МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.1.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 3

Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0261A6BD005DAC979B410F3EA731403511
Владелец: Упоров Сергей Александрович
Действителен: с 23.10.2020 до 23.01.2022

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	7
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	8
4	Методические рекомендации по написанию эссе	10
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	13
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	13
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
	Заключение	18
	Список использованных источников	19

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

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

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

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

Общая структура доклада

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;
- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	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 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 ОБРАЗОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ИСТОРИЯ

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2	Методические указания по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
	Заключение	14
	Список использованных источников	15

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

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

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в

качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим метода

2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

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

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 из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

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

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

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать

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

авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной

дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения

воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;

- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

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

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

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

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

Б1.Б.1.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:

21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 3

Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Выполнение работы над ошибками……...…8
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа ……..…10

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:

общекультурные:

- способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-6).

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 *21.05.03 Технология геологической разведки.*

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации.* Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.03 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

Контрольная работа проводится по теме *1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и *теме 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Заполните пропуски местоимениями some, any, no или их производными.

Пример: A: Is ***anything*** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them).

Пример: My teacher is very nice. I like … . – I like **him**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.

Пример: Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Paul was tired when he got home. – ***Was Paul tired when he got home? Yes, he was.***

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.

Пример: A British university year is divided into three _____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms**; 4) periods;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите правильную форму глагола.

Пример: A: I have a Physics exam tomorrow.

B: Oh dear. Physics **is/**are a very difficult subject.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».

Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.

Пример: I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.

Пример: **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*

The Petersons have bought **a dog. –** *What have the Petersons bought?*

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.

Пример: A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you**/<u>have you</u>**?

B: No. You didn't leave it in the car, **<u>did you</u>**/didn't you?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант № 3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The University accepts around 2000 new ____ every year.

1) students; 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

Пример: Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».

Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.

Пример: Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».

Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.

Пример: Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.

Пример: There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which *book is Sue's*?' 'The one on the table.'

b) 'Whose *book is on the table*?' 'Sue's.'

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; **B. ist**; C. wird;

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».

Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.

Пример: **Was** machen Sie am Wochenende?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.

Пример: Wo wohnen d**eine** Eltern?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.

Пример: **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Sie wohnen in Berlin.

Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по

теме «Вопросительные предложения».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis. vers, avec, devant. en.

Пример: **Monsieur Dupont est en mission**.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».

Задание 2. Заполните пропуски, выберите правильно указательное прилагательное:

Пример: **Peux-tu me passer ces dictionnaires?**

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».

Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:

Пример: **C'est la salle des études**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».

Задание 4. Выберите правильную форму глагола:

Пример: **Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.**

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».

Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:

Пример: **Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».

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»:

40-44 балла (90-100%) - оценка «отлично»;

31-39 балла (70-89%) - оценка «хорошо»;

22-30 баллов (50-69%) - 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:
21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация № 3
Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых

формы обучения: очная, заочная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ТТР-18

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

Екатеринбург
2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Специальность
21.05.03 Технология геологической разведки

Авторы: Гребенкин С.М., Кузнецов А.М., Тетерев Н.А.

Екатеринбург
2020

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 кистью	1	100	270		100	1,2	4
26	2		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

$$G = C \times B \times N, \text{ мг/ч}, \qquad (1.4)$$

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:

$$G_а = 1{,}5 \times 0{,}169 \times \sqrt[5]{\frac{34}{393}} = 0{,}372$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{ТР} = 1{,}5 \times 0{,}172 \times 1{,}2 = 0{,}104$$

$$G = G_а + G_{ТР} = 0{,}372 + 0{,}104 = 0{,}476, кг/ч$$

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

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma_в \times c \Delta t}, м^3/ч, \quad (1.7)$$

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;

$$\Delta t = t_{вых} - t_{пр}, ^oC \quad (1.8)$$

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;

$$Q_н = \frac{Q_{изб}}{V_п}, ккал/ м^3 \cdot ч, \quad (1.9)$$

где $V_п$, $м^3$ – внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения потребного воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_л + Q_р - Q_{отд}, ккал/ч, \quad (1.10)$$

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

$$Q_р = K \times S \times q_{ост}, \quad (1.16)$$

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 °С). Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше +10 °С) принимаем $Q_{отд} = 0$.

Общий вывод: Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена для вредных веществ и удаления избыточного тепла выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Приложение 1

Таблица 1.1

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ГН 2.1.6.1338-03)

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	0,5	0,15	а
Ртути хлорид (сулема)	-	0,0003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Серная кислота	0,3	0,1	а

Продолжение табл. 1.1

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м^3	ПДКс.с., мг/м^3	Агрегатн состояние
Сероводород	0,008	-	п
Сероуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

Примечание: п – пары и/или газы; а – аэрозоль

Таблица 1.2

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухерабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая – более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртути хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п

Продолжение табл. 1.2

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м^3	Класс опасности	Агрегатн. состояние
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе – максимально разовые; в знаменателе – среднесменные

Таблица 1.3

Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов, *A*, г/м^2	Содержание летучей час- ти, *m*, %
Нитролаки и краски		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки/распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
Масляные лаки и эмали		
Окраска распылением	60-90	35

Таблица 1.4

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Таблица 1.5

Предельно-допустимые концентрации углекислоты

Наименование помещений	Количество CO_2	
	в л/ч	в г/кг
Для постоянного пребывания людей (жилые ком.)	1	1,5
Для пребывания детей и больных	0,7	1
Для учреждений	1,25	1,75
Для кратковременного пребывания людей	2	3

Таблица 1.6

Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_л$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 ºС	20 ºС	25 ºС	30 ºС
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
Средней тяжести	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Таблица 1.7

Солнечная радиация через остекленную поверхность

	Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град.														
	ЮГ			ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД			
	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением и деревянными рамами	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
Окна с двойным остеклением и металлическими рамами	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фо- нарь с двойным остеклением и металлическими переплет.	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 342 с.

2. Каменев П.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. Вентиляция. – М.: Издательство литературы по строительству, 1966. – 289 с.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГН2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОЦЕНКА РИСКА

Цель практического занятия - закрепление теоретических знаний, полученных при изучении темы «Основы теории безопасности: системный анализ безопасности», и формирование практических навыков расчета индивидуального и группового (социального) риска в конкретных ситуациях.

Общие сведения. Опасность – одно из центральных понятий безопасности жизнедеятельности (БЖД).

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики (параметры), несоответствующие условиям жизнедеятельности человека. Можно сказать, что опасность – это риск неблагоприятного воздействия.

Практика свидетельствует, что абсолютная безопасность недостижима. Стремление к абсолютной безопасности часто вступает в антагонистические противоречия с законами техносферы.

В сентябре 1990 г. в г. Кельне состоялся первый Всемирный конгресс по безопасности жизнедеятельности человека как научной дисциплине. Девиз конгресса: «Жизнь в безопасности». Участники конгресса постоянно оперировали понятием «риск».

Возможны следующие определения риска:

1. Это количественная оценка опасности, вероятность реализации опасности;

2. При наличии статистических данных, это частота реализации опасностей.

Различают опасности реальные и потенциальные. В качестве аксиомы принимаются, что любая деятельность человека потенциально опасна. Реализация потенциальной опасности происходит через ПРИЧИНЫ и приводит к НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ.

Сейчас перед специалистами ставится задача – не исключение до нуля безопасности (что в принципе невозможно). А достижение заранее заданной величины риска реализации опасности. При этом сопоставлять затраты и получаемую от снижения риска выгоду. Во многих западных странах для более объективной оценки риска и получаемых при этом затрат и выгод, вводят финансовую меру человеческой жизни. Заметим, что такой подход имеет противников, их довод – человеческая жизнь свята, бесценна и какие-то финансовые оценки недопустимы. Тем не менее, по зарубежным исследованиям, человеческая жизнь оценивается, что позволяет более объективно рассчитывать ставки страховых тарифов при страховании и обосновывать суммы выплат.

Поскольку абсолютная безопасность (нулевой риск) невозможна, современный мир пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска.

Суть концепции заключается в стремлении к такой безопасности, которую принимает общество в данное время. При этом учитывается уровень технического развития, экономические, социальные, политические и др. возможности. Приемлемый риск – это компромисс между уровнем безопасности и возможностями ее достижения. Это можно рассмотреть в следующей ситуации. После крупной аварии на Чернобыльской АЭС, правительство СССР решило повысить надежность всех ядерных реакторов. Средства были взяты из госбюджета и, следовательно, уменьшилось финансирование социальных программ здравоохранения, образования и культуры, что в свою очередь привело к увеличению социально-экономического риска. Поэтому следует всесторонне оценивать ситуацию и находить компромисс – между затратами и величиной риска.

Переход к «риску» дает дополнительные возможности повышения безопасности техносферы. К техническим, организационным, административным добавляются и экономические методы управления риском (страхование, денежные компенсации ущерба, платежи за риск и

др.). Есть здравый смысл в том, чтобы законодательно ввести квоты за риск. При этом возникает проблема расчета риска: статистический, вероятностный, моделирование, экспертных оценок, социологических опросов и др. Все эти методы дают приблизительную оценку, поэтому целесообразно создавать базы и банки данных по рискам в условиях предприятий, регионов и т.д.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с общими сведениями. Записать определения.
2. Выполнить практические задачи.

Практические задачи

Задача 1. В таблице 2.0 приведен ряд профессий по степени индивидуального риска фатального исхода в год. Используя данные табл.1 методом экспертных оценок охарактеризуйте вашу настоящую деятельность и условия вашей будущей работы.

Таблица 2.0

Классификация профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Риск смерти (на человека в год)	Профессия
1	Безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$	Текстильщики, обувщики, работники лесной промышленности, бумажного производства и др.
2	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$	Шахтеры, металлурги, судостроители и др.
3	Опасные	$1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	Рыбопромысловики, верхолазы, трактористы и др.
4	Особо опасные	больше $1 \cdot 10^{-2}$	Летчики-испытатели, летчики реактивных самолетов.

После обсуждения письменно сформулируйте свою оценку.

Для решения следующих задач используйте формулу определения индивидуального риска

$$P = \frac{h}{H}, \qquad (2.1)$$

где Р – индивидуальный риск (травмы, гибели, болезни и пр.); h – количество реализации опасности с нежелательными последствиями за определенный период времени (день, год и т.д.); Н – общее число участников (людей, приборов и пр.), на которых распространяется опасность.

Пример решения задачи по формуле (2.1).

Пример. Задача 1. Ежегодно неестественной смертью гибнет 250 тыс. человек. Определить индивидуальный риск гибели жителя страны при населении в 150 млн. человек.

Решение.

Рж = $2{,}5 \cdot 10^5 / 1{,}5 \cdot 10^8 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$

Или будет 0,0017. Иначе можно сказать, что ежегодно примерно 17 человек 10000 погибает неестественной смертью. Если пофантазировать и предположить, что срок биологической жизни человека равен 1000 лет, то по нашим данным оказывается, что уже через 588 лет (1:0,0017) вероятность гибели человека неестественной смертью близка к 1 (или 100%).

Примечание. Здесь и в задачах №2,3 данные приближены к России.

Задача 2. Опасность гибели человека на производстве реализуется в год 7 тыс. раз. Определить индивидуальный риск погибших на производстве при условии, что всего работающих 60 млн. человек. Сравните полученный результат с вашей экспертной оценкой из задачи 1.

Задача 3. Определить риск погибших в дорожно-транспортном происшествии (ДТП), если известно, что ежегодно гибнет в ДТП 40 тыс. человек при населении 150 млн. человек.

Задача 4. Используя данные индивидуального риска фатального

исхода в год для населения США (данных по России нет), определите свой индивидуальный риск фатального исхода на конкретный год. При этом можно субъективно менять коэффициенты и набор опасностей.

Таблица 2.1

Индивидуальный иск гибели в год

Причина	Риск	Причина	Риск
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$	Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$	Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$	Железная дорога	$4 \cdot 10^{-6}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$	Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$	Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$	Ядерная энергетика	$2 \cdot 10^{-10}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$	(пренебрегаемо мал. риск)	

Риск общий для американца: $P_{общ} = 6 \cdot 10^{-4}$

Сравнить полученный результат с результатом примера решения.

Задачи на риск гибели неестественной смертью в России и с риском гибели в год для американца ($P_{общ}$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русак О.Н. Труд без опасности. Л. «Лениздат», 1986, 191 с.

2. Береговой Г.Т. и др. Безопасность космических полетов. М., «Машиностроение», 1977, 320 с.

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель практического занятия :закрепление теоретических знаний, полученных при изучении раздела “Гелиофизические и метеорологические фактора: микроклимат производственных помещений”, и формирование практических навыков расчета метеорологических условий в производственном помещении и гигиенической оценки параметров микроклимата.

Общие сведения:

Одним из основных условий эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в помещениях. Параметры микроклимата оказывают существенное влияние на терморегуляцию организма человека и могут привести кпереохлаждение или перегреву тела

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, определяемый действующими на организм человека факторами: сочетанием температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения, температуры поверхности ограждающих конструкций (стены, пол, потолок, технологическое оборудование и т.д

Под рабочей зоной понимается пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Причиной ряда заболеваний является местное и общее охлаждение. Переохлаждение организма ведет к простудным заболеваниям: ангине, катару верхних дыхательных путей, пневмонии. Установлено, что при

переохлаждении ног и туловища возникает спазм сосудов слизистых оболочек дыхательного тракта.

Перегревание возникает при избыточном накоплении тепла в организме, которое возникает при действии повышенных температур. Основными признаками перегревания являются повышение температуры тела до 38°Си более, обильное потоотделение, слабость, головная боль, учащение дыхания и пульса, изменение артериального давления и состав крови, шум в ушах, искажение цветового восприятия

Тепловой удар – это быстрое повышение температуры тела 40°С и выше. В этом случае падает артериальное давление, потоотделение прекращается, человек теряет сознание.

Организм человека обладает свойством терморегуляции – поддержание температуры тела в определенных границах (36,1…37,2°С) Терморегуляция обеспечивает равновесие между количеством тепла, непрерывно образующегося в организме человека в процессе обмена веществ, теплопродукцией и излишком тепла, непрерывно выделяемого в окружающую среду, - теплоотдачей, т.е сохраняет тепловой баланс организма человека. Количество выделившейся теплоты меняется от 8Вт до 50 Вт.

Теплопродукция. Тепло вырабатывается всем организмом, но в наибольшей степени в мышцах и печени. В процессе работы в организме происходят различные биохимические процессы, связанные с деятельностью мышечного аппарата и нервной системы. Энергозатраты человека, выполняющего различную работу, могут быть классифицированы на категории.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма: легкие физические работы, средние физические работы, тяжелые физические работы.

К категории 1а относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 139 Вт, выполняемые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

К категории 1б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 140…174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (в полиграфической промышленности, на часовом, швейном производствах, в сфере управления)

К категории 2а относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…232 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

К категории 2б относятся работы с интенсивностью энергозатрат 233…290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории 3 относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Теплоотдача. Количество тепла, отдаваемого организмом человека, зависит от температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Теплоотдача осуществляется путем радиации, конвекции, испарения пота и дыхания. Для человека, находящегося в состояние покоя и одетого в обычную комнатную одежду, соотношение составляющих теплоотдачи имеет следующие распределения, % радиацией – 45, конвекцией – 30, испарением и дыханием – 25.

Основное значение имеет регулирование теплоотдачи, так как она является наиболее изменчивой и управляемой. Комфортные тепло ощущения у человека возникают при наличии теплового баланса организма, а также при условии его некоторого нарушения. Это обеспечивается тем, что в организме человека имеется некоторый резерв тепла, который используется им в случае охлаждения. Этот потенциальный запас тепла составляет в среднем 8360 кДж и находится главным образом во внешних слоях тканей организма на глубине 2-3

см от кожи. При известном уменьшении запаса тепла у человека появляются субъективно ощущения «прохлады», которые, если охлаждение продолжается, сменяются ощущениями «холодно», «очень холодно»

Действующими нормативными документами, регламентирующими метеорологические условия производственной среды, являются ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» Этими документами установлены влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезонов года.

В соответствии с вышеуказанным стандартом теплым периодом года считается сезон, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха +10 °С.

Допустимыми считаются такие параметры микроклимата, которые при длительном воздействии могут вызывать напряжения реакции терморегуляции человека, но к нарушению состояния здоровья не приводят.

Оптимальными являются такие микроклиматические параметры, которые не вызывают напряжения реакций терморегуляции и обеспечивают высокую работоспособность человека.

Расчет показателей микроклимата базируются на опытных данных о давлении, температуре и скорости движения воздуха на рабочем месте полученных при замерах на нем с помощью соответствующих приборов

Показатели микроклимата вычисляются в следующей последовательности:

1. Атмосферное давление В, Па, на рабочем месте, измеренное с помощью барометра-анероида БАММ-1

$$B = B_п + B_ш + B_т + B_д\,, \qquad (3.1)$$

где В– исправленное значение замеренного давления, Па; Вп – отсчет по прибору, Па; Вш – шкаловая поправка;Вт – температурная поправка, равная произведению температуры прибора на удельную температуру поправки прибора; Вд – добавочная поправка, Па.



Рис. 3.1 Барометр-анероид «БААМ-1»

Барометр-анероид «БААМ-1» измеряет атмосферное давление в наземных условиях в диапазоне температур от 0 до +40 С° и при относительной влажности воздуха более 80%

2. Температура воздушной среды измеряется с помощью ртутных или спиртовых термометров, а также с помощью термографов, обеспечивающих непрерывную запись температуры на ленте за определенный период времени. Температуру воздушной среды можно измерить также с помощью психрометров и термометров

3. Влажность воздуха – абсолютная и относительная определяется с помощью психрометров. Психрометр состоит из сухого и влажного термометров. Резервуар влажного термометра покрыт тканью, которая опущена в мензурку с водой. Испаряясь, вода охлаждает влажный термометр, поэтому его показания всегда ниже показания сухого.

Психрометры бывают типа Августа (Рис 3.2) и переносными, типа Ассмана (Рис 3.3). Психрометр Ассмана является более совершенным и точным прибором по сравнению с психрометром Августа. Принцип его устройства тот же, но термометры заключены в металлическую оправу, шарики термометра находятся в двойных металлических гильзах, а в головке прибора помещается вентилятор с постоянно скоростью 4 м/с.

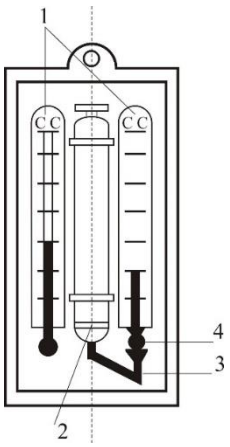


Рис. 3.2 Психрометры Августа

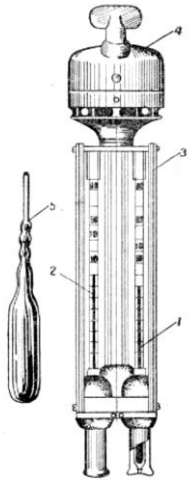


Рис. 3.3 Психрометр Ассмана

Влажность воздуха может быть рассчитана: 1) по давлению водяного пара, находящегося в воздухе или 2) по плотности водяного пара

При первом способе сначала определяется давление водяного параЮ находящегося в воздухе при данной температуре

$$P_{в.п} = P_{н.в} - c(T_c - T_B)B \quad (3.2)$$

где Рн.в– давление насыщенного водяного пара при температуре tв, зафиксированной влажным термометром, Па;с–коэффициент психрометра, зависящий от скорости движения воздуха около шарика мокрого термометра (при скорости движения воздуха до 4 м/с принимают с = 0.00074, свыше 4 м/с – 0,00066) tc и tв – температура сухого и влажного термометра,В–

барометрическое давление воздуха в момент измерения температур психрометром, Па

Определив порациональнее давление водяного пара, находят относительную влажность воздуха

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

где $P_{н.с}$– давление насыщенного водяного пара при температуре t_c, зафиксированной влажным термометром,

При расчете влажности воздуха по плотности водяного пара определяются:

а) абсолютная влажность воздуха (масса водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре)

$$F = \frac{(1000 * P_{в.п})}{(461{,}5(273 + t_c))}, \quad (3.4)$$

где 461,5 – удельная газовая постоянная водяного пара Дж/(кг *К);

б) максимальная абсолютная влажность воздуха

$$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5 * (273 + t_c)}, \quad (3.5)$$

в) относительная влажность воздуха 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

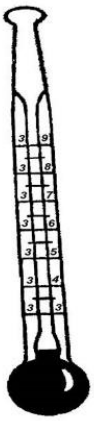


Рис. 3.5 Кататермометр

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, ℃	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха м/с не более
Холодный (температура наружного воздуха ниже +10℃)	Легкая – 1	22-24	40-60	0,1
	Легкая – 1б	21-23	40-60	0,1
	Средней тяжести – Па	18-20	40-60	0,2
		17-19	40-60	0,2
	Средней тяжести – Пб	16-18	40-60	0,3
	Тяжелая – III			

Теплый (температура наружного воздуха +10°С и выше)	Легкая – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легкая – 1б	22-24	40-60	0,2
	Средней тяжести – Па	21-23	40-60	0,3
	Средней тяжести – Пб	20-22	40-60	0,3
	Тяжелая - III	18-20	40-60	0,4

Пример расчета:

Исходный данные: B_n= 87937 Па,$B_ш$ = -50 Па, t_c = 22 °С, t_c = 16 °С, $\Delta t = -\frac{10Па}{°С}$, $B_д$= +100 Па, $n_н$=6000, t зам= 200с, период года – теплый.

Решение:

1. Атмосферное давление на рабочем месте (при температурной поправке)

$$B_т = t_c * \Delta t = 22(-10) = -220\ Па$$

$$B = B_n + B_ш + B_т + B_д = 87837 - 50 - 220 + 110 = 87667\ Па.$$

2. Скорость движения воздуха по исходным данным, полученным при помощи анемометра АСО-3. При числе давлений в 1с

$$n = \frac{n_к - n_н}{t_{зам}} = 6040 - \frac{6000}{200} = 0{,}2\ дел/с$$

Скорость движения воздуха составляет;

$$V=0{,}45n + 0{,}01 = 0{,}45 * 0{,}2 + 0{,}01 = 0{,}10\ м/с$$

3. Относительная влажность воздуха по давлению водяного пара. При давлении насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра Рн.с = 2644 Па и температуре влажного термометра Р н.в = 1817 Па и парциальном давлении водяного пара в воздухе:

$$P_{в.п} = P_{н.в} - C(t_c - t_в) * B = 1817 - 0{,}00074 * (22 - 16) * 87837 = 1427\ Па$$

относительная влажность воздуха:

$$\varphi = \frac{P_{в.п}}{P_{н.с}} 100 = \frac{1427}{2644} 100 = 54\%$$

3б. Относительная влажность воздуха по плотности (массе) водяного пара. При абсолютной влажности воздуха:

$$A = \frac{1000 * P_{в.п}}{461{,}5(273 + t_c)} = \frac{1000 * 1527}{461{,}5(273 + 22)} = 10{,}48 \text{ г/м}^3$$

И максимальной влажности воздуха:

$A_{max} = \frac{1000 * P_{н.с}}{461{,}5(273+t_c)} = \frac{1000*2644}{461{,}5(273+22)} = 19{,}42 \text{ г/м}^3$относительная влажность воздуха равна:

$$\varphi = \frac{A}{A_{max}} 100 = \frac{10{,}48}{19{,}42} 100 = 54\%$$

3в. Правильность произведенных подсчетов 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

$$K_{\tau} = \frac{\lambda}{1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э}} \cdot \left[\frac{1}{2R_э} + \frac{1}{\sqrt{\pi \alpha \tau (1+\frac{\lambda}{2\alpha_0 R_э})}} \right], \qquad (4.5)$$

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 за- прещается
Р 02		Запрещается пользоваться от- крытым огнем и курить	Использовать, когда открытый огонь и курение могут стать при- чиной пожара. На входных дверях, стенах помещений, участках, ра- бочих местах, емкостях, производ- ственной таре
Р 03		Проход запрещен	У входа в опасные зоны, помеще- ния, участки и др.
Р 04		Запрещается тушить водой	В местах расположения электро- оборудования, складах и других местах, где нельзя применять воду при тушении горения или пожара
Р 05		Запрещается использовать в качестве питьевой воды	На техническом водопроводе и емкостях с технической водой, не- пригодной для питья и бытовых нужд
Р 06		Доступ посторонним запрещен	На дверях помещений, у входа на объекты, участки и т. п. для обо- значения запрета на вход (проход) в опасные зоны или для обозначе- ния служебного входа (прохода)

Продолжение таблицы 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 07		Запрещается движение средств наполь- ного транспорта	В местах, где запрещается применять средства напольного транс- порта (например, погрузчики или напольные транспортеры)
Р 08		Запрещается прикасаться. Опасно	На оборудовании (узлах оборудо- вания), дверцах, щитах или других поверхностях, прикосновение к которым опасно
Р 09		Запрещается прикасаться. Корпус под на- пряжением	На поверхности корпусов, щитов и т. п., где есть возможность пора- жения электрическим током
Р 10		Не включать!	На пультах управления и включе- ния оборудования или механизмов при ремонтных и пусконаладоч- ных работах
Р 11		Запрещается работа (присутствие) людей со стимуляторами сердечной деятельности	В местах и на оборудовании, где запрещено работать или находить- ся людям с вживленными стиму- ляторами сердечной деятельности
Р 12		Запрещается за- громождать про- ходы и (или) складировать	На пути эвакуации, у выходов, в местах размещения средств про- тивопожарной защиты, аптечек первой медицинской помощи и других местах
Р 13		Запрещается подъем (спуск) людей по шахтному стволу (запрещается транспортировка пассажиров)	На дверях грузовых лифтов и дру- гих подъемных механизмов

Продолжение табл. 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 14		Запрещается вход (проход) с животными	На воротах и дверях зданий, со- оружений, помещений, объектов, территорий и т. п., где не должны находиться животные, где запре- щен вход (проход) вместе с жи- вотными
Р 16		Запрещается работа (присутствие) людей, имеющих металлические имплантанты	На местах, участках и оборудова- нии, где запрещено работать или находиться людям с вживленными металлическими имплантантами
Р 17		Запрещается разбрызгивать воду	На местах и участках, где запре- щено разбрызгивать воду
Р 18		Запрещается пользоваться мобильным (сотовым) телефоном или переносной рацией	На дверях помещений, у входа на объекты, где запрещено пользоваться средствами связи, имею- щими собственные радиочастот- ные электромагнитные поля
Р 21		Запрещение (прочие опасности или опасные действия)	Применять для обозначения опасности, не предусмотренной настоящим стандартом. Знак необходимо использовать вместе с поясняющей надписью или с дополнительным знаком безопасности с поясняющей надписью
Р 27		Запрещается иметь при (на) себе металлические предметы (часы и т. п.)	При входе на объекты, на рабочих местах, оборудовании, приборах и т. п. Область применения знака может быть расширена
Р 30		Запрещается принимать пищу	На местах и участках работ с вредными для здоровья веществами, а также в местах, где прием пищи запрещен. Область применения знака может быть расшире- на

Окончание табл. 5.2

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Р 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
Р 33		Запрещается брать руками. Сыпучая масса (непрочная упа- ковка)	На производственной таре, в складах и иных местах, где используют сыпучие материалы
Р 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

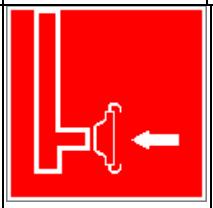
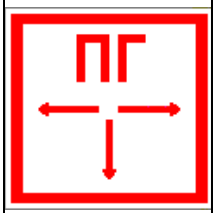
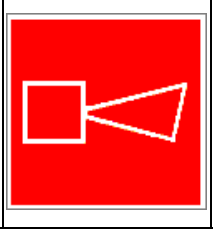
Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
М 09		Работать в предохранительном (страховочном) поясе	На рабочих местах и участках, где для безопасной работы требуется применение предохранительных (страховочных) поясов
М 10		Проход 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
E 10		Указатель двери эвакуационного выхода (левосторонний)	Над дверями эвакуационных выходов
E 11		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или под- вешивается к потолку
E 12		Направление к эвакуационному выходу прямо	Над проходами, проемами, в помещениях большой площади. Размещается на верхнем уровне или подвешивается к потолку
E 13		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 14		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вниз	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 15		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 16		Направление к эвакуационному выходу по лестнице вверх	На лестничных площадках и стенах, прилегающих к лестничному маршу
E 17		Для доступа вскрыть здесь	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах, где для доступа в помещение или выхода необходимо вскрыть определенную кон- струкцию, например раз- бить стеклянную панель

Продолжение табл. 5.6.

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по применению
Е 18		Открывать движением от себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 19		Открывать движением на себя	На дверях помещений для указания направления от- крывания дверей
Е 20		Для открывания сдви- нуть	На дверях помещений для обозначения действий по открыванию сдвижных две- рей
Е 21		Пункт (место) сбора	На дверях, стенах помеще- ний и в других местах для обозначения заранее преду- смотренных пунктов (мест) сбора людей в случае воз- никновения пожара, аварии или другой чрезвычайной ситуации
Е 22		Указатель выхода	Над дверями эвакуацион- ного выхода или в составе комбинированных знаков безопасности для указания направления движения к эвакуационному выходу
Е 23		Указатель запасного выхода	Над дверями запасного выхода

Эвакуационные знаки следует устанавливать в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу.

Изображение графического символа фигуры человека в дверном проеме на эвакуационных знаках Е 01-01 и Е 01-02 смыслового значения

«Выход здесь» должно совпадать с направлением движения к эвакуационному выходу».

Таблица 5.7

Знаки медицинского и санитарного назначения

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установ- ки) и рекомендации по при-менению
ЕС 01		Аптечка первой медицинской помощи	На стенах, дверях помещений для обозначения мест размещения аптечек первой медицинской помощи
ЕС 02		Средства выноса (эвакуации) пораженных	На дверях и стенах помещений в местах размеще- ния средств выноса (эва- куации) пораженных
ЕС 03		Пункт приема гигиенических процедур (душевые)	На дверях и стенах помещений в местах расположения душевых и т. п.
ЕС 04		Пункт обработки глаз	На дверях и стенах поме- щений в местах располо- жения пункта обработки глаз
ЕС 05		Медицинский кабинет	На дверях медицинских кабинетов
ЕС 06		Телефон связи с медицинским пунктом (скорой медицинской помощью)	В местах установки телефонов

Таблица 5.8.

Указательные знаки

Код знака	Цветографическое изображение	Смысловое значение	Место размещения (установки) и рекомендации по при- менению
D 01		Пункт(место) приема пищи	На дверях комнат приема пищи, буфетах, столовых, бытовых помещениях и в других местах, где разре- шается прием пиши
D 02		Питьевая вода	На дверях бытовых помещений и в местах распо- ложения кранов с водой, пригодной для питья и бы- товых нужд (туалеты, душевые, пункты приема пищи и т. д.)
D 03		Место курения	Используется для обозначения места курения на общественных объектах

Порядок выполнения работы

1. Изучить выдержку из ГОСТ Р 12.4.026–01.

2. Проверить усвоение материала, ответив на контрольные вопросы:

В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?

Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на тару и оборудование?

Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?

Какую форму имеет предписывающий знак?

Какую форму имеет запрещающий знак?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 45 м. Какой размер должен иметь внешний диаметр круга запрещающего знака, мм?

Какой цвет имеют символические изображения или поясняю- щие надписи, наносимые на указательные знаки?

Расстояние от наблюдателя до знака составляет 60 м. Какие размеры

(стороны прямоугольника) должен иметь указательный знак, мм?

Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?

Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака № 5, наносимого на производственное оборудование и тару?

3. Составить отчет. Отчет должен включать:

- цель практической работы;
- ответы на вопросы задания;
- зарисовку формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надпи- сей.

4. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 12.4.026–01. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение, правила применения. Общие технические требования и реко- мендации. Методы испытания [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-поисковой системы «Техэксперт».

РАСЧЕТНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель задания - ознакомиться с понятием и причинами возникновения несчастных случаев, порядком их расследования и учет на производстве, также с методами анализа травматизма.

Порядок выполнения задания:

а) изучить и законспектировать общие сведения по пункту 1;

б) изучить методы анализа и рассчитать по вариантам показатели травматизма по пункту 2 (см контр. вопросы к пунктам 1 и 2);

в)изучить «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях» и законспектировать ответы на контрольные вопросы к пункту 3.

Общие сведения о несчастных случаях.

Несчастным случаем на производстве называют случай воздействия на работающего опасного производственного фактора при выполнении работающим трудовых обязанностей или заданий руководителя работы [1].

Повреждение здоровья в результате несчастного случая называют **травмой**. Травма, полученная работающим на производстве, называется **производственной**.

Опасным называют производственный фактор, воздействие которого при определенных условиях на работающего приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Вредным называют производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеваниям или снижению его трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным.

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) по природе

действия подразделяют на 4 группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Производственные травмы в зависимости от характера воздействующих факторов подразделяются на:

а) механические повреждения (ушибы, ранения, вывихи, переломы, сотрясения мозга);

б) поражение электрическим током (электроудар, электротравма);

в) термические повреждения (ожоги пламенем, нагретыми частями оборудования, горячей водой и пр.);

г) химические повреждения (ожоги, острые отравления);

д) комбинированные повреждения (сочетание нескольких опасных факторов).

Производственные травмы по тяжести подразделяются на 6 категорий:

- микротравма (после оказания помощи можно продолжать работу).
- легкая травма (потеря трудоспособности на 1 или несколько дней).
- травма средней тяжести (многодневная потеря трудоспособности);
- тяжелая травма (когда требуется длительное лечение);
- травма, приводящая к инвалидности (частичная или полная утрата трудоспособно-сти);
- смертельная травма.

Причины возникновения производственных травм:

- организационные (нарушение технологического процесса и требований техники безопасности (ТБ), неправильная организация рабочего места и режима труда);
- технические (техническое несовершенство оборудования, неисправность механизмов, отсутствие или не использование защитных средств);
- санитарно-гигиенические (несоответствие условий труда требованиям КЗоТ, системе стандартов по безопасности труда (ССБТ), санитарным нормам(СН), строительным нормам и правилам (СНиП) и др.

- психофизиологические (неудовлетворительное состояние здоровья, переутомление, стресс, опьянение и др.).

Методы анализа показателей травматизма

Разработке мероприятий по улучшению условий труда предшествует необходимый этап - исследование и анализ причин травматизма. Для анализа состояния производственного травматизма применяют методы: статистический, экономический, монографический и топографический.

Статистический метод позволяет количественно оценить повторяемость несчастных случаев по ряду относительных коэффициентов. В результате сравнения полученных коэффициентов за отчетный период с предшествующим периодом можно оценить эффективность профилактических мер. Обычно при этом методе анализа несчастные случаи группируются по однородным признакам: профессиям, видам работ, возрасту, стажу работ, причинам, вызвавшим травму. Простота и наглядность являются несомненным достоинством этого метода. Однако у него есть и недостаток - он не выявляет опасные произ-водственные факторы. Среди основных показателей травматизма, используемых при статистическом методе анализа, являются:

а) коэффициент частоты травматизма - число пострадавших при несчастных случаях за отчетный период на 1ООО работающих, определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = T_x \cdot \frac{1000}{P_C},$$

где Кч - коэффициент частоты травматизма; Т - число учтенных травм с потерей трудоспособности; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период.

б) коэффициент тяжести травматизма - число человеко-дней нетрудоспособно-сти, которое приходится на один несчастный случай и определяется по формуле:

$$\text{К}_\text{Т} = \frac{\text{Д}}{\text{Т}},$$

где Кт - коэффициент тяжести травматизма; Д - общее количество дней

нетрудоспособности за отчетный период; Т - количество учтенных травм.

в) коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев

- показывает через сколько рабочих дней в среднем повторяются несчастные случаи и оп-ределяется по формуле:

$$В = 22{,}5 \cdot \frac{12}{Т},$$

где В - календарная повторяемость несчастных случаев; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

г) коэффициент средней повторяемости - показывает на сколько человекодней приходится один несчастный случай, определяется по формуле:

$$B_{ср} = 22{,}5 \cdot 12 \cdot \frac{P_c}{T},$$

где Вср - коэффициент средней повторяемости несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих за отчетный период; Т - число несчастных случаев за отчетный период.

д) коэффициент опасности работ - характеризуется тяжестью и частотой несчастных случаев, определяется по формуле:

$$О_р = К_Т \cdot Т_х \cdot \frac{100}{Р_с \cdot М \cdot 22{,}5},$$

где Ор - коэффициент опасности работ; Кт - коэффициент тяжести травматизма ; Т - количество учтенных несчастных случаев; Рс - среднесписочное число работающих; М - число месяцев в отчетном периоде.

Таблица 5.0

Исходные данные для расчета показателей травматизма

Показатели	Варианты									
										0
Отчетный период, мес. (М)				2				2		

Число несчастных случаев (Т)				0				1		
Число дней нетрудоспособности (Д)	80	00	80	20	00	50	70	20	60	00
Среднесписочное числоработающих (Рс)	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Экономический метод анализа производственного травматизма позволяет оценить эффективность финансовых затрат на профилактику травматизма с расходами на органи-зационные и технические мероприятия. Для более полной и глубокой характеристики травматизма экономический метод часто используют в сочетании с монографическим методом.

Монографический метод анализа травматизма состоит в углубленном и всестороннем изучении отдельного производства, цеха или участка. Он включает описание технологического процесса, оборудования и особенностей технологического регламента, описание опасных зон на рабочих местах, также санитарно-гигиенические условия труда. При этом обращается внимание на наличие защитных приспособлений, ограждений и травмоопасных ситуаций

Монографический метод анализа травматизма характеризуется полнотой, но трудоемок. Этот метод позволяет выявить потенциальную опасность не только в действующих производствах, но и на этапе проектирования, тем самым исключить причины травматизма.

Топографический метод анализа травматизма проводится по месту происшествия. При этом все несчастные случаи условными знаками наносятся на план производственного участка или схему механизма в тех местах, где они произошли. В результате этого выявляются опасные зоны, требующие соответствующих защитных мер и особого внимания.

Контрольные вопросы к пунктам 1 и 2

1. Что такое несчастный случай?

2. Что такое опасный производственный фактор?

3. Что такое вредный производственный фактор?

4. На какие группы подразделяются опасные и вредные производственные факторы?

5. Какие различают разновидности производственных травм?

6. Какие выделяют категории производственных травм?

7. Каковы основные причины возникновения производственных травм?

8. Какие существуют методы анализа производственного травматизма ?

9. В чем заключается статистический метод анализа производственного травматизма?

10. Как определяется коэффициент частоты травматизма?

11. Как определяется коэффициент тяжести травматизма?

12. Как определяется коэффициент календарной повторяемости несчастных случаев?

13. Как определяется коэффициент средней повторяемости несчастных случаев?

14. Как определяется коэффициент опасности работ?

15. В чем заключается экономический метод анализа производственного травматизма?

16. В чем заключается монографический метод анализа производственного травматизма?

17. В чем заключается топографический метод анализа производственного травматизма?

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях

Расследование и учет несчастных случаев на производстве проводят в соответствии с “Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях”, утвержденного

Постановлением Министерства труда и социального раз-вития Российской Федерации от 24 октября 2002г. №73, а также статьями 227-231 Трудового кодекса РФ (ТК РФ).

Несчастный случай на производстве - это случай, происшедший с работающим вследствие воздействия опасного производственного фактора (для застрахованного – это страховой случай).

Несчастные случаи в зависимости от причин, места и времени происшествия делятся на две группы: несчастные случаи, связанные с работой и несчастные случаи, не связанные с работой (бытовые травмы).

Несчастные случаи, не связанные с производством, но происшедшие на производстве - это несчастные случаи, происшедшие при изготовлении предметов в личных целях, самовольном использовании транспорта предприятия, участии в спортивных мероприятиях на территории предприятия, при хищении имущества предприятия.

Бытовые несчастные случаи - это несчастные случаи, происшедшие в быту (дома) или при нахождении на предприятии вне рабочего времени.

Расследование несчастных случаев на производстве выполняется в соответствии с Трудовым кодексом РФ и «Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях», утверждённым постановлением Минтруда России № 73 от 24 октября 2002 года. Этим же постановлением утверждены формы документов, необходимых для расследования и учёта несчастных случаев на производстве.

Расследование несчастного случая может быть достаточно сложным процессом, поскольку интересы пострадавшего и работодателя часто не совпадают.

Действие нормативных актов по расследованию и учёту несчастных случаев на производстве распространяется на:

- работодателей - физических лиц, вступивших в трудовые отношения с работниками;
- уполномоченных работодателем лиц (представители работодателя);

- физических лиц, осуществляющих руководство организацией (руководители организации);
- физических лиц, состоящих в трудовых отношениях с работодателем;
- других лиц, участвующих с ведома работодателя в его производственной деятельности своим личным трудом, правоотношения которых не предполагают заключения трудовых договоров.

Расследованию подлежат травмы, в том числе причиненные другими лицами, включая:

- тепловой удар, ожог, обморожение;
- утопление; поражение электрическим током или молнией;
- укусы, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения, полученные в результате взрывов, аварий и т.п.

Расследованию и учёту подлежат несчастные случаи происшедшие:

- при исполнении трудовых обязанностей, в том числе во время коман-дировки, при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций;
- на территории организации, в течение рабочего времени, в том числе во время следования на работу и с работы, а также в течение вре-мени, необходимого для приведения в порядок рабочего места;
- при следовании на работу или с работы на транспортном средстве работодателя, а также на личном транспортном средстве при использовании его в производственных целях;
- во время служебных поездок на общественном транспорте, а также при следовании по заданию работодателя к месту выполнения работ и обратно, в том числе пешком;
- при следовании к месту служебной командировки и обратно;
- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха;
- во время междусменного отдыха при работе вахтовым методом;
- при привлечении к участию в ликвидации последствий

чрезвычайных ситуаций.

Работники организации обязаны незамедлительно извещать руководство о каждом происшедшем несчастном случае, об ухудшении состояния своего здоровья в связи с проявлениями признаков острого заболевания.

О каждом страховом случае работодатель в течение суток обязан сообщить страховщику (фонд социального страхования).

О групповом несчастном случае (пострадало два и более человек), тяжёлом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом, работодатель в течение суток обязан направить извещение соответственно:

1) о несчастном случае, происшедшем в организации:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел несчастный случай;
- в территориальные объединения организаций профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (объекте), подконтрольной этому органу;
- страховщику.

2) о несчастном случае, происшедшем у работодателя - физического лица:

- в соответствующую государственную инспекцию труда;
- в прокуратуру по месту нахождения работодателя - физического лица;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в территориальный орган государственного надзора, если

несчастный случай произошел на объекте, подконтрольном этому органу;

- страховщику.

О групповых несчастных случаях, тяжелых несчастных случаях и несчастных случаях со смертельным исходом также информируется Федеральная инспекция труда Минтруда России.

Если указанные несчастные случаи, произошли в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты, то соответствующим образом информируются специально уполномоченные органы государственного надзора.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда организации, представители работодателя, представители профсоюзного органа (коллектива), уполномоченный (доверенный) по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя - физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций при исполнении ими задания направившего их работодателя, расследуются комиссией, формируемой этим работодателем.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой работодателем, у которого фактически производилась работа по совместительству.

Расследование несчастных случаев со студентами, проходящими произ-водственную практику (выполняющими работу под руководством работодателя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем. В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Для расследования группового несчастного случая, тяжёлого несчастного случая и несчастного случая со смертельным исходом в комиссию дополнительно включаются:

- государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения профсоюзов. Возглавляет комиссию государственный инспектор труда;
- по требованию пострадавшего (или его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, в состав комиссии включается также представитель территориального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- при несчастном случае, происшедшем в организациях на объектах, подконтрольных территориальным органам Федерального горного и промышленного надзора России, состав комиссии утверждается руководителем

соответствующего территориального органа и возглавляет комиссию представитель этого органа;

- при групповом несчастном случае с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включаются также представители Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов. Председателем комиссии является главный государственный инспектор труда по субъекту Российской Федерации, а на объектах, подконтрольных территориальному органу Федерального горного и промышленного надзора России, - руководитель этого территориального органа.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначаемой Правительством России.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится в течение трех дней.

Расследование иных несчастных случаев проводится в течение 15 дней. В некоторых случаях председатель комиссии может продлить срок расследования, но не более чем на 15 дней. Несчастные случаи, о которых не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего в течение месяца.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего (доверенного лица, членов его семьи).

В ходе расследования несчастного случая комиссия производит осмотр места происшествия, выявляет и опрашивает очевидцев несчастного случая и должностных лиц, знакомится с действующими в организации нормативными и

распорядительными документами, по возможности получает объяснения от пострадавшего.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии могут квалифицироваться как не связанные с производством:

- смерть вследствие общего заболевания или самоубийства;
- смерть или иное повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) работника;
- несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий, квалифицированных правоохранительными органами как уголовное правонарушение.

При поступлении жалобы пострадавшего, выявлении сокрытого несчастного случая, установления нарушений порядка расследования и в некоторых иных случаях, государственный инспектор труда, независимо от срока давности несчастного случая, проводит дополнительное расследование.

Несчастные случаи, квалифицированные, как несчастные случаи на производстве, подлежат оформлению актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1*.

Акт формы Н-1 составляется комиссией в двух экземплярах. При несчастном случае на производстве с застрахованным работником составляется дополнительный экземпляр акта формы Н-1.

При групповом несчастном случае на производстве акты формы Н-1 составляются на каждого пострадавшего отдельно.

В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного работника, содействовавшей возникновению или увеличению размера вреда, причиненного его здоровью, в акте расследования указывается степень его вины в процентах, с учетом заключения профсоюзного или иного уполномоченного застрахованным представительного органа данной организации (не более 25%).

По результатам расследования каждого группового несчастного случая,

тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исхо-дом составляется соответствующий акт в двух экземплярах.

Работодатель в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать пострадавшему один экземпляр утвержденного им и заверенного печатью акта формы Н-1. Вторые экземпляры акта с копиями материалов расследования хранятся в течение 45 лет работодателем.

При страховых случаях третий экземпляр утвержденного и заверенного печатью акта формы Н-1 работодатель направляет страховщику.

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируются работодателем в журнале регистрации несчастных случаев на производстве и включаются в годовую форму федерального государственного статистического наблюдения за травматизмом на производстве.

В случае ликвидации организации или прекращения работодателем - физическим лицом предпринимательской деятельности оригиналы актов о расследовании несчастных случаев на производстве подлежат передаче на хранение правопреемнику, а при его отсутствии - соответствующему государственному органу.

Государственный надзор и контроль за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется органами Федеральной инспекции труда.

Контрольные вопросы к пункту 3

1. Какие несчастные случаи считаются связанными с производством и подлежат расследованию и учету?
2. На кого распространяется действие Положения о порядке расследования и учета несчастных случаев?
3. Как должен действовать работодатель при возникновении несчастного случая на предприятии?
4. Что необходимо сделать сразу же после свершения несчастного

случая на произ-водстве?

5. Куда должен сообщить работодатель и в какие сроки о групповом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом?

6. Кто несет ответственность за организацию и своевременное расследование и уче-та несчастных случаев?

7. Кто входит в комиссию по расследованию несчастных случаев, каковы ее обязанности?

8. В какие сроки должно быть проведено расследование несчастного случая?

9. Какие несчастные случаи квалифицируются как не связанные с производством?

10. Что делают при установлении грубой неосторожности пострадавшего?

11. В какие сроки и комиссией какого состава расследуются групповые несчастные случаи или со смертельным исходом?

12. Какие условия должен обеспечить работодатель для работы комиссии, проводя-щей расследование несчастного случая?

13. Каким документом оформляются несчастные случаи на производстве?

14. Какой организацией учитывается акт о несчастном случае?

15. В какие сроки и куда должны быть отправлены материалы расследования групповых несчастных случаев?

16. Какие организации и должностные лица разбирают разногласия при оформлении актов по форме Н - 1 ?

17. Каковы полномочия государственного инспектора по охране труда в случае нарушения порядка расследования несчастного случая?

Форма Н-1

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

_____
(подпись, фамилия, инициалы
работодателя
(его представителя))
"__" _____ 200_ г.

Печать

АКТ N ____
О НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Дата и время несчастного случая _____
_____
(число, месяц, год и время происшествия
несчастного случая,
_____
количество полных часов от начала работы)
2. Организация (работодатель), работником которой является
(являлся) пострадавший _____
(наименование, место нахождения,
юридический адрес, ведомственная
и отраслевая
_____
принадлежность (ОКОНХ основного вида деятельности);
фамилия, инициалы работодателя -
_____
физического лица)
Наименование структурного подразделения _____
_____
3. Организация, направившая работника _____
_____
(наименование, место нахождения, юридический адрес,
отраслевая принадлежность)
4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:
_____
(фамилия, инициалы, должности и место работы)
_____
5. Сведения о пострадавшем:
фамилия, имя, отчество _____
пол (мужской, женский) _____
дата рождения _____
профессиональный статус _____
профессия (должность) _____
стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай
_____,
(число полных лет и месяцев)
в том числе в данной организации _____
(число полных лет и месяцев)
6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда
Вводный инструктаж _____
(число, месяц, год)
Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, внеплановый,

---------- -------
(нужное подчеркнуть)
целевой)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год)
Стажировка: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г.
_____
(если не проводилась - указать)
Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с "__" _____ 200_ г. по "__" _____ 200_ г. _____
(если не проводилось - указать)
Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____
(число, месяц, год, N протокола)
7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай
_____
(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных
_____
факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)
_____
Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю
_____
(наименование, тип, марка, год выпуска, организация - изготовитель)
8. Обстоятельства несчастного случая
_____
(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий
_____
и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,
_____
установленные в ходе расследования)
_____
_____
_____
8.1. Вид происшествия _____
_____
8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья
_____
8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____
(нет, да - указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по
_____
результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)
8.4. Очевидцы несчастного случая _____
_____
(фамилия, инициалы, постоянное место жительства,

домашний телефон)
9. Причины несчастного случая _____
(указать основную
и сопутствующие причины
_____
несчастного случая со ссылками на нарушенные требования
законодательных и иных
_____
нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)
_____
_____
_____
_____
10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:
_____
(фамилия, инициалы, должность (профессия) с указанием
требований законодательных,
_____
иных нормативных правовых и локальных нормативных актов,
предусматривающих их
_____
ответственность за нарушения, явившиеся причинами
несчастного случая, указанными в п. 9
_____
настоящего акта; при установлении факта грубой
неосторожности пострадавшего указать
_____
степень его вины в процентах)
_____
Организация (работодатель), работниками которой являются данные
лица
_____
(наименование, адрес)
11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая _____
(фамилии, инициалы, дата)
_____

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.О.ОО2 - 8О. Термины и определения.

2. Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях

3. И.М.Чижевский, Г.Б.Куликов, Ю.А.Сидорин. Охран труда в полиграфии. М., 1988.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

Цель работы – ознакомиться со средствами защиты органов ды- хания и получить практические навыки их использования.

Теоретические положения

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты человека от попадания внутрь организма, на кожные покровы и повседневную одежду радиоактивных веществ (РВ), отравляющих веществ (ОВ) и бактериальных средств (БС).

По принципу применения средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты повседневного применения (промышленные СИЗ);

– средства защиты эпизодического применения (СИЗ для аварийных работ и пострадавших в очагах ЧС).

По объектам защиты средства индивидуальной защиты делятся:

– на средства защиты органов дыхания;

– средства защиты кожи.

По принципу действия средства индивидуальной защиты делятся:

– на фильтрующие (принцип фильтрации состоит в том, что воздух, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма человека, очищается от вредных примесей при прохождении через средство защиты);

– изолирующие (средства защиты изолирующего типа полностью изолируют организм человека от окружающей среды с помощью материалов, непроницаемых для воздуха и вредных примесей).

По способу подачи воздуха различают средства индивидуальной

защиты делятся:

– с принудительной подачей воздуха;

– самовсасывающие.

По кратности использования средства индивидуальной защиты

- на СИЗ многократного использования;

- СИЗ однократного использования.

По способу изготовления средства индивидуальной защиты делятся:

- на средства, изготовленные промышленностью;

- простейшие средства, изготовленные из подручных материалов. Кроме средств индивидуальной защиты существуют медицинские средства защиты [1].

Средства защиты органов дыхания.

Фильтрующий противогаз.

Фильтрующий противогаз предназначен для защиты органов дыхания, глаз, кожи лица от воздействия ОВ, РВ, БС, (АХОВ), а также различных вредных примесей, присутствующих в воздухе.

В настоящее время имеются фильтрующие гражданские противогазы различной модификации и промышленные противогазы.

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы: для взрослого населения – ГП-5 (ГП-5М), ГП-7 (ГП-7В); для детей – ПДФ-Ш, ПДФ-Д, ПДФ-2Ш, ПДФ-2Д, КЗД.

Гражданский противогаз (ГП-5). В состав комплекта входят два основных элемента: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62у. Шлем-маска имеет 5 ростов (0, 1, 2, 3, 4). Кроме того, противогаз комплектуется сумкой, наружными утеплительными манжетами (НМУ-1) и коробкой с незапотевающими пленками (рис. 9.1) [2]. У него нет соединительной трубки.

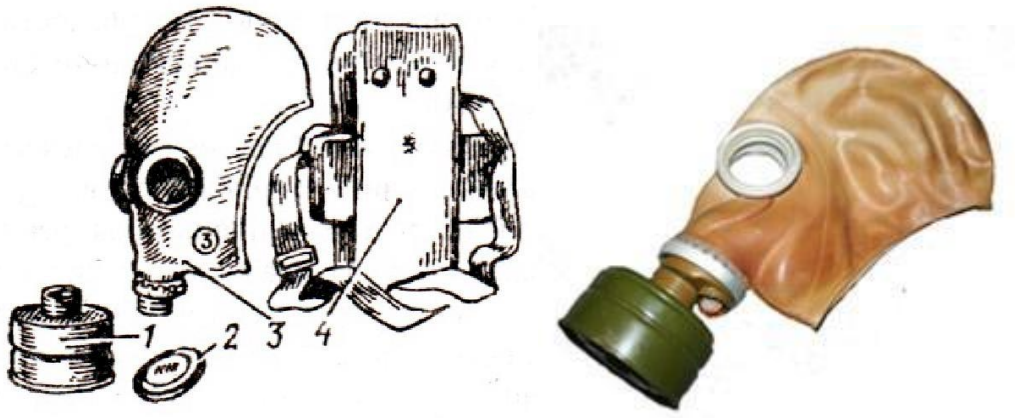


Рис. 7.1 Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-5):

1 – фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 – лицевая часть ШМ-62у; 4 – сумка

Внутри фильтрующе-поглощающей коробки ГП-5 расположены противоаэрозольный фильтр и шихта. Лицевая часть ШМ-62у представляет собой шлем-маску, изготовленную на основе резины из натурального или синтетического каучука. В шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка. Клапанная коробка имеет один вдыхательный и два выдыхательных клапана и служит для распределения потоков воздуха. Незапотевающие пленки изготавливаются из целлюлозы и бывают односторонние (НП) и двусторонние (НПН). Они устанавливаются с внутренней стороны стекол противогаза желатиновым покрытием к глазам и фиксируются прижимными кольцами. Желатин равномерно впитывает конденсированную влагу, тем самым сохраняя прозрачность пленки.

Комплект из 6 пленок упакован в металлическую коробку. Утеплительные манжеты используются только зимой при температуре ниже – 10 °С. Манжета надевается на обойму очков с внешней стороны. Пространство между стеклами манжет и очков предохраняет очки шлем- маски от замерзания.

Гражданский противогаз (ГП-5М). В комплект противогаза входит шлем-маска (ШМ-66Му) с мембранной коробкой для переговорного устройства. В лицевой части сделаны сквозные вырезы для ушных раковин, что обеспечивает нормальную слышимость.

Подгонка противогаза начинается с определения требуемого роста лицевой части. Рост лицевой части типа ШМ-62у, ШМ-66Му определяется по величине вертикального обхвата головы путем ее измерения по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляют до 0,5 см. До 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см – первый, от 66 до 68 см – второй, от 68,5 до 70,5 см – третий, от 71 см и более – четвертый.

Перед применением противогаз следует проверить на исправность и герметичность. Осматривая лицевую часть, следует определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого нуж- но проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, проколов, в горловине – повреждений. Обращается внимание на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Наиболее совершенными в настоящее время являются противогазы ГП-7 и ГП-7В. Их основными отличиями являются: более совершенная конструкция и форма шлем-маски, обеспечивающая возможность безопасного приема воды, жидких лекарств, других жидкостей в зараженной зоне без снятия маски. Наличие в комплекте фильтрующе-поглощающих коробок обеспечивает защиту от конкретных видов твердых химических веществ (ТХВ), а также увеличенные сроки работоспособности. Ростовка лицевой части предусматривает три размера. Как и другие типы противогазов, они состоят из фильтрующе- поглощающей коробки и лицевой части.

Гражданский противогаз (ГП-7). В комплект противогаза входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к, лицевая часть в виде маски МГП, сумка, защитный трикотажный чехол, коробка с незапотевающими пленками, утеплительные манжеты. Его масса в комплекте без сумки – около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка – 250 г, лицевая часть – 600 г).

Фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7к по конструкции аналогична коробке ГП-5, но с улучшенными характеристиками, уменьшено ее сопротивление, что облегчает дыхание. Лицевая часть МГП представляет собой маску объемного типа с «независимым» обтюратором, с наголовником (предназначен для закрепления лицевой части) в виде резиновой пластины с пятью лямками (лобная, две височные, две щечные), с очковым узлом, переговорным устройством (мембраной), узлами клапана вдоха и выдоха, прижимными кольцами для закрепления незапотевающих пленок (рис. 9.2) [2]. «Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине. Гидрофобный трикотажный чехол надевается на фильтрующе-поглощающую коробку и предохраняет ее от заражения, снега, пыли и влаги.

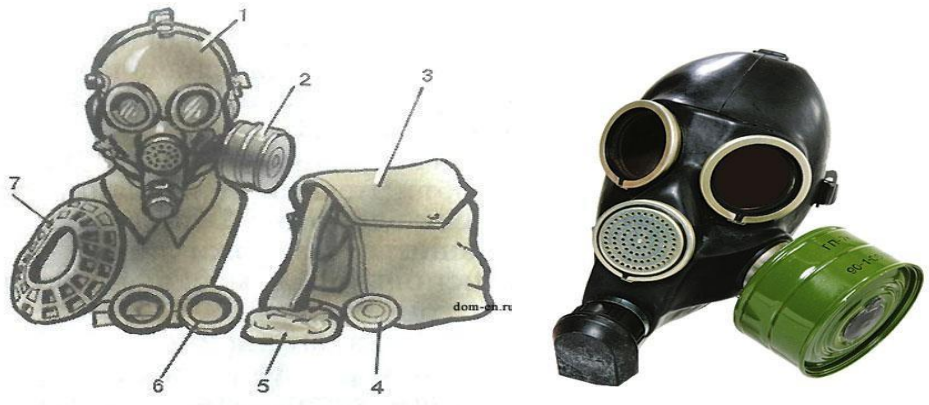


Рис. 7.2. Противогаз ГП-7:

1 – лицевая часть; *2* – фильтрующе-поглощающая коробка; *3* – сумка; *4* – коробка с незапотевающими пленками; *5* – трикотажный чехол; *6* – утеплительные манжеты

Гражданский фильтрующий противогаз (ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ) – это одна из самых последних и совершенных моделей противогазов для населения. В реальных условиях он обеспечивают высокую защиту от паров отравляющих веществ нервнопаралитического действия (типа зарин, зоман и др.), общеядовитого действия (хлорциан, синильная кислота и др.), радиоактивных веществ (радионуклидов йода и его органических соедине- ний (типа йодистый метил и др.)); от капель отравляющих веществ кожно- нарывного действия (иприт и др.), бактериальных, аварийных химически опасных веществ (АХОВ). ГП-7 имеет малое сопротивление дыханию, обеспечивает надежную герметизацию и небольшое давление лицевой час- ти на голову. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет и больные с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основа- нии результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы.

Правила определения размера противогаза.

Для определения размера противогаза нужно знать горизонталь- ный и вертикальный обхват головы. Горизонтальный обхват измеряется по замкнутой линии, которая проходит спереди по надбровным дугам, сбоку чуть выше (на 2–3 см) ушной раковины и сзади по наиболее выступающей части головы. А вертикальный обхват можно определить посредством из- мерения длины вертикальной линии, проходящей через подбородок, щеки и макушку. Полученные измерения следует округлить так, чтобы послед- няя цифра была 0 или 5. Затем нужно сложить оба результата и посмот- реть, какой размер противогаза вам нужен [3]:

- менее 1190 мм – первый размер;
- от 1195 до 1210 мм – второй размер;
- от 1215 до 1235 мм – третий размер;
- от 1240 до 1260 мм – четвертый размер;
- от 1265 до 1285 мм – пятый размер;

- от 1290 до 1310 мм – шестой размер.

Надевается противогаз после сигнала «Химическая тревога» по команде «Газы», либо по своей инициативе. Вынув противогаз из специальной сумки, следует взять шлем-маску за его нижнюю часть так, чтобы большие пальцы рук находились снаружи, а остальные были внутри. Далее нужно приложить нижнюю часть шлема-маски под подбородок и натянуть его на голову резким движением рук вверх.

Учитывая то, что операции, которые описаны выше, придется проводить вслепую, нужно достаточно долго тренироваться. Хотя все зависит от человека и степени его обучаемости. Хорошо попрактиковавшись, можно приблизиться к армейским нормативам на надевание противогаза – около 7–10 с. Наличие у противогаза переговорного устройства (мембра- ны) обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефон, радио).

Гражданские противогазы ГП-7В, ГП-7ВМ, УЗС-ВК, КЗД-6, фильтр ДОТ, фильтр ВК, ДПГ-3 (рис. 7.3). ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что в нем лицевая часть МГП-В имеет устройство для приема воды, пред- ставляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

ГП-7ВМ отличается от ГП-7В тем, что маска М-80 имеет очковый узел в виде трапециевидных изогнутых стекол, обеспечивающих возможность работы с оптическими приборами.

Гражданский фильтрующий противогаз ГП-7 обеспечивает защиту органов дыхания, глаз и кожи лица человека от вредных веществ и приме- сей, находящихся в воздухе. Это проверенная временем и надежная модель противогаза для гражданского населения.






а *б* *в* *г*







д *е* *ж*

Рис. 7.3. Гражданские противогазы:

а – ГП-7(В, ВМ); *б* – УЗС-ВК; *в* – ПДФ-2; г – КЗД-6; *д* – фильтр ДОТ; *е* – фильтр ВК; *ж* – ДПГ-3;

Подбор лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, сбоку на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую точку головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают нужный типоразмер (табл. 7.0). [4].

Правильно подобранная шлем-маска (маска) должна плотно прилегать к лицу и исключать возможность проникновения наружного воздуха в органы дыхания, минуя фильтрующе-поглощающую коробку.

Таблица 7.0

Типоразмеры противогазов

Рост лицевой части		1		2		3		
Положение упоров лямок	ГП-7, ГП-7В	4-8-8	3-7-8	3-7-8	3-6-7	3-6-7	3-5-6	3-4-5
	ГП-7ВМ	4-8-6	3-7-6	3-7-6	3-6-5	3-6-5	3-5-4	3-4-3
Сумма горизонтального и вертикального обхвата головы		До 1185	1190–1210	121–1235	1240–1260	1265–1285	1290–1310	1310 и более

*Примечание. П*оложение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза.

Противогаз УЗС-ВК – аварийно-спасательное средство многоразового действия, применяется для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, может использоваться во всех климатических зонах.

Противогаз ПДФ-2 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и лица детей (старше 1,5 года) от отравляющих веществ (ОВ), опасных биологических веществ (ОБВ), радиоактивной пыли (РП).

Камера защитная детская (КЗД-6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 года от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств. Детская защитная камера похожа на обычную сумку, поэтому переносить ребенка в ней очень удобно.

Дополнительный патрон (ДПГ-3) предназначен для использования в комплекте с ГП-7, ГП-7В и детскими противогазами, для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека от сильнодействующих ядовитых веществ: аммиака, диметиламина, нитробензола.

Фильтр ДОТ соответствует новым ГОСТам, гармонизированным с европейскими стандартами EN141, EN143. Он значительно эффективнее по сравнению с противогазовыми коробками, выпускаемыми по старым ГОСТа, за счет уникальных поглотителей от отравляющих веществ, опас- ных биологических веществ, радиоактивной пыли, сильнодействующих ядовитых веществ.

Фильтр ВК предназначен для очистки вдыхаемого воздуха от органических газов и паров с температурой кипения выше 65 ^{o}C (циклогек- сан, бензол, ксилол, толуол, бензин, керосин, галоидоорганические соеди- нения (хлорпикрин, хлорацетофенон и т. п.), нитросоединения бензола).

Промышленные противогазы. Существует несколько марок промышленных фильтрующих противогазов, которые являются индивидуальным средством защиты органов дыхания и зрения рабочих различных отраслей промышленности, сельского хозяйства от воздействия

вредных веществ (газы, пары, пыль, дым и туман), присутствующих в воздухе.

Запрещается применять промышленные противогазы при недостатке кислорода в воздухе (менее 18 %), например при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях.

Не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих жидкостей, плохо сорбирующихся органических веществ, например метана, этилена, ацетилена. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен (Рис. 7.4).



ППФМ-92 ПФМГ-96 ПФСГ-98 ППФ-95

Рис. 7.4. Промышленные противогазы

Противогазы ППФМ-92, ПФМГ-96, ПФСГ-98 предназначены для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от вредных газо- и парооб- разных веществ и аэрозолей, присутствующих в воздухе рабочей зоны. ППФ-95 предназначены для защиты органов дыхания, зрения и лица рабо- чих различных отраслей промышленности и сельского хозяйства от воз- действия вредных газов, паров, пыли, дыма и тумана, присутствующих в воздухе. Фильтрующие противогазы надежны в атмосфере, содержащей не менее 18 % кислорода.

Промышленный противогаз состоит из снаряженной коробки, лицевой части (шлем-маски) с соединительной трубкой и сумки. Фильтрующая коробка служит для очистки воздуха, вдыхаемого человеком, от ядовитых веществ и вредных примесей. В зависимости от состава этих примесей она может содержать один или несколько специальных поглотителей или сочетание поглотителя с аэрозольным фильтром. При этом коробки строго специализированы по составу поглотителей, а поэтому отличаются друг от

друга окраской и маркировкой. Шлем-маски промышленных противогазов изготавливаются пяти ростов – 0, 1, 2, 3, 4. Чтобы подобрать шлем-маску, надо мягкой сантиметровой линейкой произвести два измерения головы. Вначале определить длину круговой линии, проходящей по подбородку, щекам и через высшую точку головы (макушку). Затем измерить длину полуокружности, проходящей от отверстия одного уха к отверстию другого по лбу через надбровные дуги. Результаты двух обмеров суммируют и находят требуемый рост шлем-маски.

При сумме до 93 см размер нулевой, от 93 до 95 см – первый, от 95 до 99 см – второй, от 99 до 103 см – третий, от 103 и выше – четвертый [4].

Противогазы комплектуют коробками двух размеров (большая и малая) и трех типов: без аэрозольного фильтра, с аэрозольным фильтром (на коробке белая вертикальная полоса), без аэрозольного фильтра с уменьшенным сопротивлением дыханию (имеет индекс 8 в маркировке). В зависимости от вида вредного вещества выпускают коробки следующих марок: А, В, Г, Е, КД, СО, М (табл. 9.2) [5].

Коробки марок А, В, Г, Е, КД изготавливаются как с аэрозольными фильтрами, так и без них; коробка БКФ – только с аэрозольными фильтрами; коробки СО и М – без аэрозольных фильтров. Белая вертикальная полоса на коробке означает, что она оснащена аэрозольным фильтром.

Таблица 7.1

Характеристика промышленных противогазов

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
А	Коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, галоидоорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетроэтилсвинец, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты)

Продолжение табл. 7.1

Марка противогаза	Маркировка и окраска	Соединения, от которых защищают ПП
В	Желтая	Кислые газы и пары (диоксида серы, гидрид серы, хлор, циан гидрида, окислы азота, хлориды водорода, фосген), фосфор- и хлорорганические ядохимикаты
Г	Черно-желтая	Пары ртути и ртутьорганическе ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида
Е	Черная	Гидрид мышьяка и гидрид фосфора
К	Зеленая	Аммиак, а также пыль, дым, туман
КД	Серая, с бе- лой поло- сой	Аммиак и сероводород
БКФ	Защитная, с белой полосой	Кислые газы и пары, пары органических веществ, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пыль, дым, туман
СО	Белая	Оксид углерода
М	Красная	Оксид углерода в присутствии паров органических ве- ществ, кислые газы, аммиак, гидрид мышьяка, гидрид фосфора, пары органических соединений (бензин, керо- син, ацетон, бензол, ксилол, сероуглерод, толуол, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологи)
П-2У	Красная с белой поло- сой	Пары карбонилов никеля и железа, оксид углерода и со-путствующие аэрозоли
Б	Синяя	Бороводороды: диборан, пентаборан, этилентаборан, ди-этилдекаборан и их аэрозоли
УМ	Защитная	Пары и аэрозоли гептила, амил, самин, нитромеланж, амидол
ГФ	Голубая	Газообразный гексафторид урана, фтор, фтористый водо- род, радиоактивные аэрозоли

Пользование противогазом. Подобрав шлем-маску, ее обязательно примеряют. Новую лицевую часть предварительно необходимо протереть снаружи и внутри чистой тряпочкой или тампоном ваты, смоченным в воде, а клапаны выдоха продуть. Шлем-маску, бывшую в употреблении, следует отсоединить от коробки, протереть двухпроцентным раствором формалина или промыть водой с мылом и просушить.

При сборке противогаза шлем-маску берут в левую руку за клапанную коробку, а правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе- поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

При переводе противогаза в «боевое» положение необходимо:

– снять головной убор и зажать его между коленями или положить рядом;

– убрать волосы со лба и висков, женщинам следует гладко

– зачесать волосы назад, заколки и украшения снять (их попадание под обтюратор приведет к нарушению герметичности);

– вынуть шлем-маску из сумки, взять ее обеими руками за утолщенные края у нижней части так, чтобы большие пальцы рук были с наружной стороны, а остальные – внутри. Подвести шлем-маску к подбородку и резким движением рук вверх и назад натянуть ее на голову так, чтобы не было складок, а очки пришлись против глаз (ГП-5, ГП-5М);

– для правильного надевания ГП-7 надо взять лицевую часть обеими руками за щечные лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Задержать дыхание, закрыть глаза. Затем зафиксировать подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натянуть наголовник на голову и подтянуть до упора щечные лямки;

– сделать полный выдох (для удаления зараженного воздуха из-под шлем-маски, если он туда попал в момент надевания), открыть глаза и возобновить дыхание;

– надеть головной убор, застегнуть сумку и закрепить ее на туловище.

Дополнительные патроны

В результате развития химической и нефтехимической промышленности в производстве увеличено применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ).

С целью расширения возможностей гражданских противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3).

