


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

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 φ

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} * 100, \quad (3.6)$$

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 φ, 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

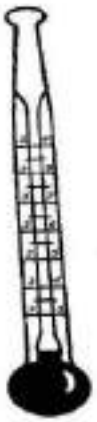


Рис. 3.5 Кататермометр

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 φ, %									
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
	Средней тяжести – Пб	17-19	40-60	0,2
	Тяжелая – III	16-18	40-60	0,3

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 φ подтверждают данные таблицы. При разности показаний сухого и влажного термометров Тс – Тв = 22 – 16 = 6 ℃ относительная влажность воздуха φравна 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

$$Q_{охл} = K_{\tau} P l (t_{п} - t_{в}), \qquad (4.2)$$

где K_{τ} - 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_{τ}, кДж/(м^2·ч·К) определяется по формуле

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi a \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}} \right], \qquad (4.5)$$

где λ - коэффициент теплопроводности породы, кДж/(м·ч·К) (принимается по табл. 3.1); α_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); τ - расчетное время процесса теполообмена, ч (например, при длительности процесса теплообмена 4 года значение τ = 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 α_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; ψ - 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; Δt - 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	α, °	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	τ, 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 Аварийная или опасная ситуация Пожарная техника, средства противо-пож. защиты, их элементы	Запрещение опасного поведения или действия.Обозначение непо-средственной опасности Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (техноло- гического процесса) 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 запрещается
Р 02		Запрещается пользоваться открытым 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

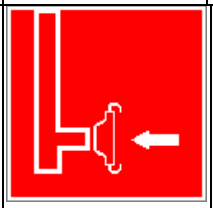
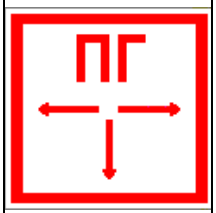
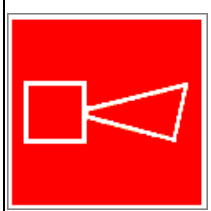
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 09		Работать в предохранительном (страховочном) поясе	На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов
М 10		Проход 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. 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 распо- 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.

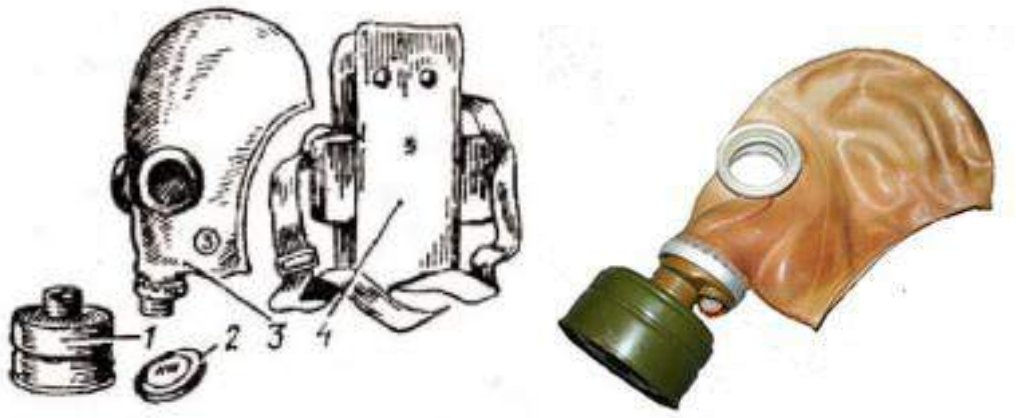


Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

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.

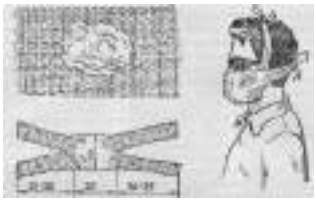


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

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.

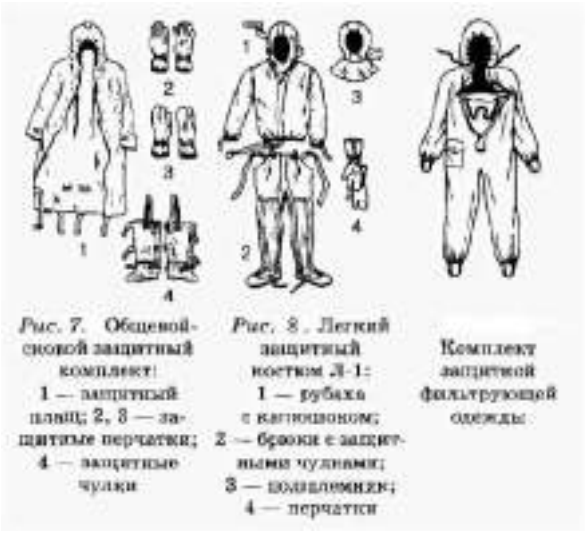


Рис. 7. Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

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.

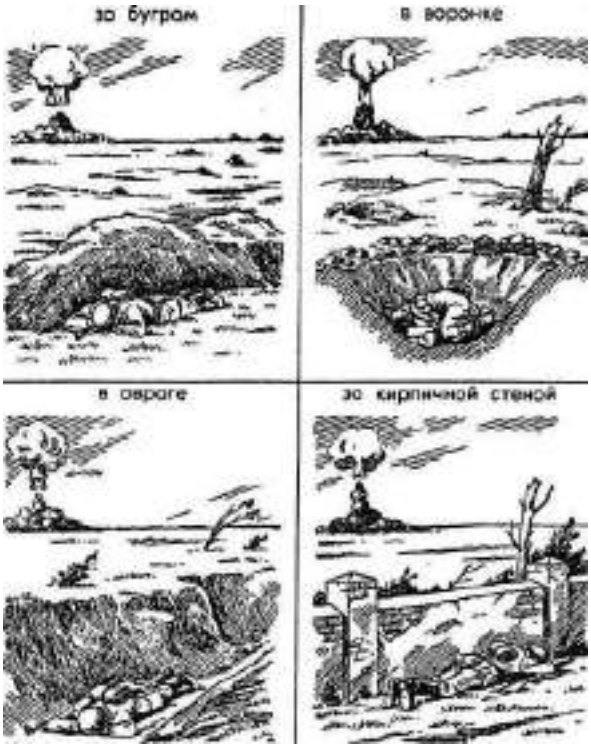


Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

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.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

по дисциплине

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Авторы: Гребенкин С.М.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией
Безопасности горного производства	Горно-технологического 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 14.09.2021	Протокол № 2 от 08.10.2021
(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