ДПГ-1 в комплекте с противогазом защищает от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена. ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фурфурола, хлористого водорода.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрытыми: наружная – с навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя – с ввернутой заглушкой [6].

Изолирующие противогазы. Изолирующие противогазы (ИП) являются специальными средствами защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от любых вредных примесей, находящихся в воздухе независимо от их свойств и концентраций. Они используются также в тех случаях, когда невозможно применение фильтрующих противогазов, например при наличии в воздухе очень высоких концентраций отравляющих веществ или любой вредной примеси, кислорода менее 16 %, а также при работе под водой на небольшой глубине. Виды противогазов представлены на Рис. 7.5.



ИП-4М ИП-6 ПДА-3М

Рис. 9.5. Изолирующие противогазы

Изолирующие противогазы используют в случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают должной степени защиты, или когда в воздухе недостаточно кислорода. Источником кислорода в таком противогазе служит патрон, снаряженный специальным веществом. Для нужд населения выпускают ИП-4М, ИП-4МК, ИП-5, ИП-6, ИП-7, ПДА- 3М.

Действие изолирующих противогазов основано на использовании химически связанного кислорода. Они имеют замкнутую маятниковую схему дыхания: выдыхаемый воздух попадает в регенеративный патрон, вещество которое содержится в нем поглощает углекислый газ и влагу, а взамен выделяет необходимый для дыхания кислород. Затем дыхательная смесь попадает в дыхательный мешок. При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка снова проходит через регенеративный патрон, дополнительно очищается и поступает для дыхания. Материалы, из которых изготовлены противогазы, не оказывают отрицательного воздействия на организм. Применение незапотевающих пленок, а при отрицательных температурах и утеплительных манжет сохраняет прозрачность стекол в течение всего времени работы в противогазе при любой физической нагрузке. Грантируется высокая эксплуатационная безопасность.

ИП-4М, ИП-4МК используют при авариях, стихийных бедствиях. ИП-5, ИП-6 предназначены для защиты органов дыхания, кожи лица и глаз человека в непригодной для дыхания атмосфере независимо от состава и концентрации вредных веществ в воздухе, а также при недостатке или отсутствии кислорода. Портативный дыхательный аппарат (ПДА-3М) предназначен для экстренной защиты органов дыхания, зрения и кожи лица человека в непригодной для дыхания атмосфере при эвакуации из опасной зоны, выполнении аварийных работ, а также в ожидании помощи [5].

По принципу действия изолирующие противогазы делятся на две группы: ИП-5); КИП-8).

- противогазы на основе химически связанного кислорода (ИП-4,

- противогазы на основе сжатого кислорода или воздуха (КИП-7, Исходя из принципа защитного действия, основанного на полной изоляции органов дыхания от окружающей среды, время пребывания в изолирующем противогазе зависит не от физико-химических свойств ОВ,РВ, БС и их концентраций, а от запаса кислорода и характера выполняемой работы.

Противогазы шланговые изолирующие презназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи человека от любых вредных примесей в воздухе независимо от их концентрации, а также для работы в условиях недостатка кислорода в воздухе рабочей зоны. Комплектуются возду- ходводящим шлангом длиной 10 или 20 м на барабане или в сумке.

Респираторы.

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли (рис. 7.6).

Респираторы делятся на два типа. Первый – это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй – это респираторы, которые очищают вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.



Рис. 7.6. Респираторы:

а – «Кама»; б – «Снежок»; в – У-2к; г – РП-КМ; д – Ф-62Ш; е – «Ас- тра 2»; ж – РПГ-67; з – РУ-6 Ом

Респираторы по назначению делят на следующие виды [5]:

противоаэрозольные – для защиты органов дыхания от пыли, дыма, тумана, содержащих токсичные, бактериальные и другие опасные элементы, за счет пропускания вдыхаемого воздуха через фильтр из специального материала (респираторы «Лепесток», «Кама», «Снежок-П», У-2к, «Астра-2», Ф-62ш, РПА-1 и др.). Для фильтров в таких респираторах ис- пользуют материалы типа ФП (фильтр Петрянова), обладающие высокой эластичностью, механической прочностью, большой пылеемкостью, стой- костью к химическим агрессивным веществам и прекрасными фильтрую- щими свойствами;

противогазовые – для защиты от паров и газов за счет фильтрования вдыхаемого воздуха через фильтрпатроны различных марок, различающихся составом адсорбирующего материала. При этом фильтр-патрон каждой марки защищает от газов только определенного вида (РПГ-67);

универсальные – одновременно защищают от аэрозолей и отдель- ных видов газов и паров. Респираторы имеют противоаэрозольный фильтр и сменные противогазовые патроны разных марок (РУ-60м) или противо- газовые фильтры из ионообменного волокнистого материала («Снежок- ГП», «Лепесток-Г»).

По конструктивному оформлению различают респираторы двух типов:

фильтрующие маски – их фильтрующий элемент одновременно служит лицевой частью;

патронные – самостоятельно выполненные лицевая часть и фильтрующий элемент.

По характеру вентилирования подмасочного пространства респи- раторы делят на бесклапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух прохо- дит через фильтрующий элемент) и клапанные (вдыхаемый и выдыхаемый воздух движется по различным каналам благодаря системе клапанов вдоха и выдоха).

В зависимости от срока службы различают респираторы одноразо- вого (типа «Лепесток», «Кама», У-2к и т. п.) и многоразового пользования, в которых предусмотрена возможность замены фильтров или их много- кратная регенерация (Ф-62ш, «Астра-2», РУ-60м и др.).

Респираторы ШБ-1, «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200» одинаковы и представляют собой сплошную легкую полумаску- фильтр из материала ФПП (фильтрующее полотно Петрянова). В нерабо- чем состоянии респиратор имеет вид круга. Каркасность его в рабочем со- стоянии обеспечивают пластмассовая распорка и алюминиевая пластина. Плотное прилегание респиратора к лицу достигается при помощи резино- вого шнура, вшитого в периметр круга, а также благодаря электростатиче- скому заряду материала ФПП, который образует полосу обтюрации. На го- лове респиратор крепят четырьмя шнурами.

Противоаэрозольные респираторы. В качестве фильтров в респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова) благодаря их хорошей эластичности, большой пылеемкости, а главное, высоким фильтрующим свойствам. Важной отличительной особенностью материалов ФП, изготовленных из перхлорвинила и других полимеров, обладающих изоляционными свойствами, является то, что они несут электростатические заряды, которые резко повышают эффективность улавливания аэрозолей и пыли.

Респиратор противопылевый У-2К (в гражданской обороне Р-2) обеспечивает защиту органов дыхания от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, радиоактивной и другой пыли, от некоторых бактериальных средств, дустов и порошкообразных удобрений, не выделяющих токсичные газы и пары. Использовать респиратор целесообразно при кратковременных работах небольшой интенсивности и запыленности воздуха. Не рекомендуется применять, когда в атмосфере сильная влага.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, наружный фильтр которой изготовлен из полиуретанового поропласта зеленого цвета, а внутренняя его часть – из тонкой воздухонепроницаемой полиэтиленовой пленки, в которую вмонтированы два клапана вдоха (рис. 9.7). Клапан выдоха размещен в передней части полумаски и защищен экраном. Между поропластом и полиэтиленовой пленкой расположен второй фильтрующий слой из материала ФП. Для плотного прилегания респиратора к лицу в области переносицы имеется носовой зажим – фигурная алюминиевая пластина. Респиратор крепится при помощи регулируемого оголовья.



Рис. 7.7. Респираторы У-2К (Р-2)

Респираторы У-2К изготавливаются трех ростов, которые обозначаются на внутренней подбородочной части полумаски. Определение роста производится путем измерения высоты лица человека, т. е. расстояния между точкой наибольшего углубления переносицы и самой нижней точкой подбородка. При величине измерения от 99 до 109 мм берут первый рост, от 109 до 119 мм – второй, от 119 и выше – третий.

Принцип действия респиратора основан на том, что при вдохе воздух последовательно проходит через фильтрующий полиуретановый слой маски, где очищается от грубодисперсной пыли, а затем через фильтрующий полимерный материал (ФП), в котором происходит очистка воздуха от тонкодисперсной пыли. После очистки вдыхаемый воздух через клапаны вдоха попадает в подмасочное пространство и в органы дыхания.

При выдохе воздух из подмасочного пространства выходит через клапан выдоха наружу.

Чтобы подогнать респиратор У-2К (Р-2), нужно:

- вынуть его из полиэтиленового мешочка и проверить его исправность, надеть полумаску на лицо так, чтобы подбородок и нос разместились внутри нее, одна нерастягивающаяся тесьма оголовья располагалась бы на теменной части головы, а другая – на затылочной;
- с помощью пряжек, имеющихся на тесемках, отрегулировать их длину (для чего следует снять полумаску) таким образом, чтобы надетая полумаска плотно прилегала к лицу;
- на подогнанной надетой полумаске прижать концы носового зажима к носу.

Для проверки плотности прилегания респиратора к лицу необходимо плотно закрыть отверстия предохранительного экрана клапана выдоха ладо- нью и сделать легкий выдох. Если при этом по линии прилегания полумаски к лицу воздух не выходит, а лишь несколько раздувает респиратор, значит, он надет герметично. Если воздух проходит в области носа, то надо плотнее прижать концы носового зажима.

После снятия респиратора необходимо удалить пыль с наружной части полумаски с помощью щетки или вытряхиванием. Внутреннюю поверхность необходимо протереть и просушить, после чего респиратор необходимо вложить в полиэтиленовый пакет, который закрывается кольцом. Противоаэрозольный респиратор Ф-62Ш (однопатронный) – это средство индивидуальной защиты органов дыхания человека от различных видов промышленных пылей, он не защищает от газов, паров вредных ве- ществ, аэрозолей органических соединений. Предназначен для защиты от силикатной, металлургической, горнорудной, угольной, табачной пыли, пыли порошкообразных удобрений и интоксицидов, а также других видов пыли, не выделяющих токсичных газов. Широко применяется шахтерами. Респиратор противоаэрозольный ФА-2002

предназначен для защиты лица, глаз, органов дыхания от аэрозолей различной природы (пыль, дым, туман) при их суммарной концентрации не более 15 ПДК и при концентрации кислорода не менее 17 % (Рис. 7.8).



Ф-62Ш



ФА-2002

Рис. 7.8. Респираторы противоаэрозольные Ф-62Ш и ФА-2002

Универсальные респираторы

Газопылезащитные респираторы занимают как бы промежуточное положение между респираторами противопылевыми и противогазами. Они легче, проще и удобнее в использовании, чем противогаз. Однако защищают только органы дыхания при концентрации вредных веществ не более 10–15 ПДК. Глаза, лицо остаются открытыми. Вместе с тем такие респираторы во многих случаях довольно надежно предохраняют человека в газовой и пылегазовой среде.

Респиратор газопылезащитный РУ-60М (рис. 7.9) защищает органы дыхания от воздействия вредных веществ, присутствующих в воздухе одновременно в виде паров, газов и аэрозолей (пыли, дыма, тумана).



Рис. 7.9. Респиратор газопылезащитный (РУ-60М)

Запрещается применять эти респираторы для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого, фосфористого, цианистого

водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводородов (метан, этан), а также от веществ, которые в парогазообразном состоянии могут проникнуть в организм через неповрежденную

кожу. Респиратор РУ-60М состоит из резиновой полумаски, обтюратора, поглощающих патронов (марки А, В, КД, Г), пластмассовых манжет с клапанами вдоха, клапана выдоха с предохранительным экраном и оголовья. С этими респираторами разрешается работать в средах, где концентрация пыли не более 100 мг/м^3.

Противогазовые респираторы. Респиратор противогазовый (РПГ-

67) – это средство индивидуальной защиты, применяется на предприятиях химической, металлургической и в других отраслях производства при концентрациях вредных веществ, не превышаю-

щих 10–15 ПДК.

Газодымозащитный комплект. Статистика показывает, что пожары с большим количеством человеческих жертв чаще всего встречаются в гостиницах, театрах, универсамах, ресторанах, вечерних клубах, учебных заведениях, на предприятиях, использующих легковоспламеняю- щиеся материалы.

Помещения быстро заполняются окисью углерода и другими токсическими газами. Люди гибнут от отравлений. Чтобы защитить органы дыхания и глаза от ядовитых газов, а голову человека от огня при выходе из горящего помещения, создан специальный газодымозащитный комплект (Рис. 9.10).



Рис. 9.10 Газодымозащитный комплект

Газодымозащитный комплект (ГДЗК) состоит из огнестойкого капюшона с прозрачной смотровой пленкой. В нижней части расположена эластичная манжета.

Внутри капюшона находится резиновая полумаска, в которой закреплен фильтрующе-сорбирующий патрон с клапаном вдоха. ГДЗК имеет регулируемое оголовье. При надевании следует широко растянуть эластичную манжету и накинуть капюшон на голову так, чтобы

манжета плотно облегала шею, при этом длинные волосы заправляются под капюшон. Очки можно не снимать. ГДЗК обеспечивает защиту от окиси углерода и цианистого водорода не менее 15 мин. Сопротивление при вдохе при 30 л/мин – не более 149 Па (15 мм вод. ст). Масса 800 г. Комплект хранится в картонной коробке в пакете из трехслойной полиэтиленовой пленки.

Капюшон «Феникс» предназначен для самостоятельной эвакуации из мест возможного отравления химически опасными и вредными вещест- вами. Защищает от продуктов горения, аэрозолей, паров и газов, опасных химических веществ, образующихся при аварийных ситуациях (Рис. 9.11).

Самоспасатели СИП-1, СПИ-20, СПФ, «Экстремал ПРО» (Рис. 9.11) предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания, токсичной и задымленной газовой среды. Применяются при экстренной эвакуации людей в случае террористических актов, а также с мест пожара в общественных зданиях, на транспорте, из жилых домов и т. п.

а *б* *в* *г*



Рис. 9.11. Самоспасатели:

а – СИП-1; б – СПИ-20; в – СПФ; г – капюшон «Феникс»; д – «Экстремал ПРО».

Самоспасатель противопожарный СИП-1 предназначен для защиты органов дыхания, зрения и головы при самостоятельной эвакуации из помещений (гостиниц, высотных зданий, вагонов) во время пожара или при других аварийных ситуациях, от любых вредных веществ независимо от их концентрации и при недостатке кислорода в воздухе.

Порядок выполнения работы

1. Записать название и цель работы.
2. Законспектировать виды и назначение противогазов в виде табл. 7.3.

Таблица 7.3

Виды и назначение противогазов

Наименование и марка	Назначение, вид веществ, от которых защищает	Комплектация	Примечание*
Фильтрующие противогазы			
Гражданские			
ГП-5			
…			
… т. д.			

*В примечании указать, для каких возрастных групп предназначен, особенности мар- ки и т. п.

3. Указать правила пользования противогазами.
4. Измерить при помощи гибкого сантиметра лицевую часть головы и подобрать для себя размер противогаза ГП-5 (ГП-7) по росту.

5. Измерить при помощи гибкого сантиметра высоту своего лица и подобрать размер респиратора У-2К.

6. Показать отчет преподавателю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. для вузов / С. В. Белов [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 2009. – 616 с.

2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : учеб. пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. – М. : Высш. шк., 2008. – 592 с.

3. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрез- вычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов / Я. Д. Вишняков [и др.]. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

4. Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П. А. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учеб. пособие для вузов. – М. : Академический проект : Трикста, 2005. – 480 с.

5. Вознесенский В. В. Средства защиты органов дыхания и кожи. Противога- зы, респираторы и защитная одежда, основы их эксплуатации : учеб. пособие. – М. : Воен. знания, 2010. – 80 с.

6. Семенов С. Н., Лысенко В. П. Проведение занятий по гражданской обороне : метод. пособие. – М. : Высш. шк., 1990. – 96 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. ИНЖЕНЕРНАЯ И ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ЗАЩИТА. ВИДЫ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРАВИЛА ПОВЕДЕНИЯ В НИХ

Наименование работы: Действия населения при ЧС военного характера.

Цель: изучить действия населения при ЧС военного характера при угрозе применения радиационного, химического или биологического оружия, определить применяемые средства индивидуальной защиты, обосновать выбор защитных сооружений.

Время: 4 часа

Материально-техническое обеспечение: инструкционная карта, ручка, противогаз, респиратор, ватно-марлевая повязка

Методика выполнения

Задание:

1. Изучить индивидуальные средства защиты населения.

2. Изучить виды укрытий и правила поведения в убежищах и укрытиях.

3. Изучить применение СИЗ при угрозе применения химического и биологического оружия.

4. Отчет о работе оформить в виде плана-конспекта.

5. Заполнить таблицу.

№	ЧС	Опасность	Поражающие факторы	Основные средства защиты

Ядерное оружие – самое страшное оружие современности. Поражение людей при его применении зависит от того, где они находились в момент ядерного взрыва. Наиболее эффективным средством защиты от всех поражающих факторов ядерного оружия являются убежища (укрытия). Находясь в убежищах (укрытиях), необходимо постоянно держать в готовности к немедленному использованию средства индивидуальной защиты. Средства индивидуальной защиты подразделяют на средства индивидуальной защиты

органов дыхания (СИЗОД), средства индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК). К средствам защиты органов дыхания человека относятся противогазы (фильтрующие (рис.8.1.) и изолирующие (рис.2.)) и респираторы (рис.3.), а также простейшие средства защиты – противопыльные тканевые маски (ПТМ-1) (рис.4.) и ватно-марлевые повязки (рис.5.), изготовляемые обычно силами самого населения.

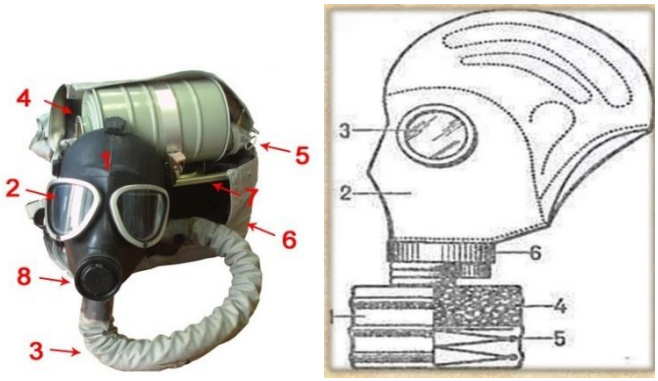


Рис. 8.1 Фильтрующий противогаз

1-фильтрующе-поглощающая коробка; 2-лицевая часть противогаза; 3-очковой узел; 4-шихга (обеспечивает поглощение паров и газов, и токсичных в-в); 5-ПАФ (противоаэрозольный фильтр); 6-клапанная коробка.



Рис.8.2. Изолирующий противогаз

1-лицевая часть, 2-очковый узел, 3-соеденительная трубка, 4-регенераторный патрон, 5-пусковое устройство патрона, 6-дыхательный мешок, 7-каркас, 8-устройство для переговоров.

Порядок надевания противогаза:

1. По команде «Газы!» задержите дыхание, не вдыхая воздух.

2. Закрыть глаза.

3. Достать противогаз из противогазной сумки, левой рукой доставая противогаз, а правой держа сумку снизу.

4. Вынуть пробку-заглушку из противогазной коробки.

5. Перед надеванием противогаза расположить большие пальцы рук снаружи, а остальные внутри.

6. Приложить нижнюю часть шлем-маски на подбородок.

7. Резко натянуть противогаз на голову снизу-вверх.

8. Выдохнуть.

9. Необходимо, чтобы после не образовалось складок, очковый узел должен быть расположен на уровне глаз.

10. Перевести сумку на бок.

Снятие:

1. По команде «Отбой!» брать за фильтровальную коробку и, потянув сверху-вниз, снять его.

2. Убрать противогаз в противогазную сумку.

3. Застегнуть пуговицы.

Таблица 8.0

Подбор размера противогаза

Обхват головы	Размер противогаза
До 63	0
63,5-65,5	1
66-68	2
68,5-70,5	3
71 и более	4

В качестве защиты органов дыхания от радиоактивной пыли и различных вредных аэрозолей могут быть использованы респираторы. Они просты в применении, малогабаритны и рассчитаны на массовое применение. Широко используются при выполнении работ, связанных с пылеобразованием.

Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, снабженную двумя клапанами вдоха, клапаном выхода (с предохранительным экраном), оголовьем, состоящим из эластичных растягивающихся (и не растягивающихся) тесемок, и носовым зажимом. Работать в нем можно до 12 ч

Респираторы Р-2 изготовляются трех ростов -1,2 и 3-го, которые обозначаются внутренней подбородочной части полумаски.

Простейшими средствами защиты органов дыхания человека от радиоактивной пыли и биологических средств (при действиях во вторичном облаке) являются противопыльная тканевая маска ПТМ-1 (рис.8.3).

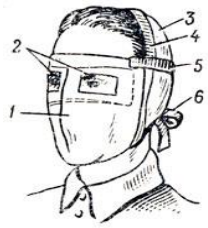


Рис.8.3. Противопыльная тканевая маска

1-корпус маски, 2-смотровые отверстия, 3-крепления, 4-резиновая тесьма, 5-поперечная резинка, 6-завязки.

И ватно-марлевая повязка (рис.8.4.) От ОВ (отравляющих веществ) они не защищают. Их изготавливает преимущественно само население. Маска состоит из корпуса и крепления. Корпус шьется из двух одинаковых по форме тканевых фильтрующих половинок, собранных на 4-5 слоев. На нем имеются смотровые отверстия со вставленными стеклами. Крепится маска на голове при помощи вставленной резинки и двух завязок.

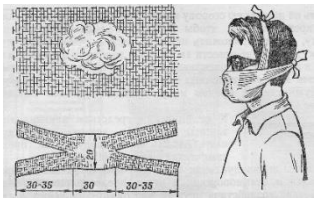


Рис.8.4. Ватно-марлевая повязка

Ватно-марлевая повязка изготовляется из куска марли размером 100 х50 см и ваты. На марлю накладывают слой ваты толщиной 2-3 см, длинной 30 см, шириной 20 см. Марлю с обеих сторон загибают и накладывают на вату. Концы марли разрезают на 30-35 см с каждой стороны, чтобы образовались две пары завязок. Марлевые повязки делают из 10-12 слоев марли. Они шьются также в виде маски, закрывающей лицо или только подбородок, нос и рот. Для защиты глаз используются противопыльные очки.



Рис.8.5.Защитные очки

К средствам индивидуальной защиты глаз (СИЗГ), в первую очередь, относятся защитные очки, предохраняющие от пыли, твердых частиц, химически неагрессивных жидкостей и газов, от слепящего яркого света, ультрафиолетового, инфракрасного излучения и от сочетания излучений указанных видов с воздействия летящих твердых частиц, а так же очкизащищающие от лазерного излучения и других опасных факторов.

К **средствам индивидуальной защиты кожи (СИЗК)** относят защитную одежду фильтрующего и изолирующего типа. К изолирующим средствам защиты кожи относятся общевойсковой комплексный защитный костюм (ОКЗК), общевойсковой защитный комплекс (ОЗК) (рис.8.6.), легкий защитный костюм (Л-1) , защитный комбинезон или костюм.

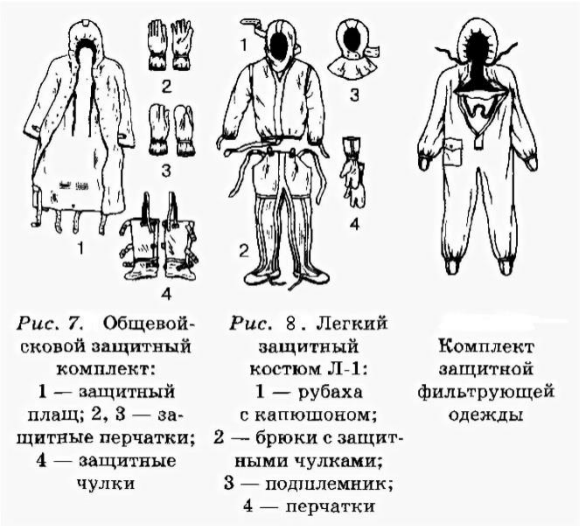


Рис. 7. Общевойсковой защитный комплект: 1 — защитный плащ; 2, 3 — защитные перчатки; 4 — защитные чулки

Рис. 8. Легкий защитный костюм Л-1: 1 — рубаха с капюшоном; 2 — брюки с защитными чулками; 3 — подшлемник; 4 — перчатки

Комплект защитной фильтрующей одежды

Рис. 8.6 Защитный костюм

Общевойсковой комплексный защитный костюм (ОЗК) предназначен для комплексной защиты от светового излучения и радиоактивной пыли, паров и аэрозолей ОВ и биологических аэрозолей. Он состоит из пропитанных специальным составом куртки, брюк, защитного белья, головного убора, подшлемника.

Простейшие средства защиты кожи применяются при отсутствии табельных средств. Может быть использована прежде всего производственная одежда (спецовка) – куртка и брюки, комбинезоны, халаты с капюшоном, сшитые из брезента, огнезащитной или прорезиненной ткани, грубого сукна. Они способны не только защищать от попадания на кожу людей радиоактивных веществ и биологических средств, но и не пропускать в течение некоторого времени капельножидких отравляющих веществ.

Обычная одежда, обработанная специальной пропиткой, может защищать и от паров отравляющих веществ. В качестве пропитки используют моющие средства или мыльно-масляную эмульсию. Основные представители неионогенных моющих средств – ОП-7 и ОП-10 (ОП-7иОП-10 - вспомогательные вещества, представляющие собой продукты обработки смеси моно- и диалкилфенолов окисью этилена. Вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10 относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам. Применяются в качестве смачивающих, эмульсирующих, стабилизирующих поверхностно-активных веществ. Хорошо растворимы в воде). Синтетические моющие средства в чистом виде используются редко и служат исходным материалом для приготовления моющих средств, которые состоят из моющего вещества, активных добавок (соли фосфорной кислоты, сульфат натрия, метасиликат натрия и др.) и веществ, предохраняющих кожу (карбоксиметилцеллюлоза, дермоланы – высокомолекулярные циклические соединения, содержащие группы SO_2,NH_4,далгоны – конденсированные фосфаты).

Придать повседневной одежде защитные от отравляющих веществ свойства можно, пропитав ее раствором, который может быть приготовлен в домашних условиях. 2,5-3 л раствора, необходимого для пропитки одного комплекта одежды, можно получить если растворить 250-300 г измельченного хозяйственного мыла в 2-3 л горячей воды (60-70 ° С), добавить в раствор 0,5 л минерального (машинного) и другого масла и, подогревая,перемешивать раствор до получения однородной мыльно-масляной эмульсии. Одежду помещают в большую емкость (бак, ведро) и заливают раствором. Пропитанная одежда отжимается и просушивается (утюжке не подлежит).

В летную жаркую погоду необходимо соблюдать установленные сроки работы в защитной одежде. Зимой для предупреждения обмораживания следует надевать ее на ватник, использовать подшлемник, теплые портянки, в резиновые сапоги подкладывать теплые стельки, защитные перчатки одевать поверх обычных шерстяных или фланелевых. Обычно длительность пребывания людей в убежищах зависит от степени радиоактивного заражения местности. Если убежище находится в зоне заражения с уровнями радиации от 8 до 80 Р/ччерез один час после ядерного взрыва, то время пребывания в нем укрываемых людей составит от нескольких часов до одних суток (рис.8.7) .



Рис.8. 7. Ватно-марлевая повязка

В зоне заражения с уровнями радиации от 80 до 240 Р/ч нахождение людей в защитном сооружении увеличивается до 3 сут. В зоне заражения с уровнем радиации 240 Р/ч и выше это время составит 3 сут. и более. По истечении указанных сроков из убежищ (укрытий) можно перейти в жилые помещения. В течение последующих 1-4 сут. (в зависимости от уровней радиации в зонах

заражения) из таких помещений можно периодически выходить наружу, но не более чем на 3-4 ч в сутки.

В условиях сухой и ветреной погоды, когда возможно пылеобразование, при выходе из помещений следует использовать СИЗОД. Чтобы благополучно пережить указанные сроки пребывания в убежищах, необходимо иметь запасы продуктов питания (не менее чем на 4 сут. (крупы, сахар и соль, галеты, сухари, консервы, макаронные изделия, мука, сухофрукты, шоколад, подсолнечное масло, мед, варенье. уксус, вода)), питьевой воды (из расчета 3 л на человека в сутки), а также предметы первой необходимости и медикаменты.

Если в результате ядерного взрыва убежище (укрытие) окажется поврежденным, принимают меры к быстрому выходу из него, надев СИЗОД. Если основным и ли запасным выходом воспользоваться невозможно, приступают к расчистке одного из заваленных выходов или к проделыванию выхода. После выхода из очага ядерного поражения (зоны радиоактивного заражения) необходимо провести частичную дезактивацию и санитарную обработку, т.е. удалить радиоактивную пыль. При частичной дезактивации следует осторожно снять одежду, ни в коем случае не снимая СИЗОД. Встав спиной к ветру, вытряхнуть ее, развесить одежду на перекладине или веревке и обмести с нее пыль сверху вниз с помощью щетки или веника. Одежду можно выколачивать и палкой.

После этого следует продезактивировать обувь: протереть тряпками и ветошью, смоченными водой, очистить веником или щеткой. Резиновую обувь можно мыть. Противогаз дезактивируют в особой последовательности. Фильтрующе-поглощающую коробку вынимают из сумки, сумку тщательно вытряхивают. Затем тампоном, смоченным мыльной воде, моющим раствором или жидкостью из противохимического пакета обрабатывают фильтрующе-поглощающую коробку, соединительную трубку и наружную поверхность шлема-маски (маски). Лишь после этого противогаз снимают.

Противопыльные тканевые маски при дезактивации тщательно вытряхивают, чистят щетками, при возможности полощут или стирают в воде. Зараженные ватно-марлевые повязки сжигают. При частичной санитарной обработке открытые участки тела: руки, лицо, шею, глаза обмывают незараженной водой. Нос, рот и горло полощут. Важно, чтобы при обмывке лица зараженная вода не попала в глаза, рот и нос. При недостатке воды обработку проводят путем многократного протирания участков тела тампонами из марли (ваты, пакли, ветоши), смоченными незараженной водой. Протирание следует проводить сверху вниз. каждый раз переворачивая тампон чистой стороной. Зимой может использоваться незараженный снег.

Летом санитарную обработку можно организовать в реке или другом проточном водоеме. Частичная дезактивация и санитарная обработка, проводимые в одноразовом порядке, не всегда гарантируют полное удаление радиоактивной пыли. Потому после их проведения обязательно проводится дозиметрический контроль. Если заражение одежды и тела окажется выше допустимой нормы, частичные дезактивацию и санитарную обработку повторяют. В необходимых случаях проводится полная санитарная обработка. Своевременно проведенные частичные дезактивация и санитарная обработка могут полностью предотвратить или сильно снизить степень поражения людей радиоактивными веществами.

Если люди во время ядерного взрыва находятся вне убежища укрытия, следует использовать естественные ближайшие укрытия (рис.10). Если таких укрытий нет, надо повернуться к взрыву спиной, лечь на землю лицом вниз, руки спрятать под себя. Через 15-20 с. после взрыва, когда пройдет ударная волна, следует встать и немедленно надеть противогаз, респиратор или какое-либо другое СИЗОД. В случае отсутствия специальных средств следует закрыть рот и нос платком, шарфом или плотным материалом.

Задача состоит в том, чтобы исключить попадание внутрь организма радиоактивных веществ. Их поражающее действие бывает значительным в

течение длительного времени, поскольку выведение их из организма происходит медленно. Далее необходимо стряхнуть осевшую на одежду и обувь пыль, надеть имеющиеся средства защиты кожи.

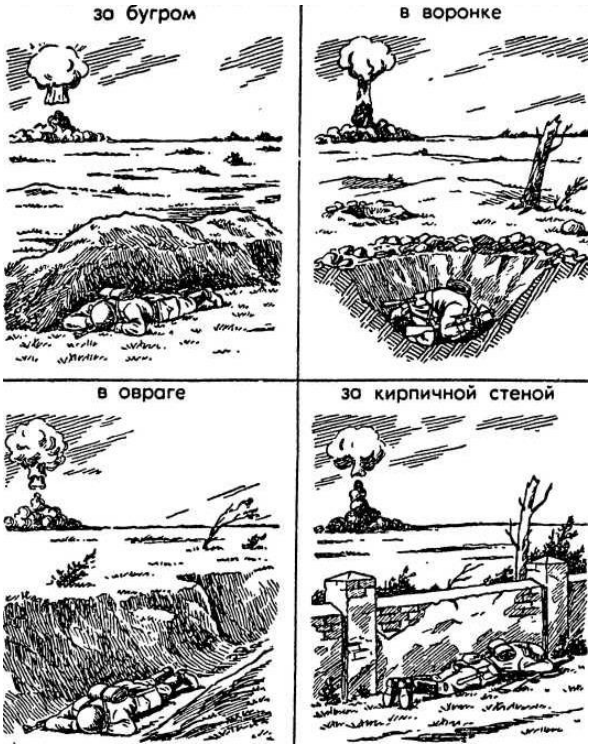


Рис 8.8 Естественные укрытия при внезапном ядерном взрыве

Для этого можно использовать имеющиеся одежду и обувь. Затем следует побыстрее покинуть очаг поражения или укрыться в ближайшем защитном сооружении.

Оставаться на зараженной радиоактивными веществами местности вне убежищ (укрытий), несмотря на использование средств индивидуальной защиты, опасно. Это сопряжено с возможностью облучения и, как следствие, развития лучевой болезни. В целях уменьшения возможности поражения радиоактивными веществами в зонах заражения запрещается принимать пищу, пить и курить. Приготовление пиши должно вестись на незараженной местности или, в крайнем случае, на местности, где уровень радиации не превышает 1 Р/ч. При выходе из очага поражения необходимо учитывать, что в результате ядерных взрывов разрушаются здания, сети коммунального хозяйства. При этом отдельные элементы зданий могут обрушиться через

некоторое время после взрыва. Продвигаться надо посередине улицы, стараясь возможно быстрее попасть в безопасное место. Нельзя трогать электропровода. Направление движения из очага поражения следует выбирать, ориентируясь на знаки ограждения, расставленные разведкой гражданской обороны. Они ведут всторону снижения уровней радиации. Двигаясь по зараженной территории, надо стараться не поднимать пыли, обходить лужи, не создавать брызг.

В результате применения химического оружия возникают очаги химического поражения-территории, в пределах которой в результате воздействия химического оружия произошли массовые поражения людей и сельскохозяйственных животных. Размеры очага зависят от масштаба и способа применения БТХВ (боевые токсичные химические вещества - это химические соединения, которые способны поражать людей и животных на больших площадях, проникать в различные сооружения, заражать местность и водоемы), его типа метеорологических условий, рельефа местности. Особенно опасны стойкие БТХВ нервнопаралитического действия. Их пары распространяются по ветру на довольно большое расстояние (15-25 км и более). Поэтому люди и животные могут быть поражены ими не только в районе применения химических боеприпасов, но и далеко за его пределами. Длительность поражающего действия БТХВ тем меньше, чем сильнее ветер и восходящие потоки воздуха. В лесах, парках, оврагах, на узких улицах они сохраняются дольше, чем на открытой местности. Современные отравляющие вещества обладают чрезвычайно высокой токсичностью.

При обнаружении признаков применения противником отравляющих веществ, далее ОВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости - средства защиты кожи. Если поблизости имеется убежище, нужно укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище, следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища. Эта мера предосторожности исключает занос ОВ в убежище. Противогаз снимают после входа в убежище.

При пользовании укрытием, например, подвалом, не следует забывать, что оно м служить защитой лишь от попадания на кожные покровы и одежду капельножидких ОВ. Однако оно не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. Находясь в таких укрытиях, при наружном заражении обязательно надо воспользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты - противогазы и средства защиты кожи и выйти за пределы очага поражения по направлениям, обозначенным специальными указателями. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует перпендикулярно направлению ветра.

На зараженной ОВ территории надо двигаться быстро, но не пыль (брызги). Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам. Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. Особо осторожно нужно двигаться через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли ОВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров ОВ. В городах пары ОВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе распространяется на наибольшие расстояния по улицам,тоннелям, трубопроводам.

ОВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли ОВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или тщательно промыть теплой водой с мылом. После выхода из очага

химического поражения немедленно проводится полная санитарная обработка. Если это невозможно, проводятся частичные дегазация и санитарная обработка.

Очагом биологического поражения считаются территорииподвергшиеся непосредственному воздействию бактериальных (биологических) средств, создающих источник распространения инфекционных заболеваний. Заражение людей и животных происходит в результате вдыхания зараженного воздуха, попадания микробов или токсинов на слизистую оболочку и поврежденную кожу, употребления в пищу зараженных продуктов питания и воды.

Причиной заражения могут быть укусы зараженных насекомых и клещей, соприкосновения с зараженными предметами, ранения осколками боеприпасов, снаряженных БС (биологические средства поражения - общее название болезнетворных микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, предназначенных для использования в системах биологического оружия с целью поражения людей, животных и растений). Заражение возможно также в результате непосредственного общения с больными людьми (животными). Ряд заболеваний быстро передается от больных людей к здоровым и вызывает эпидемии (чума, холера, тиф, грипп и др.). К основным средствам защиты населения от биологического оружия относятся вакциносывороточные препараты, антибиотики, сульфамидные и другие лекарственные вещества, используемые для специальной и экстренной профилактики инфекционных болезней.

Употребимы такие средства индивидуальной и коллективной защиты. Своевременное и правильное применение средств индивидуальной защиты и защитных сооружений предохранит от попадания БС в органы дыхания, на кожные покровы и одежду. Необходимо строгое соблюдение правил личной гигиены и санитарно-гигиенических требований к питанию и водоснабжению населения. Приготовление и прием питии должны исключать возможность ее заражения бактериальными средствами. Посуду необходимо мыть дезинфицирующими растворами или обрабатывать кипячением. В случае

применения противником биологического оружия возможно возникновение значительного количества инфекционных заболеваний.

Основными формами борьбы с эпидемиями являются обсервация и карантин. Делается это в тех случаях, когда примененные возбудители болезней относятся к особо опасным (чума, холера и др.). Карантинный режим предусматривает полную изоляцию очага поражения от окружающего населения. Это наиболее эффективный способ противодействия распространению инфекционных заболеваний. На внешних границах зоны карантина устанавливается вооруженная охрана, выход людей, вывод животных и вывоз имущества запрещаются. Транзитный проезд транспорта через очаги поражения запрещается. Объекты экономики переходят на особый режим работы со строгим выполнением противоэпидемических требований. Рабочие смены разбиваются на отдельные группы как можно более малочисленные по составу. Контакт между ними сокращается до минимума. Питание и отдых рабочих и служащих организуются по группам в специально отведенных для этого помещениях. Работа учебных заведений, зрелищных учреждений, рынков и т.д. прекращается. Людям не разрешается без крайней необходимости выходить их своих квартир. Продукты питания, вода и предметы первой необходимости доставляются им специальными командами.

При выполнении срочных работ вне зданий люди должны быть обязательно в средствах индивидуальной защиты. Если установленный вид возбудителя не относится к группе особо опасных, вместо карантина применяется обсервация. Она предусматривает медицинское наблюдение за очагом поражения и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий. Изоляционно-ограничительные меры при обсервации менее строгие: организуются дезинфекция, дезинсекция и дератизация.

Дезинфекция имеет целью обеззараживание объектов внешней среды, которые необходимы для нормальной деятельности и безопасного нахождения людей. Для дезинфекции применяются растворы хлорной извести и хлорамина,

лизол, формалин, могут использоваться горячая вода (с мылом или содой) и пар.

Дезинсекция и дератизация-это мероприятия, связанные соответственно с уничтожением насекомых и истреблением грызунов, которые являются переносчиками инфекционных заболеваний. Для уничтожения насекомых применяют физические (кипячение, проглаживание накаленным утюгом и др.), химические (применение дезинсектирующих средств) и комбинированные способы.

Истребление грызунов в большинстве случаев проводят с помощью механических приспособлений (ловушек различных типов) и химических препаратов. После проведения дезинфекции, дезинсекции и дератизации проводится полная санитарная обработка лиц, принимавших участие в осуществлении названных мероприятий. При необходимости организуется санитарная обработка и остального населения.

Контрольные вопросы

1. Перечислите СИЗОД.

2. Перечислите СИЗ кожи.

3. Назовите порядок изготовления ВМП.

4. При каких опасностях используются индивидуальные средства защиты?

5. Что является основным средством защиты при угрозе применения ядерного оружия?

6. Что относится к основным средством защиты населения от биологического оружия?

7.Какие индивидуальные средства защиты применяются при химической угрозе?

8. Какие действия предполагает санитарная обработка?

9. В чем отличие дезинфекции от дезинсекции?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.Косолапова Н.В. Основы безопасности жизнедеятельности: учебник / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. – 3-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013. – 320 с.: ил.

2. Безопасности жизнедеятельности: учебник / Е.А. Арустамов. – 9-е изд., стереот., - М.: Академия, 2013 с.: ис.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….....3
Содержание теста…….....3
Содержание опроса…….....9
Выполнение работы над ошибками……...……..11

Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

Требования к оформлению теста

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, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений

		Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем

		физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма

	как	Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1
27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы

		Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя

42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.
20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.
24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.

25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.
81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.
86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.

87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……....9
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа …….……..10

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. 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 «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность

		В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений

	организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1

27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное

		действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

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 «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» 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 = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……..10
Критерии оценивания контрольной работы ……..10
Образец титульного листа …….……..11

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. 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 «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

Содержание контрольной работы

Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

Контрольная работа №1

Вариант 1

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.

2. Физическое воспитание – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;

б) приобщение человека к физической культуре;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;

г) систематичности;

5 Под физическим развитием понимается:

а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;

б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;

в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;

г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;

б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;

в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;

г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;

в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;

г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическими упражнениями называются:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;

б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;

в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;

г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;

в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;

г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;

б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;

в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;

г) способ применения физических упражнений.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Физическая подготовка – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;

б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

Вариант 2

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

а) на интеллектуальные способности;
б) на удовлетворение социальных потребностей;
в) на воспитание лидерских качеств;
г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относиться к компонентам физической культуры:

а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
б) инструктивно-методические знания;
в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
г) все вышеперечисленное.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Что понимается под закаливанием:

а) купание в холодной воде и хождение босиком;
б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ;
г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;

б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

Контрольная работа №2

Вариант 1

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.
2. К объективным показателям самоконтроля относится:
а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.
3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:
а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.
4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:
а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;
б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:

а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.

4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:

а) по частоте дыхания;
б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
в) по объему выполненной работы.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:

а) двигательное умение;
б) массовый спорт;
в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Как дозируются упражнения на гибкость:

а) до появления пота;
б) до снижения амплитуды движений;
в) по 12-16 циклов движений;
г) до появления болевых ощущений.

3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:

а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
б) они выполняются до утомления;
в) они вызывают значительное напряжение мышц;
г) они выполняются медленно.

4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:

а) в фигурном катании;
б) в пауэрлифтинге;
в) в художественной гимнастике;
г) в лыжном спорте.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:

а) обеспечивают усиленную работу мышц;
б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.

2. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин;
б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Вариант 2

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. К циклическим видам спорта не относится:

а) волейбол;
б) стайерский бег;
в) плавание;

г) спортивная ходьба.

2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:

а) спортивная гимнастика;
б) лыжный спорт;
в) триатлон;
г) атлетическая гимнастика.

3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:

а) упражнения на развитие выносливости;
б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
в) бег и общеразвивающие упражнения.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:

а) способность сохранять равновесие;
б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.

2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:

а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.

3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:

а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
г) частотой сердечных сокращений.

4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;
б) производственная физическая культура;
в) спорт высших достижений;
г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это

а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;
б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;

в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;
г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.
3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:
а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.
4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

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 «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» 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 = 2 балл. Максимум 40 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2018

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Б1.Б.1.08 РУССКИЙ ЯЗЫК И КУЛЬТУРА РЕЧИ

Специальность
21.05.03. Технология геологической разведки

Специализация *N 3*
Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых

формы обучения: очная, заочная

Автор: Меленскова Е. С., канд. филол. наук, доц.

Екатеринбург
2020

Методические рекомендации к практическим занятиям

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе лекций, ознакомления с учебной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют более качественному усвоению знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы.

Приступая к подготовке к практическому занятию необходимо изучить соответствующие конспекты лекций по заданной теме, главы учебников или учебных пособий, разобрать примеры, ознакомиться с дополнительной литературой (например, словарями). Конспектирование дополнительных источников также способствует более плодотворному усвоению учебного материала. Следует обращать внимание на основные понятия и классификации, актуальные для темы практического занятия.

Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студента. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения и проследить их логику. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Все это находит свое отражение в процессе выполнения итогового зачетного теста.

Очевидны три структурные части практического занятия: предваряющая (подготовка к занятию), непосредственно само практического занятия (обсуждение вопросов темы в группе, выполнение упражнений по теме) и завершающая часть (последующая работа студентов по устранению обнаружившихся пробелов). Не только само практическое занятие, но и предваряющая, и заключающая части его являются необходимыми звеньями целостной системы усвоения вынесенной на обсуждение темы.

Перед очередным практическим занятием целесообразно выполнить все задания, предназначенные для самостоятельного рассмотрения, изучить лекцию, соответствующую теме практического занятия. В процессе подготовки к практическому занятию закрепляются и уточняются уже известные и осваиваются новые знания. Столкнувшись в ходе подготовки с недостаточно понятными моментами темы, необходимо найти ответы самостоятельно или зафиксировать свои вопросы для постановки и уяснения их на самом практическом занятии.

В начале занятия следует задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении, поскольку всегда сначала студенты под руководством преподавателя более глубоко осмысливают теоретические положения по теме занятия.

В ходе практического занятия каждый должен опираться на свои конспекты, сделанные на лекции или по учебникам и учебным пособиям, на самостоятельно выполненные упражнения по данной теме.

В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний, развивается речь/

Значительную роль в изучении предмета выполняют практические занятия, которые призваны, прежде всего, закреплять теоретические знания, полученные в ходе прослушивания и запоминания лекционного материала, ознакомления с учебной и научной литературой, а также выполнения самостоятельных заданий. Тем самым практические занятия способствуют получению наиболее качественных знаний, помогают приобрести навыки самостоятельной работы. Планы практических занятий состоят из отдельных тем, расположенных в соответствии с рабочей программой изучаемой дисциплины. Каждая тема включает следующие элементы:

- цель проведения занятия;
- теоретические вопросы, необходимые для усвоения темы;
- задания;
- список литературы по теме для подготовки к практическому занятию.

Работа на практических занятиях направлена на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам изучаемой дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений (например, аналитических).

В ходе занятий у студентов формируются практические умения и навыки, отраженный в РУП.

Методические материалы к практическим занятиям

ТЕМА 1. СЛОВАРИ И СПРАВОЧНИКИ ПО КУЛЬТУРЕ РЕЧИ. СИСТЕМА СЛОВАРНЫХ ПОМЕТ

Цель – вспомнить классификацию словарей и проверить у студентов умение работать с ними (лексикографическая грамотность).

Основные понятия темы:

Лексикография – раздел науки о языке, занимающийся теорией и практикой составления словарей.
Энциклопедический словарь – книга, содержащая описание научных понятий и терминов, исторических событий, характеристику персоналий из разных областей или определенной области знания.
Лингвистический словарь – книга, содержащая собрание слов (морфем, фразеологизмов и т. д.), расположенных по определённому принципу (как правило, по алфавиту), и дающая сведения об их значениях, употреблении, происхождении, переводе на другой язык и т. п.
Словарная статья – отдельный текст, посвященный языковой единице (слову, морфеме и т. п.) или их группе (лексической группе, гнезду слов и т. п.).
Помета – применяемое в словарях сокращенное указание на какие-либо характерные признаки слова или его употребления.

Задание 1. *Прочитайте и сравните словарные статьи, взятые из разных словарей. Найдите общую и различающую их дополнительную информацию. Объясните, чем вызвано различие.*

ФАЗА – **1.** В геохимии: совокупность однородных частей системы, одинаковых по термодинамическим свойствам (тем, которые не зависят от количества вещества) и отграниченных от других частей поверхностью раздела. В природных процессах минералообразования могут принимать участие газовая Ф., жидкие Ф. и твердые Ф. – металлы. Системы, состоящие из одной Ф., называются однофазными, или гомогенными (напр., раствор различных солей в воде; кристалл кварца без включений; мономинеральная горная порода); состоящие из нескольких Ф. – многофазными, или гетерогенными (напр., раствор вместе с твердым осадком; кристалл кварца с газово-жидким включением; полиминеральная порода). **2.** В исторической геологии: термин, иногда употребляющийся для обозначения времени, соответствующего длительности накопления отложений, составляющих зону как часть яруса. Термин был условно принят в этом значении VIII сессией МГК в Париже в 1900 г., но не стал общепринятым. При изучении четвертичного периода иногда фазой называют время каждого отдельного оледенения и промежутков между ними (*Геологический толковый словарь*[1]).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* [нем. Phase < греч. phasis появление (о небесных светилах)]. **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н., а также само положение, форма чего-н. в данный момент; то же, что фазис. *Новая ф. в развитии общества. Луна в первой фазе.* **2.** *физ.* Величина, характеризующая состояние какого-н. процесса в каждый момент времени. *Ф.*

[1] Геологический толковый словарь [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.edudic.ru/geo/

колебания маятника. Газообразная ф. вещества. **Фа́зовый** – относящийся к фазе (в 1-м и 2-м знач.), фазам. **3.** *эл.* Отдельная группа обмоток генератора. **Фа́зный** – относящийся к фазе, фазам. (Крысин Л. П. Толковый словарь иноязычных слов. М., 2001. С. 810).

ФА́ЗА, -ы, *ж.* **1.** Момент, отдельная стадия в ходе развития и изменения чего-н. (напр. положения планеты, формы или состояния вещества, периодического явления, общественного процесса), а также само положение, форма в этот момент (книжн.). *Первая ф. Луны. Жидкая ф. Газообразная ф. Ф. колебания маятника. Вступить в новую ф. развития.* **2.** Отдельная группа обмоток генератора (спец.). || *прил.* **фа́зовый**, -ая, -ое (к 1 знач.) *и* **фа́зный**, -ая, -ое (ко 2 знач.). ♦ **Фазовые глаголы** – в лингвистике: глаголы со значением начала, продолжения или окончания действия. (Ожегов С. И. и Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М., 2005. С. 847).

Задание 2. *Познакомьтесь с типами помет, используемых в толковых словарях. Объясните значение всех помет, приведенных в качестве примера.*

ТИПЫ ПОМЕТ ТОЛКОВОГО СЛОВАРЯ

Типы помет	**Примеры помет**	**Значение отсутствия помет**
1. Помета, указывающая на принадлежность к функциональному стилю	*науч., газет., публиц., оф.-дел., разг., книжн.* и др.	Слово межстилевое
2. Помета, указывающая на сферу употребления слова	*обл., прост., жарг., спец.* и др.	Слово общеупотребительное
3. Помета, указывающая на принадлежность к активному / пассивному запасу	*устар., ист., арх., нов.* и др.	Слово принадлежит к активному запасу
4. Помета, указывающая на эмоционально-экспрессивную окраску слова	*ласк., ирон., шутл., унич., бран., пренебр., высок., неодобр.* и др.	Слово нейтральное

Задание 3. *Прочитайте словарные статьи, извлеченные из толкового словаря современного русского языка. Укажите пометы и объясните, что они означают.*

Абориге́н, -а, *м.* (книжн.) – коренной житель страны, местности. || *ж.* **абориге́нка** (разг.)

Грамоте́й, -я, *м.* (устар. и ирон.) – грамотный человек.

Деяние, -я, *ср.* (высок. и спец.) – действие, поступок, свершение.

Жена́тик, -а, *м.* (прост. шутл.) – женатый человек (обычно о молодожене).

Иждиве́нчество, -а, *ср.* (неодобр.) – стремление во всем рассчитывать не на свои силы, а на помощь других, вообще жить за чужой счет.

Карапу́з, -а, *м.* (разг. шутл.) – толстый, пухлый малыш.

Кляча, -и, *ж.* (разг. пренебр.) – плохая (обычно старая) лошадь.

Ле́нчик, -а, *м.* (спец.) – деревянная основа седла.

Мате́рщина, -ы, *ж., собират.* (прост. груб.) – неприличная брань.

Му́шка, -и, *м.* (разг. ласк.) – то же, что медведь.

Небезызве́стный, -ая, -ое; -тен, -тна (обычно ирон.) – достаточно, хорошо известный.

Неулыба, -ы, *м.* и *ж.* (обл. и прост.) – человек, который редко улыбается, неулыбчив.

Новоде́л, -а, *м.* (разг.) – здание, сооружение, построенное на месте уничтоженного, исчезнувшего и воспроизводящее его прежний внешний вид.

Нувори́ш, -а, *м.* (книжн. презр.) – богач, нажи́вший свое состояние на социальных переменах или бедствиях, на разорении других.

Общепи́т, -а, *м.* (офиц.) – сокращение: общественное питание – отрасль народного хозяйства, занимающаяся производством и продажей готовой пищи и полуфабрикатов. || *прил.* **общепи́товский**, -ая, -ое (разг.).

Остоло́п, -а, *м.* (прост. бран.) – глупец, болван.

Отчи́зна, -ы, *ж.* (высок.) – отечество, родина.

Побо́ры, -ов. **1.** Чрезмерные, непосильные налоги или сборы (устар.). **2.** *перен*. Неофициальные сборы средств на что-нибудь (разг. неодобр.).

Предуве́домить, -млю, -мишь; -мленный; *сов.*, *кого-что* (устар. и офиц.) – заранее уведомить.

Риста́лище, -а, *ср.* (стар.) – площадь для гимнастических, конных и других состязаний, а также само такое состязание.

Сва́ра, -ы, *ж.* (прост.) – шумная перебранка, ссора.

Торга́ш, -а, *м.* **1.** То же, что торговец (устар. неодобр.). **2.** *перен*. Человек, который выше всего ставит свою выгоду, корысть, личный интерес (презр.).

Умка, -и, *м.* (обл.) – белый медведь.

Упова́ние, -а, *ср.* (книжн., часто ирон.) – то же, что надежда.

Ха́м, -а, *м.* (презр. и бран.) – грубый, наглый человек.

Задание 4. *Познакомьтесь с пометами, используемыми в орфоэпических словарях, словарях грамматических трудностей и т. п. Какие пометы указывают на императивную норму, а какие на диспозитивную? Запишите их в предложенную ниже таблицу.*

НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЛОВ[2]

Словарь является не просто нормативным, а ставит своей задачей показать литературную норму во всем многообразии ее проявлений. В отличие от большинства нормативных словарей, словарь отражает и такие факты речи, которые считаются неверными с точки зрения литературной нормы. Все запретительные пометы, которые характеризуют неверные варианты, снабжаются значком «восклицательный знак» (!). В Словаре используются ясные и общедоступные способы нормативной оценки вариантов.

1. Равноправные варианты соединяются союзом *и*:

ба́рхатка *и* бархо́тка;

ведёрцев *и* ведёрец.

При этом на первом месте помещается обычно традиционный вариант, более частотный в употреблении.

2. Помета «допустимо» (*и доп.*) свидетельствует о том, что оба варианта соответствуют нормам литературного языка. Естественно, что предпочтителен вариант, помещённый на первом месте. Такая помета используется, как правило, применительно к новым, входящим в норму вариантам ударения, произношения и грамматическим формам. Например:

бредо́вый *и доп.* бредово́й;

---

[2] Орфоэпический словарь русского языка для школьников / Сост. О. А. Михайлова. Екатеринбург: У-Фактория, 2002. С. 6-8.

белёсый *и доп.* беле́сый;

ма́шет *и доп.* маха́ет.

3. Помета «допустимо устаревшее» (*доп. устар.*) означает, что второй вариант, хотя и находится в пределах литературной нормы, всё реже встречается в речевой практике, постепенно утрачивается, переходя в пассивный языковой фонд. Например:

ворва́лся *и доп. устар.* ворвался́

вспе́ненный, -ая, -ое, *кратк. ф.* вспе́нен, вспе́нена *и доп. устар.* вспенённый, вспенён, вспенена́

бу́до[чн]ик *и доп. устар.* бу́до[шн]ик.

4. Помета «не рекомендуется» (*не рек.*) применяется в тех случаях, когда отмеченный ею вариант в данное время не признаётся нормативным. Однако его широкое употребление в современной речи и соответствие общим тенденциям языкового развития не исключают возможности признания этого варианта литературной нормой в будущем. Например:

бало́ванный ! *не рек.* ба́лованный;

вручу́т ! *не рек.* вру́чит;

гру́фели, -ей ! *не рек.* грифеля́, -е́й.

5. Помета «не рекомендуется устаревшее» (*не рек. устар.*) означает, что снабжённый ею вариант, ныне находящийся за пределами нормы, представляет собой бывшую норму. Например:

горшо́чек, горшо́чка ! *не рек. устар.* горше́чек;

да́рит ! *не рек. устар.* дару́т.

6. Помета «неправильно» (*неправ.*) служит для предупреждения распространённых речевых ошибок. Например:

вы́боры, вы́боров ! неправ. выбора́, выборо́в;

компромету́ровать, -рую, -рует ! неправ. компроме[н]ту́ровать

Рекомендательные пометы	Запретительные пометы

ТЕМА 2. ОРФОГРАФИЧЕСКИЕ И ПУНКТУАЦИОННЫЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила орфографии и пунктуации русского языка.

Основные понятия темы:

Орфографические нормы – это правила написания слов.
Пунктуационные нормы – это правила расстановки знаков препинания.

Задание 1. *Повторите правописание гласных (безударных и чередующихся) и согласных в корне слова. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы. Расставьте знаки препинания. Объясните свой выбор.*

Я р…шил в…рнуться д…мой. Быстрыми шагами я прошел зар…сли кустов. У моих ног т…нулась р…внина а дальше ст…ной возвышался мрачный лес. Я осм…трел

окрес…ность и спустился с х…лма. Высокая тр…ва на дне д…лины б…лела р…вной скат…ртью. Я вышел на опушку и пошел полем. Трудно было проб…раться по у…кой тр…пинке. Кругом р…сла высокая ро…ь. Н…чная птица промчалась и к…снулась меня св…им крылом. В т…шине глухо разд…вались мои шаги. Но вот на в…чернем небе стали заж…гаться звезды. Забл…стел серп м…л…дого мес…ца. Теперь я узнал д…рогу и предпол…гал что через час буду дома.

Задание 2. *Повторите правописание приставок. Перепишите предложения, вставив пропущенные буквы. Расставьте недостающие знаки препинания при однородных членах предложения.*

Перед самым селом п…р…езжаем речку вброд. На спуске перед церковью ра…ливается море сарафанов мужицких голосов. Народ все пр…бывает мужики в пиджаках ребятишки со свистульками, на ра…пряженных телегах сидят пр…старелые пр…езжие. Над колокольнями белеют верхи палаток, а над ними – облака, и падают вьются стрелами свищут в воздухе стрижи.

Медленно пр…бираясь в ра(с, сс)тупившейся толпе, по…ъезжаем к ограде пр…вязываем лошадей. На дощатом пр…лавке ра…ложены картинки и книги, и мещанин-пр…давец по…совывает календари и книги с з…манчивыми названиями. Всё смех и ржанье лошадей крик бабы, ругающей мужика, (с, з)ливается в один ярмарочный гул. За время работы ярмарки хочется успеть (с, з)делать многое пр…смотреть липового меда п…дешевле п…торговаться в свое удовольствие пр…купить гостинцев родным.

В обед негаданно с…бирается туча, и дождь, по…нимая пыль, барабанит по усыпанной по…солнечной шелухой дороге. Но летний дождь быстро пр…ходит, и яркая радуга, упершись в реку, широким полотенцем ра…кидывается над ярмаркой. С ярмарки народ ра…ъезжается только после обеда. (По И. Соколову-Микитову)

Задание 3. *Повторите правописание Ъ и Ь (учтите разные функции Ь). Перепишите, вставив, где необходимо, пропущенные буквы.*

Пред…юбилейное мероприятие, обжеч…ся огнем, решил удалит…ся проч…, кофе был горяч…, достан…те багаж…, чувствовать гореч… неудач…, выть по-волч…и, любител…ская кинос…емка, должность камен…щика, выйти замуж… осен…ю, береч… здоров…е, сроч…ный заказ, лечить кон…юнктивит, уловить фал…ш… в голосе, трех…этажный павил…он, заменить мед…ю, назнач…те время трех встреч…, с…еш… во время лан…ча, следить за своей реч…ю, купает…ся в реке, оформиш… пен…сию, остав…те антиквару старинную брош…, четырех…ядерный процессор, волосы до плеч…, сер…езный компан…он, умнож…те полученный резул…тат, он хорош… собой, выявить из…ян, декабр…ские морозы, с…агитировать на выборы, коротко стрич…ся, сверх…естественный об…ект, боиш…ся ос…минога, неб…ющаяся вещ…, об…емный текст п…есы, не забуд…те плащ…, невтерпеж… ждать, раз…яренный бык, разрабатывать кар…ер.

Задание 4. *Повторите правописание Н и НН в причастиях, прилагательных и образованных от них формах. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и расставив недостающие знаки препинания при причастных оборотах. Причастные обороты подчеркните.*

Было нестерпимо холодн…о, и даже не верилось, что днем придется жариться в раскален…ом пекле. Среди потрескавшихся от зноя пород обнаруживаются словно бы

отполирован…ые плиты гранита. В этом заброшен…ом неповторимом уголке необозримой пустыни существование человека – никогда не прекращающееся сражение с природой. Палатки кочевников соседствуют с домами сложен…ыми из обожжен…ого кирпича.

Снаружи жилище покрывает сетка сплетен…ая из жесткой травы. Узор наносится и на пленку, которой палатка скрепляется изнутри.

Все палатки украшен…ы под цвет камен…ых глыб. Комнаты соединен…ы переходами из плетен…ых циновок. Все разложен…о аккуратн…о, повсюду чистота. Сбоку вышел мужчина в незаменимом традицион…ом облачении. На нем накидка казавшаяся накрахмален…ой. Бросался в глаза и меч повеш…н…ый к поясу.

Геолог подходит к карте разукрашен…ой цветными пометками. Все, что нанесен…о на нее, – плод трудн…ых поисков в горах прокален…ых солнцем. Новые месторождения открывают разведчики недр. (По Б. Фетисову)

Задание 5. *Повторите правописание НЕ и НИ с разными частями речи. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки.*

Нет (н…)чего лучше Невского проспекта, по крайней мере в Петербурге. Чем (н…)блестит эта улица – красавица нашей столицы! Я знаю, что (н…)один из бедных чиновных ее жителей (н…)променяет на все блага Невского проспекта. Да и кому же он (н…)приятнен? Здесь единствен…ое место, где показываются люди (н…)по(н…)обходимости, куда загнала их надобность и меркантильный интерес, об…емлющий весь Петербург. Здесь житель Петербургской или Выборгской части, (н…)сколько лет (н…)бывавший у своего приятеля в Песках или у Московской заставы, может быть уверен, что встретится с ним (н…)пр…мен…о.

Можно сказать решительно, что в это время, то есть до двенадцати часов, Невский проспект (н…)составляет (н…)(для)кого цели, он служит только средством: он постепен…о заполняется лицами, имеющими свои занятия, свои заботы, свои досады, но вовсе (н…)думающими о нем. В это время, что бы вы на себя (н…)надели, хотя бы даже вместо шляпы был картуз у вас на голове, хотя воротнички слишком высунулись из вашего галстука, – (н…)кто этого (н…)заметит. (по Н. В. Гоголю)

Задание 6. *Повторите правописание наречий и частиц. Перепишите текст, вставив пропущенные буквы и раскрыв скобки. Вставьте недостающие знаки при деепричастных оборотах. Деепричастия подпишите.*

Лето выдалось знойное и сокрушило все. Земля иссохла, прокалилась до того, что ящерицы (не)боясь (ни)кого прибегали на порог с отчаянно колотящимися глотками, лиш…(бы) куда(нибудь) спрятаться. А коршуны забирались (в)высь и (на)долго умолкали в горящем мареве.

И ребят непоседливых сморила (не)померная жара. Они прятались от нее под стенами домов выглядывая (из)редк… (от)туда на проходящие мимо них пассажирские и товарные поезда. Когда у разъезда составы сбавляли ход, детям казалось, что уж… этот(то) поезд притормозит и остановится. Они бежали за ним (в)догонку заслоняясь ручонками от солнца и (по)детски наивно надеясь укатить из пекла.

Тяжко было смотреть, с какой завистью и печалью малыши глядели (в)след уходящим в неизвестность, (на)стеж… раскрытым вагонам. Пассажиры выглядывали из открытых окон, то(же) сходили с ума от духоты и мечтали о том, что(бы) (на)утро очутиться там, где

прохладные реки и зеленые леса. Вряд(ли) они задумывались о том, что жара может задержаться… (По Ч. Айтматову)

Задание 7. *Повторите правила постановки знаков препинания в сложных предложениях. Перепишите предложения, расставив знаки препинания. Обратите особое внимание на пунктуацию при однородных и обособленных членах предложения. Подчеркните грамматические основы.*

1. Сначала соседи смеялись между собою над высокомерием Троекурова и каждый день ожидали чтоб незваные гости посетили Покровское где было им чем поживиться но наконец принуждены были с ним согласиться и сознаться что и разбойники оказывали ему непонятное уважение. (А. С. Пушкин)
2. Раза три в год Финский залив и покрывающее его серое небо нарядятся в голубой цвет и млеют любуясь друг другом и северный человек едучи из Петербурга в Петергоф не насмотрится на редкое чудо млеет в непривычном зное и все заликует дерево цветок и животное. (И. А. Гончаров)
3. Я писал вам как мы гонимые бурным ветром дрожа от холода пробежали мимо берегов Европы как в первый раз пал на нас у подошвы гор Мадейры ласковый луч солнца и заплескали голубые волны засияли синие небеса как мы жадно бросились к берегу погреться горячим дыханием земли. (И. А. Гончаров)
4. Иногда бывает что облака в беспорядке толпятся на горизонте а солнце прячась за них красит их и небо во всевозможные цвета в багряный оранжевый золотой лиловый грязно-розовый. (А. П. Чехов)
5. Направо темнели холмы налево все небо было запито багровым заревом и трудно было понять был ли то пожар или же собиралась всходить луна. (А. П. Чехов)
6. Живя здесь я реже попадался на глаза отцу и его гостям и мне казалось что если я живу не в настоящей комнате и не каждый день хожу в дом то слова отца что я сижу у него на шее звучат уже как будто не так обидно. (А. П. Чехов)
7. Он пел и от каждого звука его голоса веяло чем-то родным и необозримо широким словно знакомая степь раскрывалась перед нами уходя в бесконечную даль. (И. С. Тургенев)
8. Большая низкая лампа с непрозрачным абажуром стоящая на письменном столе горела ясно но освещала только поверхность стола да часть потолка образуя на нем дрожащее круглое пятно света в остальной комнате все было в полумраке в нем можно было разглядеть только шкаф с книгами большой диван еще кое-какую мебель. (В. Гаршин)
9. Куда ни обращаешь взор всюду как будто встречаешь быстро удаляющийся образ лета которое время от времени оборачивается назад и бросает прощальную меланхолически-задумчивую улыбку. (Д. Григорович)
10. А на него посмотришь и кажется что вся эта земная деятельность для него только лишь забава и ею занят он пока а настоящие его заботы где-то впереди куда порою устремлялись его бойкие но как бы неживые оловянного блеска глаза. (Ф. Сологуб)
11. На седом фоне тумана ближайшие сосны однотонно плоско и неясно вырисовываются своими прямыми и голыми стволами и в их неподвижности среди этой голубой тишины и среди этого холодного тумана чувствуется что-то суровое печальное и покорное. (А. И. Куприн)

ТЕМА 3. АКЦЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить характеристику русского языка, составить собственный акцентологический словарь при выполнении упражнений[3].

Основные понятия темы:

Акцентологические нормы – это правила постановки ударения в слове.
Омонимы – слова, у которых от постановки ударения зависит значение.

Задание 1. *Расставьте ударения в следующих словах. Укажите варианты постановки ударения (например, ста́ртер и стартёр):*

1) Асимметрия, блага, кулинария, столяр, добыча, плато, диоптрия, творог, средства, шофер, туфля, эксперт, кремень, страховщик, нефтепровод, маркетинг, шасси, христианин, рассредоточение, досуг, жалюзи, танцовщица, шарфы, торты, искра, бармен, вероисповедание, квартал, симметрия, диспансер, обеспечение, склады, таможня, щебень, баржа, алкоголь, индустрия, приговор, генезис, договор, свекла, бижутерия, каталог, ходатайство, километр, пережитое, хвоя, полиграфия, ортопедия, пиццерия, стюард, овен, упрочение (*имена существительные*).

2) Асбестовый, совестливый, мизерный, оптовый, мастерски, украинский, втридорога, важно, тотчас, просмотровый, завидно, правы, давнишний, стары, одновременный, красивее, красивейший, равны, семестровый, счастливо, досыта, иначе, поутру, начерно, зубчатый (*имена прилагательные и наречия*).

3) Аранжировать, заржаветь, нормировать, убыстрить, заплесневеть, новорожденный, опошлить, баловать, балованный, расклешенный, дарит, включишь, включенный, копировать, повторишь, понял, звонит, закупорить, начался, начатый, положить, положил, вручит, врученный, доложишь, облегчить, осведомиться, премировать, черпать, ободрить, пломбировать, вогнутый, вскружит, буксировать, скрещенный, разрыхлить, плодоносить, наклоненный, окислить (*глагольные формы*).

Задание 2. *Поясните, как зависит значение от постановки ударения в следующих словах (омонимах):*

Глазки, замок, рожки, выкупать, ирис, характерный, полки, хлопок, мука, вычитать, орган, видение, острота, трусить, свойство, гвоздики, бронировать, кредит, угольный, правило, провидение, полнить, лавровый, электрик.

Например: пла́чу (1 лицо ед. число от глагола «плакать») – плачу́ (1 лицо ед. число от глагола «платить»).

Задание 3. *Прочитайте предложения, обращая внимание на постановку ударения в подчёркнутых словах. Составьте по аналогии свои предложения, использовав любые слова из* ***задания 1*** *и / или* ***2****.*

1. В последнем квартале этого года эксперты одной из фирм заключили выгодный договор на прокладку газопровода**,** за что были премированы. 2. Для обеспечения здорового образа жизни исключите из своего рациона арахис, торты и алкоголь, а включите в него творог, свеклу и щавель. 3. В мебельном отделе нашего торгового центра вы можете приобрести красивейшие кухонные гарнитуры по оптовым ценам.

---

[3] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей при постановке ударения.

ТЕМА 4. ОРФОЭПИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить правила транскрибирования слов, выявить основные трудности в плане произношения, составить собственный орфоэпический словарь при выполнении упражнений[4].

Основные понятия темы:

Орфоэпические нормы – это правила произношения слов. **Транскрипция** – графическая запись того, как произносится слово (всегда в квадратных скобках).

Задание 1. *Отметьте правильное произношение сочетания ЧН в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

[шн]	**[шн]** и **[чн]**	**[чн]**

1) Шуточный, копеечный, отличник, девичник, будничный, булочная, очечник, полуночник, нарочно, прачечная, скучно, скворечник, горчичник, Фоминична, яичница, достаточно, порядочный, горничная, Никитична, двоечник, пустячный, Ильинична, конечно, спичечный, подсвечник, Кузьминична.

2) Шапочный мастер – шапочное знакомство, сердечные капли – друг сердечный, подаренная перечница – чертова перечница.

Задание 2. *Отметьте правильное произношение согласного перед Е в следующих словах. Распределите слова на три группы:*

Твёрдое произношение	**Варианты**	**Мягкое произношение**

Автосервис, дефис, агрессия, дендрарий, бухгалтер, депрессия, гарем, термин, шинель, термос, патент, сессия, тенденция, рейд, газель, дезодорант, фанера, Одесса, академия, бизнесмен, деградация, менеджер, музей, деканат, темперамент, тезис, аксессуары, протекция, бандероль, гипотеза, детектив, кредо, бассейн, экспресс, дедукция, декада, темп, терапевт, дефицит, интервал, дебаты, рельсы, ниппель, компетентный, дезинформация, пресса, цистерна, стратегия, тренинг, сенсорный, сейф, портмоне.

Задание 3. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение ударного звука, обозначенного буквой Е:*

1) Острие, поблекший, афера, хребет, оседлый, одноименный, маневренный, опека, жернов, желчь, блеклый, желоб, безнадежный, бытие, повлекший, жердочка, никчемный, гладкошерстный, гашеный, недоуменный.

2) Именительный падеж – падеж скота;

Истекший срок – истекший кровью;

Кричит как оглашенный – оглашенный приговор;

---

[4] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем трудностей произношения.

Совершенные пропорции – совершенные поступки;

Крестный ход – крестный отец.

Задание 4. *Прочитайте слова, обращая внимание на произношение выделенных согласных:*

1) Ма**сс**а, су**рр**огат, гру**пп**а, гри**пп**, те**рр**аса, а**тт**естат, ко**лл**ега, мета**лл**, су**мм**а, а**нн**отация, криста**лл**, оди**нн**адцать, и**лл**юзия, ва**нн**а, апе**лл**яция, ка**сс**а, га**лл**юцинация, не**тт**о.

2) Дро**жж**и, бу**хг**алтер, по**зж**е, во**жж**и, и**зж**арить, вы**жж**енный, пе**сч**аный, и**зж**ить, ра**зж**ать, же**стч**е, ни**зш**ий, до**жд**и, ре**зч**е, ви**зж**ать, и**зж**ога, ма**сш**таб, мо**жж**евельник, бе**зж**изненный, ра**сч**ет, съе**зж**у, прие**зж**ай.

Задание 5*. *Прочитайте следующий текст, обращая внимание на правильное произношение и постановку ударения в подчёркнутых словах:*

Примером успешного ведения бизнеса в различных отраслях экономики является деятельность фирмы «Mihail-tur». За 11 лет ее существования удалось сформировать коллектив профессионалов из высококвалифицированных менеджеров, компетентных экспертов, торговых агентов. Компании принадлежат две трети долей уставного фонда АО «Лейбл-мастер», владельца одного из крупнейших торговых центров города. Занимаясь оптовым поставкам подростковой одежды, фирма поддерживает связи с модельными агентствами, что позволяет обновлять коллекции на 15 процентов каждый квартал. С ассортиментом одежды можно познакомиться по объемному каталогу, размещенному на корпоративном интернет-сайте. Руководство фирмы заявило о намерении углубить это направление, для чего налаживаются связи с другими поставщиками, проводятся маркетинговые исследования с целью изучения конъюнктуры рынка в трех крупнейших областях региона. В планы компании входит также сосредоточение средств в области дорожного строительства. Начата подготовка к тендерным торгам, намеченным на первую декаду ноября, к участию в которых приглашаются компании, заинтересованные в строительстве современного путепровода.

ТЕМА 5. СЛОВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить состав слова, научиться находить в предложениях ошибки, связанные с неверным образованием слова.

Основные понятия темы:

Словообразовательные нормы – это правила образования новых слов.

Задание 1. *Найдите в предложениях слова, в которых нарушена словообразовательная норма, запишите их. Выделите неправильно выбранную часть слова (приставку, суффикс). Исправьте допущенные ошибки.*

1. Завесьте, пожалуйста, килограмм помидоров с витрины. **2.** Студенты в очередной раз немного запоздали на лекцию. **3.** Уважаемые пассажиры, проходите по-быстрому в середину вагона или садитесь взади. **4.** Он был коренным курчанином и после учебы в Москве вернулся в родной Курск. **5.** Чтобы сдать зачет, важно завсегда посещать занятия. **6.** Одна из самых актуальных проблем современной России – это взятничество в государственных учреждениях. **7.** После концерта микрофоны со сцены надо будет перенести взад. **8.** Многие кавказские

народы отличает их гостеприимчивость. **9.** Моя жизнь в этом году была наполнена заботами о заканчивании школы и поступлении в университет. **10.** Сегодня у первого курса была лекция по химии заместо высшей математики.

ТЕМА 6. ЛЕКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить основные типы речевых ошибок, связанных со значением слова.

Основные понятия темы:

Лексические нормы – это правила употребления слова в точном значении, которое закрепилось в литературном языке и зафиксировано в толковых словарях.

Паронимы – это слова однокоренные, близкие по форме, но абсолютно разные по значению.

Речевая избыточность – это употребление лишних слов (тавтология, плеоназм).

Лексическая сочетаемость – это способность слова соединяться с другими словами по значению.

Жаргонизм – слово, свойственные для речи той или иной социальной, профессиональной группы людей.

Фразеологизм – устойчивое словосочетание, смысл которого не определяется значением отдельно взятых слов

Задание 1. *Объясните разницу в значении приведенных ниже паронимов. Составьте с каждым из них словосочетание, подобрав подходящее по смыслу слово.*

Осудить – обсудить, удачливый – удачный, соседний – соседский, жилой – жилищный, поступок – проступок, опечатки – отпечатки, командированный – командировочный, усвоить – освоить, эффектность – эффективность, невежа – невежда, представить – предоставить, цельный – целый, искусный – искусственный, практический – практичный; гуманный – гуманистический – гуманитарный; плодовитый – плодовый – плодотворный, экономический – экономичный – экономный.

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях избыточные словосочетания, выпишите их. Объясните причину избыточности, указав на лишнее слово (или лишние слова).*

1. При входе в «Копирус» висит прейскурант цен на предлагаемые услуги. **2.** Уезжая из Москвы, мы купили памятные сувениры в киоске у вокзала. **3.** Для преподавателя важно то, какие взаимоотношения друг с другом сложились между студентами в группе. **4.** Неприятно резал слух голос, доносившийся из конференц-зала. **5.** Депутату приходится встречаться со всеми социальными слоями общества.

Задание 3. *Найдите в следующих предложениях иноязычные по происхождению слова, которые употреблены в неточном значении. Запишите свой вариант исправления.*

1. Рабочий станка допустил целый ряд дефектов при изготовлении деталей. **2.** Пейзаж Екатеринбурга за последние десять лет обогатился современными постройками, хотя многие памятники архитектуры и были реконструированы до основания. **3.** В целях профилактики основное внимание уделяется ранним проявлениям, т. е. дебюту гриппа. **4.** Для окон актового зала мы долго искали гардины длиной 4 метра, а уже потом подбирали шторы в тон стен. **5.** В

январе состоялся бенефис талантливого исполнителя: он впервые выступал на профессиональной сцене.

Задание 4. *Найдите в следующих предложениях нарушения правил лексической сочетаемости слов. Запишите свой вариант исправления.*

1. Грамотный руководитель должен показывать образец своим подчиненным. **2.** Нововведения сыграли важное значение в развитии горного комбината. **3.** Красочное оформление детских книг издательства «Эгмонт» должно вызвать внимание и заинтересовать покупателей. **4.** Новогодний спектакль в Театре кукол оказал на детей большое впечатление. **5.** Первую лекцию по геологии в этом году провел молодой преподаватель.

Задание 5. *Найдите в предложениях жаргонные, просторечные, разговорные слова, замените их литературным вариантом и запишите исправленный вариант.*

1. Несколько студентов до сих пор не отнесло хвостовки в деканат. **2.** В центре Екатеринбурга забабахали очередную свечку. **3.** Я считаю, что необходимо избавляться от любой нецензурщины в нашей речи. **4.** После окончания вуза мы решили замутить свой бизнес, решив, что в этом деле нам по-любому повезет. **5.** Работяги привыкли вкалывать на заводе от зари до зари.

Задание 6. *Исправьте в следующих предложениях речевые ошибки, вызванные неправильным употреблением фразеологизма.*

1. Михаил на публике говорит очень убедительно, язык у него хорошо подвязан. **2.** Туристам кинулась в глаза красота уральской природы. **3.** Его обещания рубля ломаного не стоят. **4.** Об умельцах у нас говорят: «Они в своем деле коня подковали». **5.** К сожалению, студенты редко сейчас грызут камень науки по-настоящему.

Задание 7*. *Найдите и исправьте в следующих предложениях речевые ошибки. Запишите правильный вариант.*

1. Норвежские спортсмены по-прежнему остаются нашими самыми серьезными оппонентами в биатлоне. **2.** В своей работе руководители горных предприятий руководствуются новейшей научной и методической литературой. **3.** Многодетным семьям, чтобы жить достойно, приходится искать несколько истоков доходов. **4.** Обычно мы общаемся, не придавая важности невербальным средствам коммуникации. **5.** Екатеринбургская Епархия активно распространяет душевную литературу. **6.** Продукты Черкашинского мясокомбината пользуются авторитетом у покупателей. **7.** Исправьте ошибки в контрольной работе так, чтобы было правильно. **8.** Все места на парковке были заняты, и поэтому много машин толпилось на обочине. **9.** К маю ветераны ВОВ получили очередную добавку к пенсии. **10.** После собеседования она сказала, что на должность промоутера брали только смазливых молодых людей. **11.** В прошлом году выдался неурожайный год в плане картошки. **12.** Ребенок с рождения имитирует поведение родителей. **13.** На Неделе первокурсника нам сразу выдали студики и зачётки. **14.** Команда нашего факультета заняла первенство в смотре художественной самодеятельности. **15.** После первых же дней изнурительной работы на Севере очень хотелось вернуться назад домой.

ТЕМА 7. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – вспомнить правила определения рода у существительных и аббревиатур, особенности несклоняемых существительных, образования некоторых грамматических форм разных частей речи и научиться исправлять ошибки, связанные с их неверным образованием (все это с опорой на учебную литературу и словари[5]).

Основные понятия темы:

Морфологические нормы – это правила образования грамматических форм слова.

Задание 1. *Определите род у следующих существительных и аббревиатур. Подберите к ним подходящие по смыслу прилагательные (или причастия), учитывая правила синтаксического согласования.*

1) Атташе, авеню, адвокат, амплуа, ассорти, аэрозоль, белоручка, бра, безе, боа, боди, бродяга, видео, визави, врач, выскочка, гну, гуру, денди, доцент, евро, жалюзи, жюри, зануда, иваси, какаду, кантри, каре, кашне, кенгуру, киви, кимоно, колибри, коллега, колли, кольраби, кофе, крупье, кутюрье, лама, левша, манго, мартини, маэстро, меню, миледи, монпансье, недоросль, непоседа, ниндзя, пани, пари, педагог, пенальти, пенсне, пони, преподаватель, протеже, профессор, растяпа, резюме, рефери, сабо, салями, сирокко, спагетти, табу, такси, тамада, танго, толь, торнадо, турне, тюль, фламинго, фрау, хачапури, хиппи, цеце, цунами, шасси (*склоняемые и несклоняемые существительные*).

2) Айдахо, Бали, Борнео, Гоби, Дели, Калахари, Капри, Килиманджаро, Колорадо, Лимпопо, Мехико, Миссисипи, Онтарио, Сорренто, Тбилиси, Толедо, Чили (*имена собственные*).

3) АО, АТС, БАМ, бомж, ВТО, вуз, ГАЗ, ГОК, ГУМ, ДК, дот, ДСП, ДТП, жэк, колхоз, КПП, ЛДПР, МВД, МИД, НИИ, НХЛ, НЭП, общепит, ООН, ПК, полпред, СЕ, СМУ, СНГ, СССР, ТАУ, ТВ, ТРЦ, УЗТМ, ФГБОУ, ФМС, ФСБ, ЦУМ (*аббревиатуры*).

Задание 2. *Определите род у следующих сложносоставных существительных. Составьте с ними словосочетания* ***прил. + сущ.***

Диван-кровать, музей-квартира, генерал-губернатор, плащ-палатка, идея-фикс, конференц-зал, жар-птица, кафе-столовая, чудо-человек, матч-реванш, салон-парикмахерская, программа-максимум, женщина-космонавт, альфа-излучение, ракета-носитель, премьер-министр, кофе-пауза.

Задание 3. *Определите, какие фамилии при заполнении бланка письма или заявления будут склоняться, а какие нет. Обращайте внимание на пол человека. Запишите эти имена и фамилии в нужном падеже.*

Кому:

Сергей Левченко, Александр Живаго, Елена Сверчук, Анна Шевченко, Константин Ярош, Татьяна Чубинец, Вероника Лежава, Андрей Горенко, Борис Станкевич, Виталий Воробей, Ирина Шевчук, Иван Миклухо-Маклай, Виктор Доброво, Владислав Карамыш, Анна Диоп, Андрей Кожемяк, Мария Мицкевич, Петр Галаган, Маргарита Венда, Вадим Черных.

От кого:

[5] При выполнении заданий пользуйтесь орфоэпическим словарем или словарем грамматических трудностей.

Николай Черныш, Наталья Седых, Светлана Карась, Семен Фоменко, Лев Щерба, Сергей Соловьев-Седой, Александр Максимаджи, Екатерина Франюк, Леонид Березняк, Юлия Родных, Максим Жук, Алёна Ремесло, Николай Стрижак, Наталия Черных, Марат Ардзинба, Вера Ноздреватых, Виктория Приходько, Евгений Столпнер, Кирилл Шапиро, Станислав Горбачевич.

Задание 33. *Заполните таблицу следующими существительными, в зависимости от того, как у них образуется форма именительного падежа множественного числа.*

Окончание **–а/ –я**	Окончание **–ы/ –и**	Варианты **–а/ –я** и **–ы/ –и**

*Отдельно укажите существительные, у которых от выбора окончания в этой форме зависит значение (например, ордер**а** – «документы» и ордер**ы** – «элементы в архитектуре»).*

1) Брелок, бухгалтер, ветер, вексель, возраст, герб, год, директор, договор, жемчуг, инженер, инспектор, клин, колос, купол, лектор, медвежонок, небо, окорок, офицер, отпуск, пандус, паспорт, плинтус, почерк, прииск, прожектор, профессор, ребенок, редактор, сектор, семя, слесарь, столяр, сторож, табель, токарь, тополь, трактор, хозяин, цех, чудо, шило, шофёр, штемпель.

2) Корпус, лагерь, образ, повод, полоз, полутон, провод, пропуск, прут, тормоз, хлеб.

Задание 4. *Образуйте форму родительного падежа множественного числа от следующих существительных. Отметьте наличие вариантов (например, ла́сты – ла́ст**ов** и ла́ст□).*

Армяне, апельсины, басни, блюдца, болгары, ботинки, брызги, буряты, валенки, гардемарины, гектары, граммы, грузины, дела, деньги, джинсы, заморозки, казахи, калории, кастрюли, килограммы, клавиши, комментарии, макароны, мандарины, мечты, микроны, мокасины, носки, осетины, партизаны, перила, перипетии, петли, плечи, полотенца, поместья, помидоры, просьбы, развилки, рельсы, русла, сани, сапоги, сбои, свадьбы, сваи, свечи, серьги, солдаты, тапочки, тиски, турки, туфли, цыгане, чукчи, чулки, южане, юнги, яблоки, ясли.

Задание 5. *Раскройте скобки, заменяя цифровые обозначения словами, правильно определяя падеж числительных и существительных.*

1. Выборы в Государственную Думу состоялись в (358 округов). **2.** Появилась серия вспомогательных пособий с (5 735 чертежей). **3.** Теплоход с (657 отдыхающих) плыл вниз по Волге. **4.** За время последней экспедиции мы прошли свыше (2 580 километров). **5.** Нарушения техники безопасности были выявлены на (4 893 предприятия).

Задание 6. *Исправьте неверное употребление числительных в следующих предложениях:*

1. Лекция по философии будет прочитана для обоих студенческих групп. **2.** Мать-героиня воспитала семерых сыновей и четверых дочерей. **3.** Забор тянулся по обоим сторонам улицы и ограничивал движение. **4.** Двоих подруг она уже встретила по приезде в родной город. **5.** Главные достопримечательности Санкт-Петербурга расположены по обеим берегам Невы.

Задание 7. *Выпишите из предложений неправильно образованные грамматические формы. Запишите исправленный вариант.*

1. Всем стало понятно, что ейное предложение по реконструкции здания не будет одобрено. **2.** После второго матча наша команда оказалась в более лучшем положении. **3.** Староста пожаловалась преподавателю, что наша группа не влазиет в аудиторию 3519. **4.** Съездя в другой город, она поняла, как хорошо на родине. **5.** Ремонтники уже второй месяц не могли сменить треснутое стекло в окне. **6.** Он схватился за канат двумями руками. **7.** Хозяйка встретила гостей в бигудях и халате. **8.** Наши альпинисты покорили самые высочайшие вершины мира. **9.** Я надеялся, что к началу сессии выздоровлю. **10.** В этот раз студенты справились с заданием еще более хуже.

Задание 8. *Найдите нарушения морфологических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Новый преподаватель кажется более образованнее. **2.** Студенческое общежитие находится в полтора километрах от здания университета. **3.** ФНС был создан как федеральный орган исполнительной власти. **4.** В магазине «Лео-строй» разнообразные варианты цветных жалюзей. **5.** Куратор совсем не интересовался ихними проблемами в учебе. **6.** МВФ выделило очередной транш в 1,5 миллиарда долларов. **7.** В столовой нельзя пользоваться лопнутыми стаканами. **8.** Эту сумму мы добавим к тысяче двести сорокам рублям. **9.** На конференцию молодых ученых пригласили самых умнейших студентов старших курсов. **10.** Вскоре Сергей Исаев стал популярной тамадой на свадьбах и других торжествах. **11.** На вновь открытое предприятие требуются бухгалтера, сторожи и инженера АСУП. **12.** Южнее Сочи находится солнечное Сухуми. **13.** На дипломную практику горный комбинат принял троих девушек с нашего курса. **14.** Мама традиционно купила пять килограмм мандарин и апельсин для праздничного новогоднего стола. **15.** Увидя раздраженное состояние преподавателя, студентка решила с ним не спорить.

ТЕМА 8. СИНТАКСИЧЕСКИЕ НОРМЫ

Цель – повторить основные правила построения словосочетаний и предложений

Основные понятия темы:

Синтаксические нормы – это правила, регулирующие порядок и связь слов в словосочетании и предложении.

Задание 1. *Раскройте скобки, правильно определив падеж зависимого слова. При необходимости используйте предлоги. Запишите получившиеся словосочетания.*

Согласно (устав университета), точка зрения (события), благодаря (поддержка друга), анонс (предстоящие гастроли), вопреки (мнение большинства), наперекор (судьба), вклад (развитие науки), жажда (слава), заведующий (кафедра), по (возвращение) из отпуска, отзыв (курсовая работа), рецензия (новый фильм), оплачивать (проезд), свидетельствовать (необходимость перемен), доказывать (новая теория), поделиться (результаты исследования), апеллировать (здравый смысл), по (прибытие) поезда; предостеречь (опасность) – предупредить (опасность), обращать внимание (недостатки) – уделять внимание (подготовка к экзаменам), уверенность (свои силы) – вера (победа).

Задание 2. *Найдите предложения, в которых неверно употреблен деепричастный оборот. Предложите свой вариант исправления.*

*Образец: Подводя итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации (**действие, названное деепричастием, не относится к подлежащему**).*

Варианты исправления: 1) Подводя итог проделанной работы, я выдвинул ряд предложений по модернизации. 2) Когда я подвел итог проделанной работы, мною был вдвинут ряд предложений по модернизации. 3) После подведения ряда итогов проделанной работы мною был вдвинут ряд предложений по модернизации.

1. Будучи ребенком, Дмитрия всегда интересовали вопросы, связанные с техникой. **2.** Читая произведения русской классики, меня охватывает чувство гордости за отечественную литературу. **3.** Не чувствуя ни усталости, ни голода, наш путь к вершине продолжался. **4.** Узнав эту прекрасную новость, радости студентов не было предела. **5.** Первым, слегка хромая, из автобуса вышел седой старик. **6.** Записываясь на практику, у студентов были очень ограничены возможности выбора места ее прохождения. **7.** Вспоминая родные места, мне видится наш маленький кирпичный домик в тени тополей. **8.** Глядя на ярко освещенные стены Зимнего дворца, у меня возникло желание приехать сюда еще раз. **9.** Позвонив в третий раз, он с грустью понял, что никого нет дома. **10.** Произведя ряд расчетов, задача была решена студентами в течение 15 минут.

Задание 3. *Найдите предложения, в которых неправильно согласовано подлежащее со сказуемым. Запишите исправленный вариант.*

1. Много знаменитых людей закончили наш университет. **2.** Немало средств были потрачены на восстановление полуразрушенного памятника архитектуры. **3.** Несколько важных дат будут отмечены в календаре помимо официальных государственных праздников. **4.** На собрание по поводу летней практики явились лишь 31 студент. **5.** Часть студентов не справились с итоговой контрольной работой. **6.** Множество горожан приняли участие в шествии «Бессмертного полка». **7.** Ряд важных вопросов не были решены во время последнего заседания Ученого совета. **8.** Половина участников соревнований были размещены в студенческом общежитии. **9.** Тысяча периодических изданий имеются в открытом доступе в электронной библиотеке. **10.** Газета «Екатеринбургские новости» опубликовали интересную статью о творчестве молодых поэтов и писателей Урала.

Задание 4. *Найдите нарушения синтаксических норм. Запишите исправленный вариант предложений.*

1. Согласно распоряжения ректора всем студентам и сотрудникам необходимо пройти флюорографический осмотр. **2.** Открыв дверь в аудиторию, перед моими глазами предстала странная картина. **3.** Важно изучать условия жизни человека и как они связаны с процессами, происходящими сегодня в нашем обществе. **4.** Молодежь всегда принимали участие в студенческой самодеятельности и спортивных мероприятиях. **5.** В своей новой статье автор исследует и размышляет о возможностях искусственного интеллекта. **6.** Приказ был подписан ректором университета, устанавливающий обязательное посещение занятий, и доведен до сведения сотрудников вуза, преподавателей и студентов. **7.** Несколько членов Ученого совета не присутствовали на очередном заседании. **8.** В район приехал инструктор для подготовки специалистов по борьбе с сельскохозяйственными вредителями из местных жителей. **9.** Ученики горного лицея поступают в престижные учебные заведения, родители которых гордятся их успехами в учебе. **10.** Можно было согласиться лишь с теми положениями доклада, где приводились статистические данные для подтверждения гипотезы. **11.** Сдав нормативы ГТО, большинству из нас был вручен золотой значок. **12.** Учебное пособие не

только предназначено для преподавателей, а также и для студентов и аспирантов. **13.** Скоро будет заселен многоквартирный дом, выросший на глазах за несколько месяцев и который уже приняла комиссия. **14.** Нам предложили поселиться в номере-люкс новой гостиницы для туристов с видом на море. **15.** Преподаватель попросил студентов, чтобы они ему напомнили на следующем занятии, чтобы он им распечатал раздаточный материал к семинарскому занятию.

ТЕМА 9. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СТИЛЕЙ

Цель – повторить систему функциональных стильных стилей русского языка, научиться определять стиль текста и доказывать свою точку зрения в этом вопросе.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Функциональный стиль – это исторически сложившаяся и социально осознанная разновидность языка, функционирующая в определенной сфере человеческой деятельности и общения, создаваемая особенностями употребления в этой сфере языковых средств и их специфической организацией.

В основе классификации стилей лежат экстралингвистические факторы: сфера применения языка, обусловленная ею тематика и цели общения. Сферы применения языка соотносятся с видами деятельности человека, соответствующими формам общественного сознания: наука, идеология, право, искусство, религия. Выделяются стили официальной речи (книжные): **научный**, **официально-деловой**, **публицистический**, **литературно-художественный**, **церковно-религиозный**. Им противопоставлен стиль неофициальной речи – **разговорный**, экстралингвистической основой которого является сфера бытовых отношений и общения (быт как область отношений людей вне их непосредственной производственной и общественно-политической деятельности).

Сферы применения языка в значительной мере влияют на тематику и содержание высказывания. Каждая из них имеет свои актуальные темы. Например, в научной сфере обсуждаются проблемы научного познания мира, в сфере бытовых отношений – бытовые вопросы. Однако в разных сферах может обсуждаться одна и та же тема, но цели преследуются неодинаковые, вследствие чего высказывания различаются и по содержанию, и по форме (см. **Задание 1**).

Каждый стиль обладает определёнными языковыми особенностями (прежде всего лексическими и грамматическими). Можно говорить лишь об относительной замкнутости функциональных стилей: большинство языковых средств в каждом стиле нейтральные, межстилевые. Однако ядро каждого стиля образуют присущие именно ему языковые средства с соответствующей стилистической окраской и едиными нормами употребления.

Следует отбирать слова и конструкции в соответствии с выбранным стилем, особенно в письменной речи. Употребление разностилевых языковых средств в рамках одного текста ведет к появлению стилистических ошибок. Часто встречаются ошибки, связанные с неуместным употреблением канцеляризмов, а также злоупотреблением специальными терминами в ненаучном тексте и использованием разговорной и просторечной лексики в книжных текстах (см. **Задание 2**).

Можно сделать вывод, что **стилистические нормы** – это 1) правила употребления языковых средств в соответствии с выбранным стилем и 2) правила выбора стиля, соответствующего условиям общения.

Таким образом, специфические черты каждого функционального стиля можно описать, ориентируясь на целый ряд признаков, которые обознаются как **стилеобразующие факторы**, а также на его стилевые и языковые особенности. Кроме того, каждый стиль включает в себя тексты разных жанров (см. **Задание 3**).

Функциональный стиль	**Стилеобразующий фактор**						**Жанры**
	Доминирующая языковая функция	**Форма общественного сознания**	**Основная форма речи**	**Типичный вид речи**	**Тон речи**	**Тип адресата**	
Научный	Сообщение	Научное сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный	Массовый (подготовленный к восприятию научной информации)	Учебник, монография лекция, научная статья, аннотация, реферат, конспект, тезисы, курсовая работа, выпускная работа, диссертация, доклад
Официально-деловой	Сообщение / воздействие	Правовое сознание	Письменная	Монолог	Нейтральный / императивный	Массовый	Конституция, закон, приказ, указ, распоряжение, положение, регламент, заявление, автобиография, резюме, характеристика
Публицистический	Сообщение + воздействие	Идеологическое сознание	Письменная и устная	Монолог и диалог	Обусловленный содержательно	Массовый	Репортаж, интервью, очерк, дискуссионное выступление, статья, информационная заметка
Литературно-художественный	Воздействие	Эстетическое сознание	Письменная	Обусловленный родом и жанром литературы	Обусловленный эстетической задачей	Массовый (подготовленный к восприятию классических произведений)	Роман, повесть, рассказ, новелла, стихотворение, поэма, баллада
Церковно-религиозный	Воздействие	Религиозное сознание	Письменная и устная	Монолог	Обусловленный ситуативно	Массовый	Исповедь, проповедь, житие, молитва
Разговорный	Общение	Обыденное сознание	Устная	Диалог и полилог	Обусловленный ситуативно	Личный (конкретный собеседник)	Дружеская беседа, семейная беседа, бытовой спор, байка

Задание 1. *Прочитайте тексты, посвященные одной теме. Определите функционально-стилевую принадлежность текстов, опираясь на стилеобразующие факторы и языковые особенности каждого из них.*

Текст 1

Гроза – атмосферное явление, заключающееся в электрических разрядах между так называемыми кучево-дождевыми (грозовыми) облаками или между облаками и земной поверхностью, а также находящимися над ней предметами. Эти разряды – молнии – сопровождаются осадками в виде ливня, иногда с градом и сильным ветром (иногда до шквала). Гроза наблюдается в жаркую погоду при бурной конденсации водяного пара над перегретой сушей, а также в холодных воздушных массах, движущихся на более теплую подстилающую поверхность.

Текст 2

Как передает наш корреспондент, вчера над центральными районами Пензенской области прошла небывалой силы гроза. В ряде мест были повалены телеграфные столбы, порваны провода, с корнем вырваны столетние деревья. В двух деревнях возникли пожары в результате удара молнии. К этому прибавилось еще одно стихийное бедствие: ливневый дождь вызвал сильное наводнение. Нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству. Временно было прервано железнодорожное и автомобильное сообщение между соседними районами.

Текст 3

Доводим до Вашего сведения, что вчера после полуночи над районным центром – городом Нижний Ломов и прилегающей к нему сельской местностью – пронеслась сильная гроза, продолжавшаяся около получаса. Скорость ветра достигала 30-35 метров в секунду. Причинен значительный материальный ущерб жителям деревень Ивановка, Щепилово и Вязники, исчисляемый, по предварительным данным, сотнями тысяч рублей. Имели место пожары, возникшие вследствие удара молнии. Сильно пострадало здание школы в деревне Курково, для его восстановления понадобится капитальный ремонт. Вышедшая из берегов в результате проливного дождя река Вад затопила значительную площадь. Человеческих жертв нет. Образована специальная комиссия для выяснения размеров причиненного стихийным бедствием ущерба и оказания помощи пострадавшему местному населению. О принятых мерах будет незамедлительно доложено.

Текст 4

Ты не поверишь, какая гроза прошла вчера над нами! Я человек не робкого десятка, и то испугался насмерть.

Сначала все было тихо, нормально, я уже собирался было лечь, да вдруг как сверкнет молния, бабахнет гром! И с такой силищей, что весь наш домишко задрожал. Я уже подумал, не разломалось ли небо над нами на куски, которые вот-вот обрушатся на мою несчастную голову. А потом разверзлись хляби небесные... В придачу ко всему наша безобидная речушка вздулась, распухла и ну заливать своей мутной водицей все вокруг. А совсем рядом, что называется – рукой подать, загорелась школа. И стар и млад – все повысыпали из изб, толкутся, орут, скотина ревет – вот страсти какие! Здорово я перепугался в тот час, да, слава Богу, все скоро кончилось.

Текст 5

При Крещении священник крестообразно помазывает лоб христианина святым миром, говоря: «Печать дара Духа Святаго». Впоследствии всякий раз, когда христианин осеняет себя крестным знамением, он поклоняется спасительной Страсти Господней и призывает крестную

силу, иже есть сила крестной смерти нашего Христа. Говоря: «Кресте Христов, спаси нас силою твоею», мы призываем силу крестной жертвы Господа. Поэтому крест обладает великой силой. Например, началась гроза. Сверкают молнии, и в большой железный крест на колокольне тоже может ударить молния. Однако, если стоящий под этим железным крестом христианин имеет на себе вот такой маленький крестик и говорит: «Кресте Христов, спаси мя силою твоею», то молния ему не повредит. В первом случае действуют природные законы: молния попадает в крест и сбивает его на землю. Во втором случае такой вот малюсенький крестик хранит верующего человека, призвавшего на помощь силу Креста.

Текст 6

Между далью и правым горизонтом мигнула молния, и так ярко, что осветила часть степи и место, где ясное небо граничило с чернотой. Страшная туча надвигалась не спеша, сплошной массой; на ее краю висели большие, черные лохмотья; точно такие же лохмотья, давя друг друга, громоздились на правом и на левом горизонте. Этот оборванный, разлохмаченный вид тучи придавал ей какое-то пьяное, озорническое выражение. Явственно и не глухо проворчал гром. Егорушка перекрестился и стал быстро надевать пальто.

Вдруг рванул ветер и со свистом понесся по степи, беспорядочно закружился и поднял с травою такой шум, что из-за него не было слышно ни грома, ни скрипа колес. Он дул с черной тучи, неся с собой облака пыли и запах дождя и мокрой земли. Лунный свет затуманился, стал как будто грязнее, звезды еще больше нахмурились, и видно было, как по краю дороги спешили куда-то назад облака пыли и их тени.

Чернота на небе раскрыла рот и дыхнула белым огнем; тотчас же опять загремел гром.

Дождь почему-то долго не начинался... Было страшно темно. А молнии в потемках казались белее и ослепительнее, так что глазам было больно.

Вдруг над самой головой его [Егорушки] со страшным, оглушительным треском разломалось небо; он нагнулся и притаил дыхание, ожидая, когда на его затылок и спину посыпятся обломки... Раздался новый удар, такой же сильный и ужасный. Небо уже не гремело, не грохотало, а издавало сухие, трескучие, похожие на треск сухого дерева звуки. (*А. П. Чехов. Степь*)

Задание 2. *Найдите в следующих предложениях стилистические ошибки и запишите исправленный вариант.*

1. Некоторым министрам необходимо включить мозги, чтобы до них дошло, что на прожиточный минимум люди в России могут только существовать. **2.** В статье сообщается, что левые лекарства отследят по аптекам и конфискуют. **3.** Мэр города рассказал, что в настоящее время ведется возведение двух бюджетных высоток в Пионерском поселке. **4.** Новый сотрудник редакции сумел нарыть некий компромат на верхушку министерства, но опубликовать материалы ему не дали. **5.** Директор гимназии был в ауте, когда ему сообщили, что гимназия получила-таки грант в размере 1 млн. рублей. **6.** Бытие в хрущевках и интенсивные трудовые затраты скрашивала душевная атмосфера, царившая в те годы в коллективе. **7.** Благополучие родных деревень отстаивает наш председатель, который по восемнадцать часов в сутки мотается по полям, фермам, частит по делам в Екатеринбург. **8.** Трудно понять, почему ученый допустил такую промашку в расчетах. **9.** Семь школ, которые дислоцируются в нашем районе, переполнены, поэтому некоторым детям приходится ездить за тридевять земель. **10.** Избранников народа одолевает такое количество проблем, что у некоторых уже крыша поехала.

Задание 3. *Определите, к какому стилю принадлежит каждый из предложенных текстов*[6]*. Попытайтесь обосновать свою точку зрения.*

Текст 1

В психологии и этике делового общения речь пойдет не столько об абстрактных общепсихологических категориях и принципах, сколько о профессиональных психологических и в то же время практически ориентированных знаниях, которые могут обеспечить успех той или иной деятельности. Под **деловым** понимается общение, обеспечивающее успех какого-то общего дела, создающее условия для сотрудничества людей, чтобы осуществить значимые для них цели. Деловое общение содействует установлению и развитию отношений сотрудничества и партнерства между коллегами по работе, руководителями и подчиненными, партнерами, соперниками и конкурентами. Оно предполагает такие способы достижения общих целей, которые не только не исключают, но, наоборот, предполагают также и достижение лично значимых целей, удовлетворение личных интересов.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 2

Веруем в Единого Бога Отца Всемогущего, Творца неба и земли.

Веруем также в Иисуса Христа, Его Единородного Сына и Господа нашего, Который был зачат Духом Святым, рожден девой Марией, Который страдал во времена Понтия Пилата, был распят, умер и был погребен, сошел в царство смерти, на третий день воскрес из мертвых, вознесся на Небо и воссел одесную Всемогущего Бога Отца, откуда вернется судить живых и мертвых.

Веруем также во Святого Духа, Святую Соборную Церковь, собрание святых, в прощение грехов, воскресение мертвых и жизнь вечную.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 3

В Горном университете прошел День открытых дверей. На площадке перед Большим актовым залом – Залом УГМК развернулся настоящий наукоград: кроме презентации различных направлений подготовки, школьников ждали специализированные мастер-классы.

Об основах робототехники будущим абитуриентам рассказывали сотрудники кафедры горных машин и комплексов и робот Герман. О далеких экспедициях и романтике походов – студенты-геологоразведчики. У стенда **Уральского геологического музея** ребята рассматривали минералы под микроскопом, а вместе с инструкторами **студенческого патриотического центра «Святогор»** учились основам безопасного обращения с оружием.

[6] Задание может быть выполнено как тестовое.

Всего на **День открытых дверей** в **Горный университет** пришли около тысячи школьников. Многие из них уже серьезно задумались о том, чтобы стать частью дружной семьи горняков.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 4

В соответствии с Федеральным законом от 18.06.2001 N 77-ФЗ «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», Постановлением Правительства РФ от 25.12.2001 N 892 «О реализации Федерального закона «О предупреждении распространения туберкулеза в Российской Федерации», санитарно-эпидемиологическими правилами СП 3.1.2.3114-13 «Профилактика туберкулеза» и в целях раннего выявления заболеваний органов грудной клетки среди студентов и сотрудников университета

ПРИКАЗЫВАЮ:

Организовать с 10 апреля по 12 мая 2017 года флюорографический профилактический осмотр студентов и сотрудников университета в передвижном цифровом флюорографическом кабинете, установленном во дворе I учебного здания, с предъявлением каждым студентом и сотрудником копии полиса обязательного медицинского страхования.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 5

Страны, которые являются участниками процесса торговли минеральным сырьем, решают разные задачи, что отражается на структуре их экономики, влияет на характер воспроизводственных процессов, порождает специфические для каждой страны проблемы. Взаимодействие экспортеров и импортеров сырья накладывает отпечаток на международные отношения, являясь причиной возникновения конфликтов, создания экономических и военно-политических союзов. Стремление к поддержанию и расширению экспорта вызывает дополнительные потребности в производстве сырья внутри страны, в развитии минерально-сырьевой базы. Импорт сырья следует рассматривать как источник удовлетворения потребностей и стимулирование развития несырьевых отраслей.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 6

Отец наш шибко тада заболел // У него было очень больное сердце // А что такое больное сердце в те годы / это же неизлечимая болячка! Он работал у нас мастером в заводе / в формовочном цехе / где делались изделия для сталелитейного завода / для нижнетагильского // Ковшовые кирпичи / розетки / воронки всякие / сифоны / вообщем / всякая всячина // Всё было для фронта / всё для победы // Щас этого никто не понимает / особенно нынешняя молодёжь // Какие же тяжёлые дни пережило наше поколение! И не дай вам Бог узнать / что

такое война! Да даже твои родители ещё воспитывались в этом послевоенном духе // Ну да ладно / всё равно меня трудно понять…

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 7

Реклама работает на подсознательном уровне, обращается к иррациональному в природе человека. Ее влияние и глубже и сильнее, чем мы думаем, потешаясь над каким-нибудь слабоумным персонажем вроде пропагандиста бытовой техники. Кого и в чем может убедить этот шут гороховый? Оказалось – нас. Но не в том, что его товары дешевле и лучше, а совсем в другом – в преимуществе нового образа жизни.

От рекламы не требуется реализма. Задавая высокие нравственные стандарты, она порождает особое позитивное мышление. Задача рекламы состоит в том, чтобы потребитель подсознательно стремился отождествить себя с героем «коммершелз». Тогда он купит сковородку не для того, чтобы жарить яичницу, а для того, чтобы стать участником идеальной экранной жизни.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 8

Наутро поднявшееся яркое солнце быстро съело тонкий ледок, подернувший воды, и весь теплый воздух задрожал от наполнивших его испарений отжившей земли. Зазеленела старая и вылезающая иглами молодая трава, надулись почки калины, смородины и липкой спиртовой березы, и на обсыпанной золотым светом лозине загудела выставленная облетавшаяся пчела. Залились невидимые жаворонки над бархатом зеленей и обледеневшим жнивьем, заплакали чибисы над налившимися бурою неубравшеюся водой низами и болотами, и высоко пролетели с весенним гоготаньем журавли и гуси. Заревела на выгонах облезшая, только местами еще не перелинявшая скотина, заиграли кривоногие ягнята вокруг теряющих волну блеющих матерей, побежали быстроногие ребята по просыхающим, с отпечатками босых ног тропинкам, затрещали на пруду веселые голоса баб с холстами, и застучали по дворам топоры мужиков, налаживающих сохи и бороны. Пришла настоящая весна.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 9

К нашему большому сожалению, мы должны сообщить Вам, что партия лакокрасочных материалов, отгруженных Вами на судне «Ленинград» по контракту 27-005/40289, не соответствует по качеству нашим спецификациям, на основании которых был заключен контракт.

Согласно параграфу № 03 в договоре, мы имеем право отказаться от приемки этой партии товара. Однако, принимая во внимание наши длительные деловые отношения и то

обстоятельство, что предыдущие поставки лакокрасочных материалов в счет данного контракта были произведены в соответствии с условиями договора и надлежащего качества, мы согласны принять эту партию товара, если Вы предоставите нам скидку в 10 %.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 10

Человек должен быть широк. Из универсализма вытекает креативность, а ЕГЭ не обеспечивает ни того, ни другого. Даже те ребята, которые прекрасно сдали тесты по выбранным предметам, далеко не всегда в состоянии объяснить, откуда взялись все эти ответы, вывести их самостоятельно. А предложение «докрутить» чуть дальше и глубже вообще ставит в тупик: «Почему вы у нас спрашиваете то, что вы нам не рассказали?» Но креативность как раз и состоит в умении давать такие ответы. Учащийся – это же не шляпа, в которую положили кролика, чтобы его же и достать. Это неинтересно.

Убрать ЕГЭ нельзя. Но если оставить все как есть, мы обречены на дальнейшее отставание в науке, в любых творческих профессиях. Поэтому необходимо уточнить функционал ЕГЭ. А для этого надо все же назвать кошку кошкой и понять, что такое образование.

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

Текст 11

На религию после революции 1917 года было наложено так называемое табу. Христианское вероисповедание и все реалии, связанные с ним, воспринимались только как культурное наследие и пережиток царского режима. Соборы и церкви были лишь памятниками архитектуры, жития святых – памятниками литературы, иконы и фрески – памятниками художественного творчества. Очень многие храмы были разрушены или применялись не по своему прямому назначению; они становились складами, конторами, монастыри превращались в тюрьмы и колонии. Люди, особенно священнослужители, преследовались за свою веру. Как следствие, лексика религиозного характера со временем стала постепенно переходить в пассивный состав языка, используясь в основном в составе фразеологизмов и афоризмов (как Бог на душу положит; как у Христа за пазухой; человек предполагает, а Бог располагает). Некоторые слова изменили свою семантику (воскресение, братия), многие приобрели в современном русском языке отрицательную окраску (вертеп).

1) разговорному	4) научному
2) художественному	5) публицистическому
3) официально-деловому	6) церковно-религиозному

ТЕМА 10. НАУЧНЫЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой научного стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности научных текстов.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Научный стиль – один из важнейших функциональных стилей литературного языка, относящийся к письменно-книжному типу речи и обслуживающий сферу науки и производства. Цель текста научного стиля может заключаться в передаче объективной информации о природе, человеке и обществе, доказательстве ее новизны, истинности или ценности.

Основные стилевые черты научного стиля:

– **объективность**, которая проявляется в изложении разных точек зрения на рассматриваемую проблемы, в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения, в сосредоточенности на предмете высказывания;

– **логичность**, которая проявляется в последовательности и непротиворечивости изложения научной теории и создается с помощью особых синтаксических конструкций (сложные предложения с придаточными причины, условия, следствия; предложения с вводными словами *во-первых, во-вторых, наконец, итак, следовательно* и др.);

– **доказательность**, которая проявляется в цепочке рассуждений, аргументации определенных положений и гипотез;

– **точность**, которая достигается благодаря использованию терминов (т. е. слов и словосочетаний, обозначающих понятия особой области знания или деятельности), однозначных слов; четким оформлением синтаксических связей;

– **обобщенность** и **отвлеченность**, которые проявляются в отборе слов (преобладание имен существительных над глаголом, общенаучные слова, имена существительные с абстрактным значением, конкретные существительные в обобщенном значении), в употреблении грамматических форм (глаголы настоящего времени во «вневременном» значении, возвратные и безличные глаголы, преобладание форм 3-го лица, форм несовершенного вида), в использовании синтаксических конструкций (неопределенно-личные предложения, страдательные обороты), в существовании авторского «мы», характерного только для научного стиля;

– **насыщенность фактической информацией**;

– **отсутствие выражения эмоций** (отсутствуют разговорные элементы, эмоционально-экспрессивная лексика, неполные конструкции и т. п.).

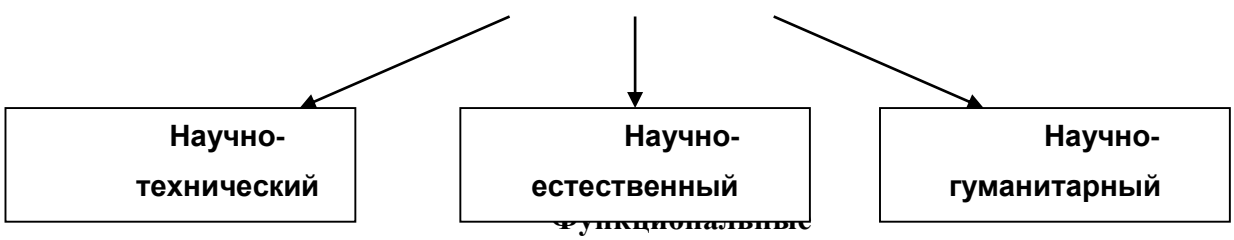
Основные языковые особенности научного стиля:

Языковые особенности	Примеры
Лексические	
1) термины	*обогащение полезных ископаемых, месторождение, осадочные породы, смешанослойный минерал, рудное тело* и др.
2) общенаучная лексика	*закон, теория, аспект, носитель, конструкция* и др.
3) книжная лексика абстрактного значения	*применение, явление, замедление, обязательство, подготовка* и др.
Морфологические	
1) частотность существительных	(Примерно 40 % существительных на единицу текста)

2) частотность форм родительного падежа существительных	*попадание в водоемы масло-смазывающих продуктов* (род. п.) *отдельных узлов* (род. п.) *механического оборудования* (род. п.) *гидротехнических сооружений* (род. п.) и т. п.
3) широкое использование существительных среднего рода	*отношение, употребление, дело, доказательство, заполнение* и др.
4) преобладание глаголов несовершенного вида настоящего времени	*равняется, оказывается, возрастает, наблюдается, составляет* и др.
5) полузнаменательные глаголы-связки	*есть, быть, являться*
6) употребление причастий и деепричастий	*подчеркнутый, обрабатываемый, соответствующий; замечая, решая, сменив* и др.
Синтаксические	
1) вводные слова и конструкции	*вероятно, возможно, таким образом; по словам ученых, по мнению большинства исследователей* и др.
2) бессубъектные конструкции	*карьер был разработан; оборудование было закуплено; проект был одобрен* и др.
3) безличные предложения	*необходимо отметить; следует подчеркнуть; можно сделать ряд выводов* и др.
4) обобщенно-личные предложения	*подчеркнем следующие положения; выделим важные особенности; отметим ряд недостатков* и др.
5) цепочки однородных членов	*Хорошие каталоги Интернета обеспечивают разнообразный дополнительный сервис: поиск по ключевым словам в базе данных, списки последних поступлений, списки наиболее интересных из них, выдачу случайной ссылки, автоматическое оповещение по электронной почте о свежих поступлениях.*
6) многокомпонентные сложные предложения с союзной связью	*Если эксперимент оправдывает надежды, то гипотеза детализируется и конкретизуется, а затем ставится новый эксперимент.*

Подстили научной речи:

Тематические



Функциональные

(с соответствующим жанром)



Задание 1. *Проанализируйте текст по следующей схеме:*

1. *Охарактеризуйте текст по стилеобразующим факторам научного стиля.*

2. *Докажите принадлежность текста к научному стилю с опорой на основные стилевые черты.*

3. *Определите отнесенность текста к тематическому и функциональному подстилю научного стиля.*

4. *Составьте план текста и сформулируйте главную мысль.*

5. *Выделите в тексте языковые особенности научного стиля.*

Вариант 1: ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ[7]

В геологии существует более ста различных специальностей и специализаций. Одни из них тесно связаны с химией (геохимическое направление), другие – с физикой (геофизическое направление), третьи – с биологией (палеонтологическое и палеобиологическое направления), четвертые – с математикой и кибернетикой (компьютерное моделирование геологических процессов), пятые – с астрономией и астрофизикой (космическая геология) и т. д.

В недрах Земли находятся залежи полезных ископаемых, вопросами поиска и разведки которых занимается геология. На земной поверхности протекают разнообразные геологические процессы, люди возводят здания и различные инженерные сооружения, строят транспортные магистрали. Задачей геологов является обеспечение их устойчивости и безопасного функционирования. Правильное решение этих двух основных практических задач немыслимо без глубокого знания общих закономерностей строения и развития отдельных геосфер. Раскрытие данных закономерностей и познание лежащих в их основе причин невозможны без изучения всей Земли, так как наша планета представляет собой единую природную среду и развивается так же, как и все планеты Солнечной системы.

Знание происхождения и эволюции Земли, условий образования и развития земной коры, ее строения и состава во взаимодействии с внешними оболочками – водной (гидросферой) и воздушной (атмосферой), а также с внутренними оболочками – земным ядром и мантией – составляет необходимое звено мировоззрения. Оно позволяет понять, как осуществляется постепенный переход от неживого неорганического мира к органическому, как эволюционируют живые существа и вместе с ними изменяются геологические процессы.

Велико и познавательно значение геологии как науки о Земле, ее строении, происхождении и развитии. Она затрагивает проблемы происхождения и эволюции жизни и

---

[7] Геология: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. – 7-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 6-7.

природных условий. Геология всегда стояла в центре ожесточенной борьбы научных воззрений и научных школ против религиозных предрассудков.

Практическое значение геологии огромно и разнообразно. Весь арсенал современной науки и техники основан на использовании продуктов земных недр – нефти, угля, различных металлов, строительных материалов, подземных вод и др. Воды минеральных источников используют в лечебных и бальнеологических целях. Для поисков, разведки и извлечения разнообразного минерального сырья из земных недр требуется прежде всего разработка методов обнаружения залежей полезных ископаемых, которые необходимы для промышленности, сельского хозяйства и строительства.

Среди полезных ископаемых различают рудные, или металлические, из которых добывают различные металлы, и нерудные, или неметаллические. Из последних добывают удобрения, каменную соль, серу, строительные материалы, драгоценные (алмаз, рубин, сапфир, изумруд), полудрагоценные (аметист, циркон, топаз, цитрин, нефрит, малахит и др.) и поделочные камни (яшма, кварциты и др.), а также горючие полезные ископаемые (нефть, каменный и бурый уголь, горючие сланцы, газ). Подземные воды (пресные и минеральные) также являются полезными ископаемыми. Поисками залежей подземных вод и практическим их использованием занимается специальная отрасль геологии – гидрогеология. В особые научные дисциплины выделились геология рудных и геология нерудных месторождений, геология горючих полезных ископаемых. Без знания геологического строения территории не обходится ни одно строительство промышленных и гражданских зданий, транспортных магистралей, трубопроводов и средств связи. Эта особая отрасль геологии именуется инженерной геологией. Работами, проводимыми в районах развития многолетней мерзлоты, занимается такая наука, как мерзлотоведение.

Все перечисленные специальные научные дисциплины образуют самостоятельный раздел геологии, который называется *практической*, или *прикладной*, геологией.

ВАРИАНТ 2: ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ[8]

Современная мировая экономика характеризуется неуклонным ростом потребления минерального сырья, расширением круга используемых в промышленности элементов, вовлечением в производство новых типов месторождений полезных ископаемых. Укрепление и совершенствование минерально-сырьевой базы России – основная задача геологической службы.

Обеспечение ресурсами и запасами не только действующих отраслей горнодобывающей промышленности, но и ее перспективных направлений требует оперативного решения проблемы освоения новых видов полезных ископаемых. Успешное осуществление геолого-разведочных работ возможно лишь при условии постоянного совершенствования теории и методов поисков и разведок месторождений полезных ископаемых. Результативность геолого-разведочной отрасли определяется уровнем научных и методических разработок, степенью использования современных поисково-разведочных средств.

---

[8] Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [В. В. Авдонин, В. В. Мосейкин, Г. В. Ручкин и др.]; под ред. В. В. Авдонина. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. С. 5-6.

Научные основы поисков и разведок месторождений полезных ископаемых созданы трудами нескольких поколений отечественных геологов, среди которых в первую очередь необходимо назвать Г. Д. Ажгирея, Я. Н. Белевцева, А. Г. Бетехтина, Ю. А. Билибина, П. П. Бурова, А. Б. Каждана, В. М. Крейтера, В. А. Обручева, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, С. С. Смирнова, А. А. Якжина и др.

Многими ведущими учеными были написаны замечательные учебники и методические руководства по поискам и разведкам месторождений, не утратившие своего значения до настоящего времени. Тем не менее в последние годы произошли существенные изменения в самой структуре минерально-сырьевой базы, оценке перспектив использования природных ресурсов и методов их вовлечения в промышленное использование.

В геолого-разведочной отрасли можно отметить несколько областей, в которых наблюдаются наиболее значимые изменения.

Во-первых, это касается совершенствования теории и методики поисковых работ. Во-вторых, широкое внедрение компьютерных технологий во все направления геолого-разведочного процесса качественно изменило методику подсчета запасов и оценки месторождений на всех стадиях их освоения.

Существенные изменения происходят и в методике добычных работ, в особенности в связи с требованиями экологической безопасности.

Наконец, необходимо учитывать еще одно важное обстоятельство. Наряду с неуклонно возрастающей потребностью в различных видах минерального сырья отчетливо проявляется тенденция истощения минерально-сырьевой базы, снижения открываемости новых месторождений, вовлечения в промышленное производство неблагоприятных по геологической позиции месторождений и руд более низкого качества. Эти причины стимулируют повышенный интерес к минерально-сырьевому потенциалу Мирового океана. Вследствие интенсификации научно-исследовательских и поисково-разведочных работ в океане в последние годы сложилась качественно новая ситуация – возникла необходимость решения проблем освоения минерально-сырьевых ресурсов океана в практической плоскости, что ознаменовалось интенсивными усилиями по разработке теоретических основ, методики и технических средств морских геолого-разведочных работ.

Авторский коллектив настоящего учебника постарался отразить в нем все важнейшие достижения, касающиеся поисков, разведки и эксплуатации месторождений и характеризующие современное состояние геолого-разведочной отрасли.

Вариант 3: ОСНОВЫ ГОРНОГО ДЕЛА[9]

Полезные ископаемые, располагающиеся в земной коре в пределах территории страны, образуют ее минерально-сырьевую базу. Эти природные ресурсы называют богатством недр государства.

Добычу полезных ископаемых обеспечивают горно-добывающие отрасли промышленности, перспективы развития которых зависят прежде всего от состояния природных ресурсов. Их освоение играет важнейшую роль в развитии экономики России.

В нашей стране выявлены в промышленных концентрациях все виды минерального сырья, используемого в мировой практике.

---

[9] Городниченко В. И., Дмитриев А. П. Основы горного дела: учебник для вузов. М.: Издательство «Горная Книга», Издательство московского государственного горного университета, 2008. С. 7-8.

Оценка прогнозных ресурсов, которую сегодня осуществляют в основном до глубины освоенных промышленностью недр, составляющей для твердых полезных ископаемых около 1 км, свидетельствует о том, что в России в обозримом будущем исчерпания минеральных ресурсов не предвидится, тем более что результаты исследований сверхглубоких скважин подтверждают наличие промышленных концентраций полезных компонентов на глубинах до 10 км.

По данным Министерства природных ресурсов России, в нашей стране 60–70 % запасов важнейших видов полезных ископаемых сосредоточено в ограниченном числе крупных месторождений. В настоящее время сохраняют свое значение освоенные крупные месторождения полезных ископаемых и имеют большие перспективы развития месторождения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Севера.

В Сибири находится около 84 % разведанных запасов угля России (категории А, В, Ci), из них бурых и каменных углей примерно поровну. В этих запасах сосредоточено до 90 % коксующихся углей России и около 85 % особо ценных для коксования углей марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС.

В настоящее время в Сибири, включая республику Саха, добывается около 70 % углей России. Как считают эксперты, этот показатель будет возрастать в связи с сокращением добычи угля в европейской части страны, а также на Урале и Дальнем Востоке. Можно предположить, что основная роль в обеспечении потребностей страны в углях в будущем будет принадлежать Кузбассу.

Повышение эффективности производства имеет особое значение для горно-добывающих отраслей промышленности, которые обеспечивают топливом, минеральным сырьем и материалами многие отрасли экономики страны: черную и цветную металлургию, энергетику, химическую, строительных материалов, сельское хозяйство и др.

Результаты работы горных предприятий в значительной степени определяют уровень эффективности производства во всех других отраслях, потребляющих их продукцию.

Так, в общих затратах на производство цветных металлов затраты на добычу руды составляют более 50 %. В затратах на производство электроэнергии 60–70 % составляют затраты на топливо.

Повышение эффективности горного производства должно осуществляться путем его технического перевооружения, обеспечивающего снижение затрат на производство продукции, повышение качества продукции, экономное и рациональное использование трудовых и материальных ресурсов, комплексное освоение богатства земных недр.

Задание 2. *Отредактируйте предложения таким образом, чтобы они соответствовали научному стилю, запишите исправленный вариант. Определите, с чем связаны допущенные ошибки.*

1. В своей курсовой работе я хотел бы ответить на очень актуальные в наше нелегкое время вопросы. **2.** Авторы этих статей абсолютно неправильно думают, что только их точка зрения имеет право на существование. **3.** Выводы оказались неожиданными, на первый взгляд просто сумасшедшими. **4.** Однако вначале необходимо разобраться, есть ли угроза энергетического голода. **5.** Мне кажется, что первый способ решения проблемы более целесообразный. **6.** Стоит представить, а какой будет польза от этого изобретения. **7.** Компьютерный вирус – это сильный паразит! **8.** Современное состояние экономики, энергетики и экологии выдвигает необходимость проведения интердисциплинарных исследований. **9.** Это приводит к необходимости изыскания и выделения огромных усилий

общества, чтобы противостоять результатам экологически опасных действий. **10.** В настоящее время сетевые технологии претерпевают бурное развитие. **11.** Свобода в современной России – это не столько свобода сотрудничества и доброжелательного диалога, как своевольное навязывание своего понимания свободы ради сокрушения чужой. **12.** Математическая модель включала в себя систему уравнений, описывающая течение газа около криволинейной поверхности. **13.** Земля должна рассматриваться как некая квазизамкнутая система, ресурс жизнеобеспечения которой большой, но ограничен. **14.** Изучение новых материалов дает свои плоды. **15.** Используя метод аналогий, на кафедре систем управления разработан комплекс программных средств для изучения систем путем их моделирования.

ТЕМА 11. ОФИЦИАЛЬНО-ДЕЛОВОЙ СТИЛЬ

Цель – познакомиться со спецификой официально-делового стиля, научиться определять основные стилевые и языковые особенности документов, их жанр, видеть реквизиты.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (основные понятия выделены в тексте):

Официально-деловой стиль – это стиль, который обслуживает правовую и административно-общественную сферы деятельности. Он используется при написании документов, деловых бумаг и писем в государственных учреждениях, суде, а также в разных видах делового устного общения.

Среди книжных стилей официально-деловой стиль выделяется относительной устойчивостью и замкнутостью. С течением времени он, естественно, подвергается некоторым изменениям, но многие его черты: исторически сложившиеся жанры, специфическая лексика, морфология, синтаксические обороты – придают ему в целом консервативный характер.

Основные стилевые черты официально-делового стиля:

– **объективный**, **абстрагированный (неличный) характер изложения**, который проявляется в отсутствии субъективных оценок при передаче содержания, в безличности языкового выражения (отсутствуют местоименные и глагольные формы 2-го лица, ограничены – 1-го лица);

– **точность и детальность изложения**, которые не допускают каких-либо разночтений; быстрота понимания не является важной, так как заинтересованный человек в случае необходимости прочитает документ несколько раз, стремясь к полному пониманию;

– **стандартизированность**, **стереотипность изложения**, которая проявляется в том, что разнородные явления жизни в официально-деловом стиле укладываются в ограниченное количество стандартных форм (*анкета*, *справка*, *инструкция*, *заявление*, *деловое письмо* и т. д.);

– **долженствующе-предписующий характер изложения**, т. е. **волюнтативность** (выражение воли), которая в текстах выражается семантически (подбором слов) и грамматически (формы первого лица глагола – *предлагаю*, *приказываю*, *поздравляю*; формами долженствования – *надлежит*, *необходимо*, *следует*, *предлагается*);

– **отсутствие выражения эмоций и оценок** (не употребляются эмоционально-экспрессивные средства).

Эти черты находят свое выражение 1) в отборе языковых средств (лексических, морфологических и синтаксических); 2) в оформлении деловых документов.

Основные языковые особенности официально-делового стиля:

Языковые особенности	Примеры
Лексические	
1) языковые штампы (канцеляризмы, клише)	*ставить вопрос, на основании решения, по собственному желанию, по семейным обстоятельствам, входящие-исходящие документы, контроль за исполнением возложить, по истечении срока* и др.
2) профессиональная терминология	*недоимка, алиби, черный нал, теневой бизнес, жилищный найм, прокурорский надзор, единовременное пособие* и др.
3) архаизмы	*оным удостоверяю, сей документ, в надлежащем виде, во избежание* и др.
4) тяготение к использованию родовых понятий с широкой и бедной семантикой	*прибыть* (вместо *приехать, прилететь, прийти* и т. д.), *транспортное средство* (вместо *автобус, самолет, «Волга»* и т. д.), *населенный пункт* (вместо *деревня, город, село* и т. д.), *помещение (вместо: квартира, цех, ангар, вестибюль, кров, обитель, апартаменты и т. д.)*
Морфологические	
1) существительные-названия людей по признаку, обусловленному действием	*налогоплательщик, ответчик, арендатор, свидетель* и др.
2) существительные, обозначающие должности и звания в форме мужского рода	*сержант полиции Ушакова, инспектор Неверова, ответчик Прошина* и др.
3) отглагольные существительные с частицей *не-*	*нелишение, неявка, несоблюдение, непризнание* и др.
4) производные предлоги	*в связи, в течение, за счет, в силу, по мере, в отношении, на основании* и др.
5) инфинитивные конструкции	*провести осмотр, оказать помощь, доказать невиновность* и др.
6) глаголы настоящего времени в значении обычно производимого действия	*обвиняемому обеспечивается право на защиту, за неуплату взимается штраф* и др.
7) сложные слова, образованные от двух и более основ	*бракосочетание, правонарушение, налогообложение, землепользование, пассажироперевозки, дачевладелец, нетрудоспособность, работодатель, квартиросъемщик, материально-*

	технический, осенне-зимний, ремонтно-эксплуатационный, вышеуказанный, нижепоименованный и др.
8) нанизывание существительных с суффиксом *-ние*	*Приготовлением к преступлению признается приискание и приспособление средств или орудий или умышленное создание условий для совершения преступлений....*
9) гигантский пласт официальных наименований номенклатуре учреждений, профессий, должностей и т. п.	*Российское акционерное общество «Единая энергетическая система России», Открытое акционерное общество «Нефтяная компания «Лукойл», Всероссийский научно-исследовательский институт документоведения и архивного дела, главный научный сотрудник, заместитель командира полка по инженерной службе, главный специалист сектора делопроизводства компании, председатель Военной коллегии Верховного Суда Российской Федерации, депутат Государственной Думы РФ и др.*
10) широкое использование аббревиатур	*РФ, МИД, МЧС, ФСБ, РЖД, Сбербанк, МОК, СМИ, РПЦ, УГГУ, ЕГЭ, ОСАГО, ТРЦ, ТК, УФМС, МОУ, ФГБОУ, ГТО, ГОСТ, ФГОС, КамАЗ, Роспечать и др.*
11) употребление цепочки имен существительных в родительном падеже	*Для применения (род. п.) мер (род. п.) общественного воздействия (род. п.); в целях широкой гласности (род. п.) работы (род. п.) Министерства (род. п.) высшего образования (род. п.); результаты деятельности (род. п.) органов (род. п.) налоговой полиции (род. п.)* и др.
Синтаксические	
1) употребление простых предложений с однородными членами, причем ряды этих однородных членов могут быть весьма распространенными (до 8–10)	*Объектами общей собственности крестьянского хозяйства является имущество: земельный участок, насаждения, хозяйственные или иные постройки, мелиоративные и другие сооружения, продуктивный и рабочий скот, птица, сельскохозяйственная и иная техника, оборудование, транспортные средства, инвентарь и другое имущество* и др.
2) наличие пассивных конструкций	*платежи вносятся в указанное время, сроки выплат установлены на год* и др.

3) преобладание сложных предложений, в особенности сложноподчиненных, с придаточными условия	*При наличии спора о размерах причитающихся уволенному работнику сумм администрация обязана уплатить указанное в настоящей статье возмещение в том случае, если спор решен в пользу работника.*

Документ – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими её идентифицировать.

Форма документа (схема, отражающая семантико-информативную структуру текста) предоставляет в распоряжение его составителя определенный набор **реквизитов** (необходимые элементы оформления документа) и определенную их **композицию** (последовательность и порядок их размещения в тексте). Состав реквизитов, требования к реквизитам и бланкам документов устанавливаются ГОСТом. В настоящее время это ГОСТ Р 6.30-2003 «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов».

	Состав реквизитов документа
1.	Государственный герб Российской Федерации
2.	Герб субъекта Российской Федерации
3.	Эмблема организации или товарный знак
4.	Код организации
5.	Основной государственный регистрационный номер юридического лица (ОГРН)
6.	Идентификационный номер налогоплательщика / код причины постановки на учет (ИНН / КПП)
7.	Код формы документа
8.	Наименование организации
9.	Справочные данные об организации
10.	Наименование вида документа (жанр документа)
11.	Дата составления документа
12.	Регистрационный номер документа
13.	Ссылка на регистрационный номер или дату документа
14.	Место составления или издания документа
15.	Адресат
16.	Гриф утверждения документа
17.	Резолюция
18.	Заголовок к тексту
19.	Отметка о контроле
20.	Текст документа
21.	Отметка о наличии приложения
22.	Подпись
23.	Гриф согласования документа
24.	Визы согласования документа
25.	Оттиск печати
26.	Отметка о заверении копии
27.	Отметка об исполнителе

28.	Отметка об исполнении документа и направлении его в дело
29.	Отметка о поступлении документа в организацию
30.	Идентификатор электронной копии документа

Состав реквизитов конкретного документа определяется его видом и назначением. К наиболее частотным реквизитам можно отнести: **адресата**, **адресанта**, **название жанра документа**, **основной текст документа**, **список приложений**, **дату** и **подпись**. Логическому делению текста способствует его рубрикация, деление на части с помощью внутренних заголовков, подзаголовков, нумерация или графически единообразное выделение всех однотипных частей.

Способы классификации документов:

1. ***По месту составления***: *внутренние* и *внешние* документы. **Внутренний** документ создаётся в рамках одной организации, где работают и составитель, и адресат текста (*приказы администрации предприятия, служебные записки, должностные инструкции* и др). **Внешние** документы предназначаются адресатам, работающим на других предприятиях (*все виды деловых писем, приказы и распоряжения вышестоящих организаций* и др.).
2. ***По содержанию***: *простые* и *сложные*. **Простые** документы посвящены решению одного вопроса (*заявление*, *объяснительная записка* и другие виды личной документации), **сложные** – двух и более (*приказы*, *письма*, *инструкции*).
3. ***По форме***: *индивидуальные* и *типовые*. **Индивидуальные** документы предполагают некоторую самостоятельность текста и элементы творческого подхода, что не исключает их стандартизованности (*отдельные виды писем, служебных и докладных записок*). **Типовые** документы строятся на базе заранее заданного текста путём видоизменения его отдельных элементов; чаще всего эти документы одинаковы для групп однородных предприятий (*штатное расписание, положение о персонале* и др.). Если в типовом документе постоянные элементы отпечатаны типографским способом, а для переменных предусмотрены пробелы, которые заполняются при его составлении, то такой документ называют **трафаретным** (*анкеты, некоторые виды справок, трудовые договоры*).
4. ***По срокам исполнения***: *срочные* и *бессрочные*. В **срочных** документах содержится указание на выполнение некоторых действий в ограниченный временной период (*распоряжения, указания* и др.). Действие **бессрочных** документов не ограничено временными рамками (*указы, законы, некоторые виды инструкций*).
5. ***По происхождению***: *служебные* и *личные*. **Служебные** документы направлены на реализацию интересов организации (*приказы, деловые письма, контракты*). **Личные** документы, как правило, отражают взаимодействие отдельного физического лица с официальными органами или другими лицами (*заявление, доверенность, расписка, объяснительная записка* и др.).
6. ***По виду оформления***: *подлинник* (подписанный и надлежащим образом оформленный экземпляр документа, составленный в первый раз), *копия* (абсолютно точно воспроизводит подлинник, но имеет ограниченную юридическую силу, за исключением нотариально заверенных.), *дубликат* (копия, имеющая одинаковую силу с подлинником, выдающаяся в случае его утери) и *выписки* (воспроизведение только одной из частей подлинника).
7. ***По функции***: **организационные** документы, направленные на регламентацию деятельности организации или предприятия (*устав, положение, штатное расписание,*

положение о персонале, должностную инструкцию), **распорядительные** документы, содержащие конкретные распоряжения (*приказы, распоряжения, указания, решения*)., **информационно-справочные** документы, документы **по персоналу предприятия** (*трудовой договор, личные карточки, учётные карточки, анкеты*), **письма**, **договоры**.

Задание 1. *Проанализируйте текст официально-делового стиля:*

1. *Укажите характеристику данного текста с точки зрения классификации документов.*

2. *Обозначьте реквизиты и композиционные элементы государственного документа.*

3. *Опишите стилевые и языковые особенности текста*[10].

Федеральный закон от 1 июня 2005 г. N 53-ФЗ
«О государственном языке Российской Федерации»

С изменениями и дополнениями от: 2 июля 2013 г., 5 мая 2014 г.
Принят Государственной Думой 20 мая 2005 года
Одобрен Советом Федерации 25 мая 2005 года

Настоящий Федеральный закон направлен на обеспечение использования государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации, обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации, защиту и развитие языковой культуры.

Статья 1. Русский язык как государственный язык Российской Федерации

1. В соответствии с Конституцией Российской Федерации государственным языком Российской Федерации на всей ее территории является русский язык.

2. Статус русского языка как государственного языка Российской Федерации предусматривает обязательность использования русского языка в сферах, определенных настоящим Федеральным законом, другими федеральными законами, Законом Российской Федерации от 25 октября 1991 года N 1807-I «О языках народов Российской Федерации» и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, его защиту и поддержку, а также обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации.

3. Порядок утверждения норм современного русского литературного языка при его использовании в качестве государственного языка Российской Федерации, правил русской орфографии и пунктуации определяется Правительством Российской Федерации.

4. Государственный язык Российской Федерации является языком, способствующим взаимопониманию, укреплению межнациональных связей народов Российской Федерации в едином многонациональном государстве.

5. Защита и поддержка русского языка как государственного языка Российской Федерации способствуют приумножению и взаимообогащению духовной культуры народов Российской Федерации.

6. При использовании русского языка как государственного языка Российской Федерации не допускается использование слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка (в том числе нецензурной брани), за

[10] Возможна работа по вариантам: 1 вариант – анализ Статьи 1; 2 вариант – анализ Статьи 3; 3 вариант – анализ статьи 4.

исключением иностранных слов, не имеющих общеупотребительных аналогов в русском языке.

7. Обязательность использования государственного языка Российской Федерации не должна толковаться как отрицание или умаление права на пользование государственными языками республик, находящихся в составе Российской Федерации, и языками народов Российской Федерации.

<…>

Статья 3. Сферы использования государственного языка Российской Федерации

1. Государственный язык Российской Федерации подлежит обязательному использованию:

1) в деятельности федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности, в том числе в деятельности по ведению делопроизводства;

2) в наименованиях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности;

3) при подготовке и проведении выборов и референдумов;

4) в конституционном, гражданском, уголовном, административном судопроизводстве, судопроизводстве в арбитражных судах, делопроизводстве в федеральных судах, судопроизводстве и делопроизводстве у мировых судей и в других судах субъектов Российской Федерации;

5) при официальном опубликовании международных договоров Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов;

6) во взаимоотношениях федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, иных государственных органов, органов местного самоуправления, организаций всех форм собственности и граждан Российской Федерации, иностранных граждан, лиц без гражданства, общественных объединений;

7) при написании наименований географических объектов, нанесении надписей на дорожные знаки;

8) при оформлении документов, удостоверяющих личность гражданина Российской Федерации, за исключением случаев, предусмотренных законодательством Российской Федерации, изготовлении бланков свидетельств о государственной регистрации актов гражданского состояния, оформлении документов об образовании и (или) о квалификации установленного в соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 года N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» образца, а также других документов, оформление которых в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляется на государственном языке Российской Федерации, при оформлении адресов отправителей и получателей телеграмм и почтовых отправлений, пересылаемых в пределах Российской Федерации, почтовых переводов денежных средств;

9) в продукции средств массовой информации;

9.1) при показах фильмов в кинозалах;

9.2) при публичных исполнениях произведений литературы, искусства, народного творчества посредством проведения театрально-зрелищных, культурно-просветительных, зрелищно-развлекательных мероприятий;

10) в рекламе;

11) в иных определенных федеральными законами сферах.

1.1. В сферах, указанных в пунктах 9, 9.1, 9.2 и 10 части 1 настоящей статьи, и в иных предусмотренных федеральными законами случаях наряду с государственным языком Российской Федерации могут использоваться государственные языки республик, находящихся в составе Российской Федерации, другие языки народов Российской Федерации, а в случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации, также иностранные языки.

<…>

Статья 4. Защита и поддержка государственного языка Российской Федерации

В целях защиты и поддержки государственного языка Российской Федерации федеральные органы государственной власти в пределах своей компетенции:

1) обеспечивают функционирование государственного языка Российской Федерации на всей территории Российской Федерации;

2) разрабатывают и принимают федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, разрабатывают и реализуют направленные на защиту и поддержку государственного языка Российской Федерации соответствующие федеральные целевые программы;

3) принимают меры, направленные на обеспечение права граждан Российской Федерации на пользование государственным языком Российской Федерации;

4) принимают меры по совершенствованию системы образования и системы подготовки специалистов в области русского языка и преподавателей русского языка как иностранного языка, а также осуществляют подготовку научно-педагогических кадров для образовательных организаций с обучением на русском языке за пределами Российской Федерации;

5) содействуют изучению русского языка за пределами Российской Федерации;

6) осуществляют государственную поддержку издания словарей и грамматик русского языка;

7) осуществляют контроль за соблюдением законодательства Российской Федерации о государственном языке Российской Федерации, в том числе за использованием слов и выражений, не соответствующих нормам современного русского литературного языка, путем организации проведения независимой экспертизы;

8) принимают иные меры по защите и поддержке государственного языка Российской Федерации.

<…>

Президент Российской Федерации В. Путин

Задание 2. *Проанализируйте следующий текст*[11]*:*

1. *Обозначьте реквизиты и структурно-содержательные элементы документа.*

2. *Опишите стилевые и языковые особенности.*

3. *Имеются ли в тексте документа средства, не соответствующие требованиям официально-делового стиля? Докажите свою точку зрения.*

[11] Текст Регламента приводится без изменений и исправлений.

УТВЕРЖДАЮ:
Ректор УГГУ, профессор
_____ Н.П. Косарев

РЕГЛАМЕНТ
ношения форменной одежды преподавателями,
сотрудниками и студентами УГГУ

1. Общие положения

Форменная одежда УГГУ – важнейший наряду с флагом и гербом символ корпоративной чести и достоинства, принадлежности преподавателей, сотрудников и студентов к высшему учебному заведению – Уральскому государственному горному университету.

Ношение форменной одежды в установленных случаях является почетным правом и обязанностью (моральным долгом) всех преподавателей, сотрудников и студентов УГГУ, облегченных этим доверием. По решению ректора почетное право ношения форменной одежды предоставляется заслуженным выпускникам.

Отказ от форменной одежды рассматривается как пренебрежение горняцким единством и неуважение к корпоративной символике Уральского государственного горного университета.

2. Руководящий состав университета: члены Ученого совета, включая ректорат, деканов, заведующих кафедрами, представителей студенческого, ветеранского и профсоюзного актива, а также руководителя управления отделов и служб, не входящие в Ученый совет, обязаны носить форму в следующих случаях:

- на всех рабочих совещаниях, проводимых ректором, первым проректором и проректором по научной работе;
- на заседаниях Ученого совета и Президиума Ученого совета университета, ученых советах факультетов;
- на торжественных собраниях сотрудников и студентов, митингах, конференциях, проводимых по планам ректората и деканатов;
- при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и других официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также политическими, общественными и научными организациями.

3. Преподаватели университета, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

- во время лекционных занятий;
- при участии в собраниях студентов, преподавателей, конференциях и митингах;
- при посещениях ректората и деканатов.

4. Сотрудники из числа административно-управленческого персонала (помощники ректора, проректоров, референты, секретари) обязаны быть в форменной одежде в следующих случаях:

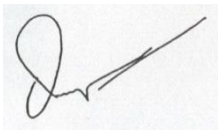
- при нахождении на рабочем месте в дни проведения крупных общеуниверситетских мероприятий, при приеме делегаций, гостей и в иных случаях по распоряжению ректора;
- при участии, в том числе при орг. техническом обеспечении заседании Ученого совета и ректорских совещаний;

– при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

5. Студенты – представители студенческого актива, имеющие форму, обязаны быть в форменной одежде:

– при посещении ректората, деканатов;
– на всех официальных мероприятиях, проводимых в университете;
– при участии в официальных мероприятиях, проводимых вне стен университета органами власти, политическими, общественными, научными и образовательными учреждениями.

6. По собственной инициативе студенты, сотрудники и преподаватели университета могут находиться в форменной одежде во всех случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и ее функциональному назначению.



Ученый секретарь совета, профессор О. В. Ошкордин
28.09.2005 г.

Задание 3. *Проанализируйте текст[12] с точки зрения использованных языковых средств, характерных для официально-делового стиля. Опишите средства, с помощью которых в тексте реализуется такая стилевая черта, как волюнтативность.*

Есть ли в Правилах отступления от требований официально-делового стиля? Подтвердите свою точку зрения, опираясь на текст документа.



Правила внутреннего распорядка обучающихся
в ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
Дата введения 01 сентября 2014 года

<…>

5. Основные права и обязанности обучающихся

5.1 Права обучающихся

Обучающиеся в университете имеют право:

– получать образование в соответствии с ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) обучаться в пределах этих стандартов по индивидуальным учебным планам, ускоренным курсам обучения;

– бесплатно пользоваться библиотечно-информационными ресурсами, получать дополнительные (в том числе платные) образовательные услуги;

– участвовать в управлении университетом;

[12] Текст Правил внутреннего распорядка приводится без изменений и исправлений.

– свободно выражать собственные мнения и убеждения;

– выбирать факультативные (необязательные для данного направления подготовки (специальности) и элективные (избираемые в обязательном порядке) курсы, предлагаемые факультетом и кафедрой;

– участвовать в формировании содержания своего образования при условии соблюдения требований ГОС и ФГОС (в т. ч. актуализированными ФГОС) среднего профессионального и высшего образования; указанное право может быть ограничено условиями договора, заключенного между студентом и физическим или юридическим лицом, оказывающим ему содействие в получении образования и последующем трудоустройстве;

– осваивать помимо учебных дисциплин по избранным направлениям подготовки (специальностям) любые другие учебные дисциплины, преподаваемые в университете, в порядке, предусмотренном Уставом, а также преподаваемые в других высших учебных заведениях (по согласованию между их руководителями);

– определять по согласованию с деканатом и кафедрами набор дисциплин по специальности в пределах, установленных учебным планом, а также посещать дополнительно любые виды учебных занятий, проводимых в университете;

– ставить перед деканом и ректором, руководителем территориально обособленного учебного подразделения вопрос о замене преподавателей, не обеспечивающих должное качество учебного материала, нарушающих расписание занятий, иные правила организации учебно-воспитательного процесса;

– участвовать в обсуждении и решении важнейших вопросов деятельности университета и его обособленных структурных подразделений, в том числе через общественные организации и органы управления;

– бесплатно пользоваться услугами учебных, научных, лечебных и других подразделений университета в порядке, установленном Уставом;

– принимать участие во всех видах научно-исследовательских работ, конференциях, симпозиумах;

– совмещать учебу с профессиональной деятельностью и иной работой;

– представлять свои работы для публикации, в том числе в изданиях университета;

– обжаловать приказы и распоряжения администрации высшего учебного заведения в установленном законодательством РФ порядке;

– переходить с платного договорного обучения на бесплатное обучение в порядке, предусмотренном Уставом университета;

– получать от университета информацию о положении дел в сфере занятости населения и возможностях трудоустройства по специальности в соответствии с заключенными договорами и законодательством о занятости выпускников образовательных учреждений.

Обучающиеся в университете по заочной форме, выполняющие учебный план, имеют право на дополнительный оплачиваемый и не оплачиваемый отпуск по месту работы, на сокращенную рабочую неделю и на другие льготы, которые предоставляются в порядке, устанавливаемом законодательством РФ (ст. 173-176 ТК РФ).

Обучающиеся в университете имеют право на свободное посещение мероприятий, не предусмотренных учебным планом.

Обучающиеся в университете имеют право на перевод в другое образовательное учреждение, реализующее образовательную программу соответствующего уровня, при согласии этого образовательного учреждения и успешном прохождении ими аттестации.

Обучающиеся в университете по очной форме обучения имеют право на получение отсрочки от призыва на военную службу в соответствии с Федеральным законом «О воинской обязанности и военной службе».

5.2 Обязанности обучающихся

Обучающиеся в университете обязаны:

– добросовестно посещать учебные занятия, глубоко овладевать теоретическими знаниями, практическими навыками и современными методами для работы по избранной специальности;

– выполнять в установленные сроки все виды заданий, предусмотренных соответствующими учебными планами и программами обучения;

– постоянно повышать общую культуру, нравственность и физическое совершенство;

– нетерпимо относиться к недостаткам в учебно-воспитательном процессе и быту;

– бережно и аккуратно относиться к учебным и иным помещениям, оборудованию, учебным пособиям, литературе, приборам, другому имуществу университета; без соответствующего разрешения студентам запрещается выносить предметы и оборудование из лабораторий, кабинетов, аудиторий, учебных, бытовых корпусов и других помещений;

– нести материальную ответственность за ущерб, причиненный имуществу университета в соответствии с нормами действующего законодательства;

– незамедлительно сообщать в администрацию университета о возникновении ситуации, представляющей угрозу жизни и здоровью людей, сохранности имущества университета;

– соблюдать требования Устава университета, настоящие Правила и Правила проживания в общежитиях;

– поддерживать деловую репутацию, честь и престиж университета.

Обучающиеся в территориально обособленном учебном подразделении университета (филиале) помимо указанных выше правомочий пользуются правами и исполняют обязанности, предусмотренные Положением о соответствующем структурном подразделении или договорами о профессиональной подготовке, включая договоры на индивидуальную подготовку специалиста.

При неявке на занятия по уважительным причинам обучающийся ставит об этом в известность декана факультета, руководителя (уполномоченного работника) иного учебного структурного подразделения и в первый день явки на учебу представляет данные о причине неявки и документы установленного образца (справки, письма, телеграммы и т. п.), содержащие сведения оправдательного характера.

5.3 Требования к ношению формы

Обучающиеся в университете должны быть дисциплинированными и опрятными, вести себя достойно в университете, на улице, в общественном месте и в быту. В соответствии с решением Ученого совета университета от 25.06.2004 года, обучающиеся обязаны носить форменную одежду в ниже перечисленных случаях:

– на всех совещаниях, проводимых ректором, проректорами и деканами факультетов;

– на торжественных собраниях коллектива, митингах и конференциях;

– при участии в совещаниях, конференциях, торжественных собраниях и иных официальных мероприятиях, проводимых органами власти, а также общественными и

научными организациями, на которых обучающиеся университета являются его представителями;

– при участии, в т. ч. организационно-техническом обеспечении заседаний Ученого совета университета и ректорских совещаний; при сопровождении ректора, проректоров во время официальных мероприятий вне университета.

– в иных случаях по распоряжению ректора.

По собственной инициативе обучающиеся университета могут находиться в форменной одежде в иных случаях, если это не наносит ущерба почетному статусу формы и её функциональному назначению.

Запрещается ношение предметов формы одежды измененных или неустановленных образцов, а также знаков различия, не предусмотренных Положением о форменной одежде.

<…>

ТЕМА 12. ОФОРМЛЕНИЕ ДЕЛОВЫХ БУМАГ

Цель – научиться оформлять основные жанры деловых бумаг.

КОНСПЕКТ следующего материала к занятию (требуется записать определение, основные реквизиты и образец):

Заявление – это документ, содержащий просьбу, предложение или жалобу какого-либо лица.

Заявление, как и большинство деловых бумаг, составляется в произвольной форме от руки или печатается на листе бумаги формата А4.

Основные реквизиты заявления:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Сведения об адресате (должность, ФИО полностью, в некоторых случаях адрес или другая контактная информация).

3. Наименование жанра документа.

4. Основной текст заявления с точным изложением просьбы, предложения или жалобы.

5. Опись приложений к документу, если они имеются.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления заявления

Декану ФГиГ
проф. Талалаю А. Г.
от студента группы МПГ-16
Волкова Михаила Владимировича

Заявление

Прошу отпустить меня с занятий на 3 дня с 25 по 27 октября 2018 года в связи с участием в областных соревнованиях по футболу.

Копию справки-вызова прилагаю.

01.10.2018 г.

Доверенность – это документ, выдаваемый одним лицом (доверителем) другому лицу (доверенному) для представительства перед третьими лицами и дающий право доверенному лицу действовать от имени доверителя.

Доверенность предоставляет полномочия доверенному лицу предпринимать за доверителя какое-либо действие. В зависимости от вида полномочий различают три вида доверенности: 1) **разовая** (дает право на совершение одного конкретного действия), 2) **специальная** (дает право на совершение однородных действий), 3) **генеральная** (дает право на общее управление имуществом доверителя).

Основные реквизиты разовой доверенности:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование доверителя (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование доверенного лица (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Формулировка доверяемой функции.

5. Дата.

6. Подпись.

Образец оформления разовой доверенности

Доверенность

Я, Зорянова Евгения Михайловна, студентка группы ВД-16 (паспорт: серия 3209 № 345177, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Чкаловском районе гор. Екатеринбурга 09.06.2009 г., проживающая по адресу: г. Екатеринбург, ул. 8 марта, д. 104, кв. 190), доверяю Соловчуку Сергею Станиславовичу, студенту группы ГМО-17 (паспорт: серия 5404 № 654321, выдан Железнодорожным РУВД г. Ульяновска 13.09. 2008 г., проживающему по адресу: г. Екатеринбург, ул. Сулимова, д. 63, кв. 77), получить в кассе УГГУ мою стипендию за март 2017 года.

25.02.2017 г. 

Расписка – это документ, подтверждающий произведенное кем-либо определенное действие (получение ценных предметов).

Расписка всегда составляется от руки. Если она имеет особо важное значение, ее необходимо заверить.

Основные реквизиты расписки:

1. Наименование жанра документа.

2. Наименование лица, получившего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

3. Наименование лица, выдавшего ценности (ФИО полностью, должность, паспортные данные, адрес регистрации или проживания).

4. Точное наименование полученных ценностей с указанием количества (цифрами и прописью).

5. Дата, до которой необходимо вернуть полученные ценности.

6. Дата.

7. Подпись.

Образец оформления расписки

Расписка

Я, Воробьева Наталия Александровна, студентка группы УП-17 (паспорт: серия 5009 № 2435672, выдан отделом УФМС Ленинского района г. Новосибирска 25.09.2005 г., проживающая по адресу: Свердловская область, г. Первоуральск, ул. Горького, д. 7, кв. 5), получила от Штиппеля Артемия Павловича, инженера кафедры ГД (паспорт: серия 6507 № 575849, выдан Отделом УФМС России по Свердловской области в Кировском районе г. Екатеринбурга 05.10.2004 г., проживающего по адресу: г. Екатеринбург, пер. Красный, д. 34, кв. 33), 10 000 (десять тысяч) рублей.

Обязуюсь вернуть указанную сумму до 31 декабря 2017 г.

07 ноября 2017 г. 

Докладная записка – это документ, информирующий адресата о сложившейся ситуации, а также содержащий выводы и предложения составителя.

Основной текст докладной записки делится на две части:

- в первой излагаются причины, послужившие поводом для ее написания;
- во второй анализируется сложившаяся ситуация, содержатся выводы и предложения о действиях, которые необходимо предпринять.

Основные реквизиты докладной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления докладной записки

Ректору УГТУ
проф. Душину А. В.

Докладная записка

24 декабря 2018 г. примерно в 12.30 я сдал свой пуховик в гардероб 4 учебного корпуса. Через два часа (после окончания праздничных мероприятий) я попытался получить пуховик по бирке, но его не оказалось на вешалке. Студенты, дежурившие в гардеробе в тот день, отказались объяснять, что произошло и куда пропала моя одежда.

Прошу разобраться в сложившейся ситуации и помочь с поисками пуховика.

Описание прилагается.

Студент группы ТБ-17  */Вутенко Б. Н./*

25 декабря 2018 г.

Объяснительная записка – это документ, объясняющий причины какого-либо события, факта, поступка (нарушения трудовой или учебной дисциплины, невыполнение задания, поручения и т. д.).

Основной текст объяснительной записки делится на две части:

- в первой излагаются, констатируются факты нарушения;
- во второй объясняются причины нарушения.

Основные реквизиты объяснительной записки:

1. Сведения об адресате (должность, фамилия, инициалы).

2. Наименование жанра документа.

3. Основной текст, состоящий из двух смысловых частей.

4. Опись приложений к документу, если они имеются.

5. Подпись автора документа, состоящая из трех частей (должность, собственно личная подпись и расшифровка подписи).

6. Дата.

Образец оформления объяснительной записки

Зав. кафедрой ИЯДК
доц. Юсуповой Л. Г.

Объяснительная записка

05.03.2018 г. я опоздала на практическое занятие по иностранному языку по причине транспортной аварии на перекрестке улиц Малышева и Гагарина.

Выданную транспортным предприятием справку прилагаю.

Студентка группы МЭ-15 *Вайслер Ю. М.*

07.03.2018 г.

Задание 1. *Напишите от своего имени следующие жанры деловых бумаг:*

а) заявление с просьбой продлить Вам сессию на неделю;

б) заявление с просьбой принять Вас на работу;

в) доверенность на получение Вашей стипендии в этом месяце;

г) расписку в получении Вами образцов минералов для выполнения лабораторной работы;

д) докладную записку о пропаже Ваших личных вещей из аудитории;

е) объяснительную записку о пропуске Вами занятий в течение недели;

ж) объяснительную записку о неявке на экзамен.

Задание 2. *Исправьте допущенные ошибки в оформлении и содержании следующих документов. Обратите внимание на нарушение разного типа языковых норм (орфографических, пунктуационных, лексических и грамматических). Запишите исправленный вариант.*

Текст 1

Декану УГТУ
От студента III курса очной формы обучения факультета гражданской защиты Волк Василия Васильевича

заявление

В связи с отъездом на лидерские сборы очень прошу разрешить не посещать мне занятия на следующей неделе.

09.09.18 г.

Текст 2

Ректору УГТУ

Н. П. Косареву

доверенность.

Я, Задорин Виктор, студент УГГУ, даю право на получение получаемой мной стипендии студенту Гудину Александру Геннадьевичу (паспорт 6509 номер 124338, ул. Мира, 90-1).

1.5.18 г.  */Задорин В. З./*

Текст 3

Кафедре ИЯДК

расписка

Я – Пустник Валентин Тимурович, прошу выдать мне учебные пособия для практических занятий. Автор – Мясникова Юлия Марковна в размере одной штуки. Паспортные данные – серия 6102, номер 879521, УФМС России, дата рождения – 19.02.2000 года, проживаю в городе Лангепас на улице Парковая, 7.

Обязуюсь вернуть в срок.

25 сентября 

Текст 4

Декану ГМФ
Козину Владимиру
Зиновьевичу

Докладная

Уважаемый Владимир Зиновьевич!

Сегодня я, Курпатова Вера, студентка ГМФ, оставила без присмотра свои вещи в учебной аудитории 2240. При возвращении моих вещей в аудитории не было. Я очень расстроилась.

Пропали: куртка черная кожанная, красная сумка в цветочек, белый платок.



1 октября 2018 года

Текст 5

Зав. кафедры ТТФ Волкову М. Н.
От студента Хлебникова Семена.

Объяснительная о прогуле

Я, Семен Хлебников, отсутствовал на занятиях два месяца всвязи болезни. Справку из 6 городской больницы прилогаю.

01.11.18 *Хлебников С.*

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 с. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html
2. *Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).
3. *Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.
4. *Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.: Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания).

Дополнительная литература

1. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)
2. *Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.
3. *Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html
4. *Гавриленко Р. И., Меленскова Е. С., Шалина И. В.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. 4-е изд., стереотип. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 84 с.
5. *Голуб И. Б.* Русский язык и культура речи: учебное пособие. М.: Логос, 2005. 432 с. (и другие стереотипные издания)
6. *Данцев А. А., Нефёдова Н. В.* Русский язык и культура речи для технических вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 320 с. (и другие стереотипные издания)
7. Дускаева Л. Р., Протопопова. О. В. Стилистика официально-деловой речи: учебное пособие. М.: Академия, 2012. 272 с.
8. *Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.
9. *Кореньков Е. В., Пушкарева Н. В.* Русский язык и культура речи: учебник. М.: Проспект, 2013. 376 с.
10. *Котюрова М. П.* Стилистика научной речи: учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Академия, 2012. 240 с.
11. *Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон. текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 с. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html
12. *Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html

13. *Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.

14. *Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.

15. *Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.

16. *Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.

17. *Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон. текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. – 190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html

18. *Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон. текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html

19. *Словарь-справочник по культуре речи*: для школьников и студентов / Отв. ред. А. А. Евтюгина. - Екатеринбург: У-Фактория, 2004. 334 с.

20. *Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон. текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикация http://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Колтунова М. В.* Язык и деловое общение. Нормы. Риторика. Этикет. М.: Экономика, 2000. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bibliotekar.ru/delovoe-obschenie/index.htm
4. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
5. *Русский язык и культура речи/* под ред. Максимова В. И. М., 2001 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.bibliotekar.ru/russkiy-yazyk/
6. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
7. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б1.09 ПСИХОЛОГИЯ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ

Специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: ***очная, заочная***

Автор: Чащегорова Н.А., доцент, к.ф.н.

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические рекомендации к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	15
6	Заключение	18
	Список использованных источников	19

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);
- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

---

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

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;

• время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания.

Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

---

[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

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке деловых и ролевых игр

Основной целью проведения студенческих деловых игр во внеаудиторное время является привитие студентам навыков решения конкретных управленческих вопросов и накопление ими практического опыта в решении процедурных вопросов на основе создания конкретных деловых ситуаций, максимально приближенных к реальным жизненным условиям.

Деловая игра – это воспроизведение деятельности хозяйственных руководителей и кадров управления, игровое моделирование систем управления.

Деловые игры в отличие от других методов обучения позволяют наиболее полно воспроизводить деятельность руководителей и специалистов, выявить проблемы и причины появления, разрабатывать и оценивать варианты решения проблем, принимать решение и определять механизм его реализации. Это дает возможность рассматривать проблему не вообще, а как конкретную, вытекающую из хозяйственной деятельности конкретного предприятия (организации).

Одним из видов деловой игры является ролевые игры.

Ролевая игра – это метод, при котором участники игры с помощью проигрывания определенных ролей в свободной от риска ситуации обнаруживают свои значимые черты поведения в профессиональной ситуации, а также самостоятельно критически анализируют их, формируют и развивают. Роли, могут быть: директор, руководитель проекта, отдела, специалист и т.д.

Типичными техниками ролевых игр являются:

- самостоятельное (в пределах темы) конструирование ситуации;
- определение участниками общего количества ратей и их персональное распределение;
- обмен ролями в ходе игры;
- использование дублирования при отработке ролей;

Методические рекомендации

На первом этапе следует ознакомиться с целью игры и необходимой исходной информацией. Студенты самостоятельно выбирают определенную проблему или конкретную ситуацию и по желанию формируют команды таким образом, чтобы это была творческая группа.

Второй этап – самостоятельная работа студентов в командах. Здесь активно используется практический опыт каждого участника, уточняются позиции и вырабатываются обобщающие выводы или решения. При коллективном обсуждении в командах необходимо, чтобы свою точку зрения имел возможность высказать каждый участник. Коллективное обсуждение проблемы позволяет выявить разные подходы к решению одной и той же проблемы или задачи. Очень важно использование принципа консенсуса, т.е. единогласное принятие общих решений, но не путем голосования, а на основе предварительного согласия. Однако это не означает, что кто-либо из участников и в этом случае не может выйти на коллективное обсуждение в общей группе со своей точкой зрения.

Третий этап – дискуссия в группе. Каждая команда докладывает свой вариант разрешения рассматриваемой проблемы. Участники других команд выступают в качестве оппонентов, задают вопросы, выступают с критическими замечаниями или в поддержку предоставленного проекта.

Возможны случаи, когда участники не формируются в команды, а распределяются по определенным ролям. В этих играх для решения проблемы прежде всего определяется состав действующих лиц и устанавливаются их задачи. Дискуссия идет с учетом определенных ролей.

Для преодоления скованности участников, облегчения их вживания в роль и естественности их поведения желательна минимизация вмешательства руководителя в процесс игры. Функции руководителя сводятся главным образом к ознакомлению участников с условиями, целями и техниками игры, обеспечению ее нормального протекания, общему контролю за ее процессом и оказанию в случае необходимости методической помощи в достижении игровых целей, а также к

общему подведению итогов, включающему, если это целесообразно, индивидуальные советы и рекомендации ее участникам.

Ходе проведения ролевых и деловых игр практически не отличается от рассмотренных ранее. Разница в том, что в первом случае выступают представитель команды, а во втором участник деловой игры действует в рамках ролевой должности.

На практических занятиях, проходящих в форме деловой игры, ее участники должны приобрести необходимые знания и практические навыки:

– по постановке стратегических и оперативных целей работы организации;

– выработке экономических решений и оценки влияния факторов внешней и внутренней среды на реализацию этих решений;

– освоению и отработки навыков коллективного генерирования идей, делового общения при выработке групповых решений;

– выявление различных точек зрения на экономическую проблему

На предприятиях ролевые игры наиболее часто используются для обучения руководителей правильному ведению собеседования, распределению заданий, обеспечению поддержки сотрудниками коллективного задания, руководству командой и т.д. С их помощью сотрудники повышают свои знания и умения в области принятия самостоятельных решений, своевременного просчитывания их последствий, развития делового общения и т.п. Ролевые игры особенно эффективны при карьерном обучении, когда сотрудник проигрывает комплекс функций, вытекающих из его будущих должностных обязанностей.

Базирование ролевых игр на повседневных, личностно значимых ситуациях обеспечивает высокую ангажированность, вовлеченность их участников. Это в свою очередь облегчает личностное принятие вырабатываемых образцов поведения, идентификацию решений и рекомендаций, перенос отработанных в игре образцов поведения в повседневные практические отношения.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и

делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая

часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;

- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368 с.

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

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

О. В. Садырева, И. Г. Коршунов

Ф И З И К А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург

2020

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:

- Внимательно прочитать условие задачи.
- Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
- Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
- Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
- Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
- Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
- Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
- После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
- Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S = 800 + 8t - 0{,}5\,t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/^{2} , при спуске с ускорением 9,8 м/с^2.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.

13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.

14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/^{2}, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.

15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.

16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой $8с^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.

23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.

2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2 H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-расходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно 10^5 Па, а начальная температура 17° С?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, γ=1,4?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до 10^{-15} мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана CH_4 до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода CO, принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°C до 100° C надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° C, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° C до 2000° C. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° C. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° C. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?

48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.

49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.

50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 $см^2$?

51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.

52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ($\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?

54. Цена деления прибора $1,5 \cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?

55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре 30^0 С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 $мм^2$, $\rho = 0{,}017$(Ом· $мм^2$ /м), $\alpha = 0{,}0044$ град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли,
если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника
0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 $мин^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 $мин^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 $мин^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 $с^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3\cdot 10^3$ кг/м^3.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени 10^{-4} с. Скорость волны $5\cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см^2 и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см^2.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5\cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью 75 см^2 каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 м^2 и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos10^4\pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете (λ =600 нм).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет (λ=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз
уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт. Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно $2,2 \cdot 10^{-7}$ $Н/м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$ за одну секунду?

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна $1,097 \cdot 107 м^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$кг, масса протона $1,67 \cdot 10^{-27кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью $6 \cdot 10^6$м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения (λмин =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2).
Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
147. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса L_Z орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l*
с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.
158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра $_7N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. ($m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра $_6C^{12}$, если известно, что $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\ _{12}C^6 = 12{,}00000$ а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. ($m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_8O^{16}$, если $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.;
$m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\ _8O^{16} = 1\ 5{,}99491$ а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если $m\ _{11}Na^{23} = 22{,}98977$а.е.м.; $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что $m\ _3Li^7 = 7{,}01601$ а.е.м.; $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: m $_5B^{11}$ = 11,00931 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977 а.е.м.; m $_{11}Na^{22}$ = 21,99444 а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1H^1$). m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 15,99491 а.е.м.; m $_7N^{15}$ = 15,00011 а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если m $_{13}Al^{27}$ =2 6,98154 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_{15}P^{30}$= 29,97263 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.

172.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $1H^2 + {}_1H3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$, если m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_1H^3$ =3,01605 а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. (m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.; m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$. (m $_7N^1$ ^{4}= 14,00307а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м ; m $_6C^{14}$= 14,00324 а.е.м.; m $_1H^1$= 1,00783 а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$. (m $_3Li^6$ = 6,01513 а.е.м.; m $_1H^2$= 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ =4 ,00260 а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: m $_6C^{14}$ = 14,00324 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.; m $_6C^{13}6$ = 13,00335а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.(m $_6C^{12}$= 12,00000 а.е.м.; m $_2He^4$= 4,00260 а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^4$. ($m\ {}_{20}Ca^{4\,4}$= 43,95549 а.е.м.; $m\ {}_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ {}_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ {}_{19}K^{41}$= 40,96184 а.е.м.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

8.1 Основная литература

.

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

Дополнительная литература

1. И..Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/48021.html -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30092.html - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45392.html - ЭБС «IPRbooks».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$3.00 \cdot 10^{8}$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	*1а.е.м.*	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	e	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	h $\hbar$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с $1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка			Множитель	Приставка			Множитель
Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	10^{18}	деци	д	d	10^{-1}
пэта	П	P	10^{15}	санти	с	c	10^{-2}
тера	Т	T	10^{12}	милли	м	m	10^{-3}
гига	Г	G	10^{9}	микро	мк	μ	10^{-6}
мега	М	M	10^{6}	нано	н	n	10^{-9}
кило	к	k	10^{3}	пико	п	p	10^{-12}
Гекто	г	h	10^{2}	фемто	ф	f	10^{-15}
Дека	да	da	10^{1}	атто	а	a	10^{-18}
П р и м е ч а н и е: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)							

Приложение 3

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

Приложение 4

Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна атомная единица массы	т а.е.м.	10^3 кг $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута час сутки	мин ч сут	60 с 3600 с 86400 с
Плоский угол	градус минута секунда град	…• …′ …″ град	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад $2.91 \cdot 10^{-4}$ рад $4.85 \cdot 10^{-6}$ рад $(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	Л	10^{-3} м^3
Длина	астрономическая единица световой год парсек	а.е. св. год пк	$1.50 \cdot 10^{11}$ м $9.46 \cdot 10^{15}$ м $3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	1 м$^{-1}$
Площадь	гектар	Га	10^4 м^2
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
П р и м е ч а н и е: Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

Приложение 5

Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см^3	Твердое тело	Плотность, г/см^3
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,8◌
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7.15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

Приложение 6

Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г·/см^3	Газ (при нормальных условиях	Плотность, кг/м^3
Вода (дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Приложение 7

Удельное сопротивление ρ некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2{,}53\cdot10^{-8}$	Ртуть	$9{,}6\cdot10^{-7}$
Алюминий провод	$2{,}87\cdot10^{-8}$	Свинец	$2{,}08\cdot10^{-7}$
Бумага	10^{15}	Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Вода дистиллированная	10^{4}	Сталь литая	$1{,}3\cdot10^{-7}$
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1{,}01\cdot10^{-7}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$	Стекло	10^{11}
Графит	$3{,}9\cdot10^{-6}$	Стекло кварцевое	10^{16}
Железо чистое	$9{,}8\cdot10^{-8}$	Угольные щётки	$4\cdot10^{-5}$
Железо	$8{,}7\cdot10^{-8}$	Цинк	$5{,}9\cdot10^{-8}$
Золото	$2{,}2\cdot10^{-8}$	Чугун серый	$1\cdot10^{-6}$
Константан	$5\cdot10^{-7}$	Никель	$8{,}7\cdot10^{-8}$
Масло парафиновое	10^{14}	Нихром	$1{,}12\cdot10^{-6}$
Магний	$4{,}4\cdot10^{-8}$	Олово	$1{,}2\cdot10^{-7}$
Манганин	$4{,}3\cdot10^{-7}$	Платина	$1{,}07\cdot10^{-7}$
Медь	$1{,}72\cdot10^{-8}$	Медь провод	$1{,}78\cdot10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
A, α	Альфа	N, ν	ню
B, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	O, o	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
E, ε	Эпсилон	P, ρ	ро
Z, ς	Дзета	Σ, σ	сигма
H, η	Эта	T, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Y, υ	ипсилон
J, i	Иота	Φ, φ	фи
K, κ	Каппа	X, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
M, μ	Ми	Ω, ω	омега

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. А. Зайцева

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей

Екатеринбург
2020

З17

Рецензент: Т. И. Красненко, д-р химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Зайцева Н. А.
З17 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей / Н. А. Зайцева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 35 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о качественных реакциях в неорганической химии. Пособие содержит необходимые сведения для выполнения лабораторных работ по качественному анализу катионов и решения задач.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., 2017

© Уральский государственный горный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH^{4+} (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом.** При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от *pH*-среды.

2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.

3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	$A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

$^*As^{3+}$ и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+}.

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с

осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание $KMnO_4$? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительный свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe $(C_4H_7O_2N_2)_2$].

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+}, и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+}.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком Fe $(OH)_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeCl_3$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для $FeCl_3$ и $FeSO_4$, определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}**, выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции*.

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

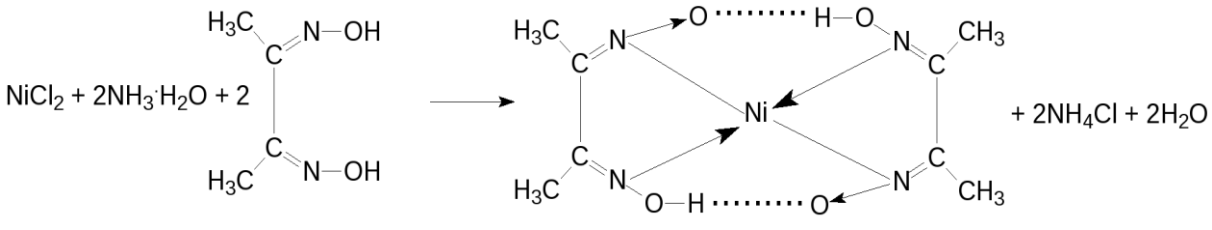
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $C_4H_8N_2O_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе. Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+}с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN, при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+}, открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, Cr^{3+}** и **Zn^{2+}**, научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: *pH*-среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением *pH* водного раствора. Значение *pH* можно контролировать с помощью индикаторов или прибора *pH*-метра. Для поддержания нужного значения *pH* при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение *pH* при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

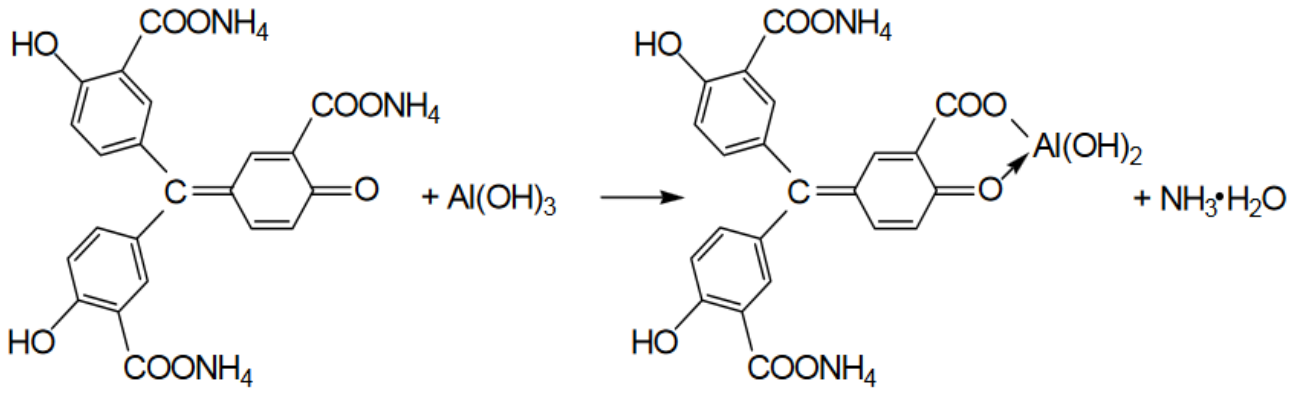
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9$ $(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

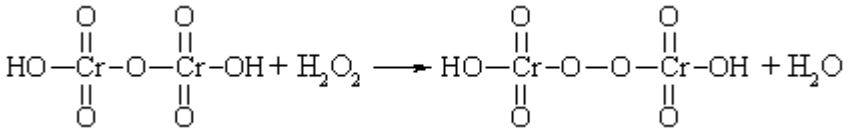
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2, ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6. Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.

3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+, Hg^{2+} и Pb^{2+}, после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH. При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2, йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?

2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.

3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов $AgNO_3$ и KI, если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) =$8{,}3 \cdot 10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «собрция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	**Раствор может быть окрашенным**
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсуствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl $Co(OH)_2$	В пробирке был $CoCl_2$
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2, а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделение бурого газа и образование чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……..…...3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА.....6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ…….……9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} И Cu^{2+}…….....…….……10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}…….…..…15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ……..…..…..…19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ…….…….....23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»……...…….…..26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….…….……...34

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО КУРСУ «ХИМИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВСЕХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ЧАСТЬ 1

Составили: Н.Б. Смирнова, доц., канд. хим.наук

В.М. Сахарова, доц., канд. техн. наук

2020

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение ……..….. 4
Общие правила работы в химической лаборатории ……..…… 7
Правила техники безопасности при работе с химическими реактивами ……. 7
Оказание первой медицинской помощи ……. 8
Оформление лабораторного журнала ……. 8
1. Периодичность изменения свойств оксидов и гидроксидов …….. 9
1.1. Экспериментальная часть ……. 11
1.2. Контрольные вопросы и задания ……. 12
2. Химическая кинетика …… 14
2.1. Экспериментальная часть …….. 16
2.2. Контрольные вопросы и задания …….. 18
3. Химическое равновесие …… 19
3.1. Экспериментальная часть ……. 20
3.2. Контрольные вопросы и задания ……. 21
4. Ионные равновесия в растворах электролитов ……..… 23
4.1. Экспериментальная часть …… 25
4.2. Контрольные вопросы и задания …… 26
5. Реакции ионного обмена …… 27
5.1. Экспериментальная часть …… 29
5.2. Контрольные вопросы и задания …… 31
6. Гидролиз солей …… 32
6.1. Экспериментальная часть …… 34
6.2. Контрольные вопросы и задания …… 35
Список литературы ……. 37

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распыление угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

а) простые вещества (металлы, неметаллы),

б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,

в) соли кислородержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической н о м е н к л а т у р ы - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидрогениум - водород, оксигениум - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, J, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят их одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O_3 - трикислород, P_4 - тетрафосфор, S_8 - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных вещество на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например, PCl_3.

Названия сложных веществ составляются по их химических формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например: PCl_3 - трихлорид фосфора, CO - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчивается на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллат, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арседид, арсенат	Ni - николат
Au – аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg – меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например, P_4O_{10} - декаоксид тетрафосфора, V_2O_5 - оксид ванадия (V), $Bi(OH)_3$ - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии [1]. Названия кислотных остатков используют построении названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$Ca(H_2PO_4)_2$ - дигидрофосфат кальция

$KHSO_4$ - гидросульфат калия

$FeOH(NO_3)_2$ - гидроксонитрат железа (III)

$(CaOH)_2SO_4$ - гидроксосульфат кобальта (II)

$Cu_2CO_3(OH)_2$ - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют д в о й н ы м и.

$KAl(SO_4)_2$ - сульфат алюминия-калия

$CaMg(CO_3)_2$ - карбонат магния-кальция

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее

место.

2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.

3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более 1/6 ее объема.

4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.

5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.

6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.

7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.

8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лаборатор-

ным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

1) название лабораторной работы,
2) названия всех проделанных опытов,
3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки (↓) и их окраска, газы (↑), изменения окраски растворов,
4) задания, указанные в методическом руководстве,
5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным породообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу OH^-. Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$SO_{3(г)} + H_2O = SO_4^{2-}(р) + 2H^+(р)$
Слабо - кислый	$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow HCO_3^-(р) + H^+(р)$
Амфотерный	$Zn(OH)_{2(к)} \Rightarrow \left\vert \begin{array}{l} \xrightarrow{H^+(р)} \quad Zn^{2+}(р) + H_2O \\ \xrightarrow{OH^-(р)} \quad [Zn(OH)_4]^{2-}(р) \end{array} \right.$
Слабо - основной	$Fe(OH)_{2(к)} \Leftrightarrow FeOH^+(р) + OH^-(р)$
Сильно - основной	$Li_2O_3 + H_2O = 2Li^+(р) + 2OH^-(р)$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному (Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}) и ионы с 18-электронным внешним слоем (Zn^{2+}, Ag^+);

3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидрооки-сей связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе OH^- невелико и OH^- выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы (KOH, NaOH), а также NH_4OH.

По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей O ― H. Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфо-

дают атмосферные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала (ΔG) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.

$2Al(OH)_{3(к)} + Na_2O_{(к)} = 2NaAlO_{2(к)} + 3H_2O$; ΔG^0_{298} = - 153 кДж/моль

$2H_3BO_{3(к)} + Na_2O_{(к)} = 2NaBO_{2(к)} + 3H_2O$; ΔG^0_{298} = - 277 кДж/моль

Увеличение отрицательного значения ΔG^0_{298} свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора H_3BO_3.

1.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного рас-

творения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроокиси свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: C, Si, Sn, Pb в главных подгруппах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот H_2SO_3 или H_2SO_4 является более сильной и как объяснить такое явление.

5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину (кДж/моль): ΔG^0_{298} NaJ = - 237.2,

ΔG^0_{298} NaBr = -347.7,

ΔG^0_{298} NaCl = -384.0,

ΔG^0_{298} NaF = -541.0.

6. $MgO_{(к)} + CO_{2(г)} = MgCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -65.1 кДж/моль

$BaO_{(к)} + CO_{2(г)} = BaCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -217.4 кДж/моль

$CaO_{(к)} + CO_{2(г)} = CaCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -131.9 кДж/моль

$SrO_{(к)} + CO_{2(г)} = SrCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -183.6 кДж/моль.

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением ΔG^0_{298} образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду H_2SO_4 - H_2SeO_4 - H_2TeO_4 ?

8. $6Na_2O_{(к)} + P_4O_{10(к)} = 4Na_3PO_{4(к)}$ ΔG^0_{298} = - 378 кДж/моль

$Na_2O_{(к)} + Al_2O_{3(к)} = 2NaAlO_{2(к)}$ ΔG^0_{298} = - 173.2 кДж/моль

$Na_2O_{(к)} + SO_{3(г)} = Na_2SO_{4(к)}$ ΔG^0_{298} = - 522.1 кДж/моль

$Na_2O_{(к)} + SiO_{2(к)} = Na_2SiO_{3(к)}$ ΔG^0_{298} = - 194.5 кДж/моль

$Na_2O_{(к)} + Cl_2I_{7(г)} = 2NaClO_{4(к)}$ ΔG^0_{298} = -587.0 кДж/моль

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями ΔG^0_{298} образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции aA + bB = cC + dД скорость выразится уравнением:

$$v = k\cdot[A]^a \cdot [B]^b \qquad \text{(для гомогенной системы)},$$

где v - скорость реакции;

[A], [B] - молярные концентрации реагирующих веществ;

k - константа скорости реакции

(при [A] = [B] = 1 моль/л, k численно равна v).

Для реакции $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$ выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k\cdot[NO]^2\cdot[O_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где v_{t_1}, v_{t_2} - скорость реакции при температурах соответственно t_1 и t_2;

γ - температурный коэффициент скорости реакции,
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые 10° скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где k - константа скорости реакции;

c - постоянная;

$E_{\text{акт}}$ - энергия активации;

R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль ·К);

T - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрастать только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + Q$. Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взры-

вов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

2.1. Экспериментальная часть.

ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = H_2SO_3 + S + Na_2SO_4$$

с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора $Na_2S_2O_3$, быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время (τ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде $v = 1/\tau$, где τ - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах $C_{Na_2S_2O_3} = v_{Na_2S_2O_3} / V_{\text{раствора}}$, где $V_{\text{раствора}}$ - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая $C_{Na_2S_2O_3}$ 50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опыта	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{Na_2S_2O_3}$	Время до появления мути, τ	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора H_2SO_4	раствора $Na_2S_2O_3$	H_2O			
1	6	6	0	3a		
2	6	4	2	2a		
3	6	2	4	a		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на a, 2a, 3a, где a - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора $Na_2S_2O_3$, а другую - 5 мл раствора H_2SO_4. Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появится помутнение.

В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на 10° выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

Повторить опыт, повысив температуру еще на 10°.

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:

$$2KI + K_2S_2O_8 = 2K_2SO_4 + I_2.$$

Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций

а) $CH_3CHO = CH_4 + CO$, в) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$,
б) $2N_2O = 2N_2 + O_2$, г) $SO_2 + 2H_2 = S + 2H_2O$.

Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций

а) $MgCO_3 = MgO + CO_2$, в) $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2CO_3$,
б) $2N_2O = 2N_2 + O_2$, г) $2Zn + O_2 = 2ZnO$.

Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:
а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;
б) увеличить давление в 2 раза.

4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогатительную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°С 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики поддерживается 0°С, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции

$$2NO + O_2 = 2NO_2,$$

если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению

$$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O,$$

концентрацию CH_3COOH увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию C_2H_5OH увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?

7. Кальцинированная сода (безводная Na_2CO_3) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре 55°С сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при 15°. Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, использующегося в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы Na_2SiO_3 загружают в воду: нагревают до 95° и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру 90° ($\gamma = 2$)?

3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во времени, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуются тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции

$$aA + bB \Leftrightarrow cC + dД \qquad \text{величина} \quad K_p = \frac{[C]^c \cdot [Д]^d}{[A]^a \cdot [B]^b},$$

называемая константой равновесия, принимает определенное значение. Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я .

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического прочеса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

3.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:

$$FeCl_3 + 3NH_4NCS \leftrightarrow Fe(NCS)_3 + 3NH_4Cl$$

Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием в нем тиоционата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов $FeCl_3$ и NH_4NCS . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора $FeCl_3$. Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов NH_4NCS (или KNCS). В третью пробирку всыпать немного твердой соли NH_4Cl (или KCl). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

Записать уравнение химической реакции и выражение для константы

равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. $FeCl_3$ 2. NH_4NCS 3. NH_4Cl	более интенсивная ……... ……	вправо …… …….

3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:

$2H_2S + 3O_2 \leftrightarrow 2SO_2 + 2H_2O$, $K = 3 \cdot 10^5$;

$2CH_4 + 3O_2 + 2NH_3 \leftrightarrow 2HCN + 6H_2O$, $K = 1$;

$4NH_3 + 5O_2 \leftrightarrow 4NO + 6H_2O$, $K = 0.008$;

$H_2 + Cl_2 \leftrightarrow 2HCl$, $K = 24.3$.

По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:

$Si_{(к)} + 2H2O_{(г)} \leftrightarrow SiO_{2(к)} + 2H_{2(г)}$;

$Mg_3N_{2(к)} + 6H_2O_{(г)} \leftrightarrow 3Mg(OH)_{2(к)} + 2NH_{3(г)}$;

$CS_{2(г)} + 2Cl_{2(г)} \leftrightarrow CCl_{4(г)} + 2S_{(к)}$;

$2NO_{2(г)} + 2S_{(к)} \leftrightarrow N_{2(г)} + 2SO_{2(г)}$;

$10NO_{(г)} + P_{4(г)} \leftrightarrow 5N_{2(г)} + P_4O_{10(к)}$;

$TiO_{2(к)} + 2C_{(к)} + 2Cl_{2(г)} \leftrightarrow TiCl_{4(г)} + 2CO_{(г)}$.

На основании закона действующих масс составьте выражения для

констант равновесия.

3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление CO_2 в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что CO_2 поглощается океаном:
$CO_{2(г)} + H_2O_{(ж)} \leftrightarrow H_2CO_{3(р)}$.

4. Рассчитать равновесный выход диоксида серы в реакциях окислительного обжига сульфидных минералов - пирита, молебденита, пирротина, если в состоянии равновесия количество SO_2 равно 0.4 моль, а начальный объем O_2 составлял 33.6 л (н.у.):

$4FeS_{2(к)} + 11O_{2(г)} \leftrightarrow 2Fe_2O_{3(к)} + 8SO_{2(г)}$;
пирит

$2MoS_{2(к)} + 7O_{2(г)} \leftrightarrow 2MoO_{3(к)} + 4SO_{2(г)}$;
молибденит

$4FeS_{(к)} + 7O_{2(г)} \leftrightarrow 2Fe_2O_{3(к)} + 4SO_{2(г)}$.
пирротин

5. Равновесный процесс, протекающий в подземных пещерах при образовании сталактитов и сталагмитов, можно описать уравнением

$$Ca^{2+}_{(р)} + 2\,HCO_3^-{}_{(р)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + H_2O_{(ж)} + CO_{2(г)}.$$

Напишите выражение для константы равновесия этого процесса. Укажите, в какую сторону сдвигается равновесие а) при улетучивании CO_2, б) испарении воды, в) увлажнении атмосферы в пещерах.

6. Состояние равновесия реакции окисления сфалерита

$$2ZnS_{(к)} + 3O_{2(г)} \leftrightarrow 2ZnO_{(к)} + 2SO_{2(г)}$$

установилось при равновесной концентрации диоксида серы, равной 0.25 моль/л. Рассчитать исходную концентрацию кислорода.

7. В герметически закрытом сосуде объемом 0.25 л проводят реакцию восстановления антимонита

$$Sb_2S_{3(к)} + 3CO_{(г)} \leftrightarrow 2Sb_{(к)} + 3COS_{(г)}.$$

Равновесная концентрация каждого газообразного вещества равна 0.3 моль/л. Для смещения равновесия добавляют 0.1 моль CO. Определить новые равновесные концентрации CO и COS.

8. Определить, влево или вправо сместится положение равновесия

реакций

$Fe_2O_3(к) + 3CO(г) \leftrightarrow 2Fe(к) + 3CO_2(г)$, $\Delta H° > 0$;
гематит

$3CaCO_3(к) + 3SiO_2(к) \leftrightarrow 3CO_2(г) + Ca_3Si_3O_9(к)$, $\Delta H° < 0$,
волластонит

$Cu_2CO_3(OH)_2(к) \leftrightarrow 2CuO(к) + CO_2(г) = H_2O(г)$, $\Delta H° > 0$;
малахит

$2Mg_2SiO_4(к) + 2H_2O(ж) + CO_2(г) \leftrightarrow Mg_3(OH)_4Si_2O_5(к) + MgCO_3(к)$, $\Delta H° < 0$
форстерит серпентин магнезит

при следующих воздействиях: а) введение избытка диоксида углерода, б) нагревание, в) увеличение давления.

9. На некоторых предприятиях систематически из труб в атмосферу выбрасываются оксиды азота, что можно наблюдать как газ красно-желтого цвета (лисий хвост). Объяснить причину различной интенсивности окраски этого газа в зависимости от времени года (лето, зима), если известно, что NO_2 - бурый газ при -11°С превращается в димер N_2O_4 - бесцветные кристаллы, а при обычных условиях существует смесь NO_2 и N_2O_4

$$2\ NO_2 \leftrightarrow N_2O_4.$$

Укажите знак при ΔH в этом уравнении.

4. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение смещения ионного равновесия в водных растворах.

Э л е к т р о л и т а м и называют вещества, диссоциирующие в растворах (или расплавах) на и о н ы и способные проводить электрический ток. Распад вещества на ионы называется электролитической диссоциацией. Перенос тока в растворах (и расплавах) электролитов осуществляется положительными и отрицательными ионами, которые называются катионами и анионами. К электролитам относятся соли, кислоты и основания.

Для количественной характеристики электролитической диссоциации используется степень диссоциации α - доля моля электролита, существующая в растворе в виде ионов:

$$\alpha = C/C_0,$$

где C - концентрация молекул, распавшихся на ионы, моль/л;

C_0 - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на сильные и слабые. К сильным относятся те электролиты, α - степень диссоциации которых равна единица, т.е. $C = C_0$. Распад на ионы сильных электролитов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.

$$HNO_3 = H^+ + NO_3^-; \quad NaCl = Na^+ + Cl^-.$$

К сильным электролитам относятся практически все соли, гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (например, HCl, HNO_3, H_2SO_4, HBr, HI, $HClO_4$)

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ($C < C_0$). Их ионизация протекает обратимо:

$$CH_3COOH \Leftrightarrow CH_3COO^- + H^+; \qquad H_2CO_3 \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^-.$$

Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{CH_3COOH} = \frac{C_{CH_3COO^-} \cdot C_{H^+}}{C_{CH_3COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{H_2CO_3} = \frac{C_{H^+} \cdot C_{HCO_3^-}}{C_{H_2CO_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать $K = \alpha^2 \cdot C_0$, откуда следует, что α возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул H_2O содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л } (25^\circ \text{ C}).$$

Содержание протонов и гидрокид-ионов выражают также через водород-

ный показатель pH = 1g [H^+]. При pH = 7 среду водного раствора называют нейтральной, при pH < 7 - кислотной и при pH > 7 - щелочной.

Каковы пределы значений pH в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют pH около 2, а воды окисляющихся месторождений самородной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют pH 1-3, торфяных болот около 4, буроугольных месторождений около 5, pH дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют pH 6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных реками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах pH достигает 9-10.

4.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется $CaCO_3$ во взятых кислотах.

$$CaCO_3\downarrow + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O + CO_2\uparrow.$$

Интенсивность выделения CO_2 при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе HCl больше, чем в растворе CH_3COOH, если $K_{CH_3COOH} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился pH раствора? Объясните изменение pH, применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации CH_3COOH

ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации NH_4OH, принципа Ле Шателье и константы диссоциации NH_4OH.

ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты H_2SO_3? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.
2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?
3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере $NaHCO_3$ укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.
4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.
5. В практике флотации используются процессы с низкими и высо-

кими значениями pH флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с pH 0, -1, -2, 14, 15, 16?

6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, pH которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет pH = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию OH^- ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными? K_{CH_3COOH} $1.8 \cdot 10^{-5}$.

10. Для оценки pH раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:

$$H_2S = 2H^+ + S^{2-}; \quad S^{2-} + H_2O \leftrightarrow HS^- + OH^-.$$

Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих углекислоту, образую гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие $Ca(HCO_3)_2$, реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:

$$2Ca(HCO_3)_2 + MgCl_2 + Na_2SO_4 = \underset{\text{гипс}}{CaSO_4} + \underset{\text{доломит}}{CaMg(CO_3)_2} + 2NaCl + 2H_2CO_3.$$

Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных по-

род, могут образовывать содовые озера.

$$Ca(HCO_3)_2 + NaSO_4 = CaSO_4\downarrow + NaHCO_3.$$

Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит

$$CaO\cdot Al_2O_3\cdot 2SiO_2 + 2H_2O + CO_2 = Al_2O_3\cdot 2SiO_2\cdot 2H_2O + CaCO_3.$$

В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-}, происходит доломитизация известняков

$$2CaCO_3 + MgSO_4 = CaMg(CO_3)_2 + CaSO_4.$$

Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.

$$Fe(HCO_3)_2 + 2NaOH = FeCO_3\downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O;$$

$$Fe^{2+} + 2\,HCO_3^- + 2OH^- = FeCO_3\downarrow + CO_3^{2-} + 2H_2O;$$

$$ZnSO_4 + 4NaOH = Na_2ZnO_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O;$$

$$Zn^{2+} + 4OH^- = ZnO_2^{2-} + 2H_2O;$$

$NaSiO_3 + 2CO_2 + 2H_2O = H_2SiO_3\downarrow + 2\,NaHCO_3$;

$SiO_2^{2-} + 2CO_2 + 2H_2O = H_2SiO_3\downarrow + 2\,HCO_3^-$;

$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$;

$NH_4OH + H^+ = NH_4Cl + H_2O$.

5.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди $(CuOH)_2SO_4$. Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду $Ca(OH)_2$, через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки CO_2 до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли $Ca(HCO_3)_2$. Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделать вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горящей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах SO_2 , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

5.2. Контрольные вопросы и задания

1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

а) стронцианит $SrCO_3$ переводят в водный раствор насыщением CO_2 суспензии минерала в воде;

б) сассолин $B(OH)_3$ обрабатывают избытком раствора едкого натра;

в) гиббсит $Al(OH)_3$ хорошо растворяется известковом молоке;

г) азурит $Cu(OH)_2 \cdot 2CuCO_3$ обрабатывают хлороводородной кислотой;

д) гетит Fe_2O_3 хорошо растворяется в серной кислоте;

е) гемиморфит $Zn(OH)_2 \cdot Zn_3Si_2O_7$ нагревают в растворе гидроксида натрия;

ж) брусит $Mg(OH)_2$ разлагается раствором серной кислоты;

з) борнит $FeS \cdot CuS \cdot 2Cu_2S$ обрабатывают соляной кислотой.

2. При смещении водных растворов одного из следующих веществ: NaOH, KOH, CsOH концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором HCl, HBr, HNO_3, $HClO_4$ выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объема 1М растворов КОН обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция

$$Na_2CO_{3(р)} + Ca(OH)_{2(к)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + 2NaOH_{(р)}$$

обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:

$$MnCO_{3(к)} + CaCl_{2(р)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + MnCl_{2(р)}.$$

Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии $Ca(OH)_2$? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит $CaCO_3$ растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г NaOH. Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксида натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь $Ca(OH)_2$ используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды .Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия KCl, нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой (NaCl, $LiNO_3$, CsBr и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами (NH_4Cl, $CuSO_4$, $Zn(NO_3)_2$ и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями (Na_2S, KCN, $BaCO_3$ и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами (NH_4CH_3COO и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны (Fe^{3+}, Cu^{2+}, CO_3^{2-}, SiO_3^{2-} и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая ступень гидролиза). Например, соль $FeCl_3$, образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:

$$Fe^{3+} + HOH \leftrightarrow FeOH^{2+} + H^+$$

Или в молекулярной форме:

$$FeCl_3 + HOH \leftrightarrow FeOHCl_2 + HCl.$$

В результате гидролиза соли $FeCl_3$ появляется избыток катионов H^+ и раствор приобретает кислую реакцию, pH < 7.

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли Na_2CO_3 в ионном виде:

$$CO_3^{2-} + HOH \leftrightarrow HCO_3^- + OH^-$$

И в молекулярной форме:

$$Na_2CO_3 + HOH \leftrightarrow NaHCO_3 + NaOH.\uparrow$$

Избыток анионов OH^- придает раствору щелочную реакцию, pH > 7.

Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):

$$Fe_2(CO_3)_3 + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2CO_3;$$

$$2Fe^{3+} + 3CO_3^{2-} + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2CO_3 \begin{cases} \nearrow 3CO_2\uparrow \\ \searrow 3H_2O \end{cases}$$

т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость $(CuOH)_2CO_3$ меньше, чем $Cu(OH)_2$,

поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит

$$2CuSO_4 + 2CaCO_3 + H_2O \leftrightarrow (CuOH)_2CO_3 + CaSO_4 + CO_2,$$

В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число Mg^{2+} равно шести

$$Mg^{2+} + 6H_2O = [Mg(H_2O)_6]^{2+} \Leftrightarrow [Mg(H_2O)_5OH]^+ + H^+;$$

$$MgCl_2 + 6H_2O \Leftrightarrow [Mg(H_2O)_5OH]Cl + HCl\ .$$

Ионы Bi^{3+}, Sb^{3+}, Ti^{4+}, V^{4+} обладают настолько сильным поляризующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы BiO^+ висмутил, SbO^+ антимонид, TiO^{2+} титанил, VO^{2+} ванадил.

$$SbCl_3 + HOH \Leftrightarrow SbOCl + 2HCl.$$

6.1. Экспериментальная часть

О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лакмуса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором Na_2SO_4.

О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.

Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза а пробирке с раствором NaCl.

О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута $Bi(NO_3)_3$ и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора. Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль $BiONO_3$.

В пробирку с осадком $BiONO_3$ прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия CH_3COONa прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратить внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ прилить такой же объем раствора карбоната натрия Na_2CO_3. Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогатительных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса $FeSO_4$. Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до $pH \leq 9$ работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при $pH > 10$.

2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалент-

ных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

а) $NH_4OH + HCl$, б) $NH_4OH + CH_3COOH$, в) $NaOH + HCl$,

г) $NaOH + CH_3COOH$?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный $Al(OH)_3$ обволакивает коллоидные частицы примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование $Al(OH)_3$ и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если

$$ZnS_{(к)} + 2O_{2(г)} + 7H_2O_{(ж)} = ZnSO_4 \cdot 7H_2O_{(р)}.$$

ΔG^0_{298}, кДж/моль	-201	-237	-2564

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и лимонита $Fe(OH)_3$. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора $NaHCO_3$ реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок $Fe(OH)_3$. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

И. А. Низова, Н. А. Зайцева

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие для студентов о факультета Геологии и геофизики

Екатеринбург

2020

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

И. А. Низова, Н. А. Зайцева

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие для студентов

ФАКУЛЬТЕТА ФГИГ

Издание УГГУ Екатеринбург, 2020

Рецензент: Г. Л. Левит, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института органического синтеза УрО РАН

Низова И.А., Зайцева Н.А.

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ», часть II. Окислительно-восстановительные процессы: учебное пособие / И.А. Низова, Н.А. Зайцева – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2020. – 30 с.

В учебном пособии изложены краткие сведения об окислительно восстановительных процессах и основных приемах составления уравнений окислительно-восстановительных реакций. Пособие содержит 20 вариантов заданий для внеаудиторной самостоятельной работы по каждой теме.

Для студентов горно-технологического факультета.

© Низова И.А., Зайцева Н.А. ©
Уральский государственный
горный университет

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Степени окисления элементов. Окислители и восстановители…….……6

2. Классификация окислительно-восстановительных реакций…….…….8

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса……..10

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций)…….13

5. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций…….…22

Список литературы……..20

Окислительно-восстановительными реакциями (ОВР) называют реакции, протекающие с изменением степени окисления элементов.

1. Степени окисления элементов. Окислители и восстановители.

Степень окисления – условный заряд атома, рассчитанный из предположения, что все связи в соединении ионные.

Правила вычисления степени окисления:

1. Сумма степеней окисления всех атомов, входящих в молекулу равно нулю, а всех атомов, составляющих сложный ион – заряду иона.

2. Степень окисления атома в простом веществе равна нулю.

3. Некоторые элементы имеют в соединениях постоянную степень окисления:

Фтор – только –1

Щелочные металлы (Na, K, Li, Rb, Cs) – только +1

Щелочноземельные металлы (Ca, Sr, Ba), Zn, Mg, Be - только +2

Алюминий – только +3.

4. Водород почти во всех соединениях имеет степень окисления +1. Исключение составляют гидриды металлов (NaH, CaH_2 и др.), где степень окисления водорода отрицательна (–1). Кислород почти во всех соединениях имеет степень окисления –2. Исключение составляют фторид кислорода OF_2, (степень окисления кислорода +1) и пероксиды H_2O_2, Na_2O_2 и т.д. (степень окисления кислорода –1).

5. Максимальная положительная степень окисления элемента обычно совпадает с номером его группы в периодической системе. Максимальная отрицательная степень окисления элемента равна максимальной положительной степени окисления минус восемь. Исключение составляют фтор, кислород, железо: их высшая степень окисления выражается числом, значение которого ниже, чем номер группы, к которой они относятся. У элементов подгруппы меди, наоборот, высшая степень окисления больше единицы, хотя они и относятся к I группе.

Во время ОВР происходит обмен электронами: окислитель присоединяет электроны (сам при этом восстанавливается), восстановитель отдает электроны

(сам при этом окисляется). Окисление всегда сопровождается восстановлением и наоборот. Число электронов, отдаваемых восстановителем, всегда равно числу электронов, принимаемых окислителем.

Важнейшими окислителями и восстановителями могут быть как простые, так и сложные вещества. Так как окислитель содержит в своем составе элемент, понижающий степень окисления, а восстановитель содержит элемент, степень окисления которого повышается в ходе реакции, окислителями могут быть прежде всего соединения высших ступеней окисления, а восстановителями - низших степеней окисления, присущих данному элементу.

Из простых веществ сильными окислителями являются неметаллы верхней части VI и VII групп периодической системы, за счёт высокой электроотрицательности их атомов. Сильнее всего окислительные свойства выражены у фтора F_2, но в практике чаще пользуются в качестве окислителей кислородом O_2, озоном O_3, хлором Cl_2 и бромом Br_2. К простым веществам – восстановителям относятся водород H_2, углерод C и металлы, из которых на практике чаще применяют алюминий, магний, натрий и цинк.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие окислители: перманганат калия $KMnO_4$; дихромат калия $K_2Cr_2O_7$; растворы азотной кислоты HNO_3 различных концентраций; концентрированная серная кислота H_2SO_4; пероксид (перекись) водорода; оксиды марганца (IV) MnO_2, и свинца (IV) PbO_2; смесь концентрированных азотной и соляной кислот (1:3, «царская водка), хлорная кислота $HClO_4$.

Из сложных веществ в лабораторной практике наиболее часто используются следующие восстановители: иодид калия KI; сульфит натрия Na_2SO_3; сульфид натрия Na_2S и сероводород H_2S; хлорид олова $SnCl_2$, монооксид углерода (угарный газ) аммиак NH_3.

Некоторые из этих веществ проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства в зависимости от ОВР: CO, H_2O_2, MnO_2, так как содержат элемент в промежуточной степени окисления.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Определите степени окисления всех элементов, входящих в состав следующих веществ:

Номер варианта	Вещества	Номер варианта	Вещества
1	MnO_2, CH_4, Cl_2, $KMnO_4$	11	HF, Zn, H_3PO_4, NH_4Cl
2	H_2O_2, H_2SO_4, I_2, $K_2Cr_2O_7$	12	H_2SO_3, NaH_2SbO_3, Au, $ZnCl_2$
3	NaH, F_2, K_2HPO_4, N_2H_4	13	NH_4HS, P, C_6H_6, $Ba(ClO_4)_2$
4	OF_2, C_2H_6, O_2, K_2MnO_4	14	$NaNO_2$, $Ca(HS)_2$, Ag, PH_3
5	CaH_2, C_2H_4, Br_2, $Fe_2(SO_4)_3$	15	$BaCO_3$, AsH_3, Ca, Na_3SbO_4
6	PbO_2, C_2H_2, O_3, $MnOHNO_3$	16	HNO_3, Xe, $KClO_4$, NH_4OH
7	Na_2O_2, N_2, H_2O, K_2SiO_3	17	$Sn(OH)_2$, $CuCl_2$, K_2S, Mn
8	H_2S, Mg, Na_3SbO_3, $Cr(OH)_3$	18	Al_2S_3, Na_2SO_3, $NaClO$, Se
9	Na_2S, NH_3, H_2, $KHCO_3$	19	$NaClO_2$, Al_4C_3, He, $Bi(NO_3)_3$,
10	AlP, CO, HCl, NH_4NO_3	20	$NaHSO_3$, Si, Na_3AsO_3, $Cr(OH)_3$

2. В каких из перечисленных соединений хлор может проявлять только окислительные свойства: $NaCl$, $NaClO$, HCl, $KClO_3$, $NaClO_4$, Cl_2O_7, $HClO_2$?

3. В каких из перечисленных соединений азот может проявлять только восстановительные свойства: $NaNO_2$, NO, N_2O_3, N_2H_4, N_2O, HNO_3, N_2O_5, NH_4NO_3, NH_3, NH_4Cl?

4. В каких из перечисленных соединений сера может быть как окислителем, так и восстановителем: H_2SO_4, $Ca(HS)_2$, H_2S, Na_2SO_3, Na_2S, SO_2, $Na_2S_2O_3$, SO_3, SO?

2. Классификация окислительно–восстановительных реакций

Окислительно-восстановительные реакции обычно разделяют на три типа: межмолекулярные, внутримолекулярные и реакции диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления). Иногда в эту классификацию добавляют четрветрый тип – реакции конпропорционирования.

1) Межмолекулярные реакции протекают с изменением степени окисления атомов, которые находятся в различных молекулах. Например:

$$2\ Al + Fe_2O_3 \xrightarrow{t^o} Al_2O_3 + 2\ Fe,$$

$$C + 4\ HNO_{3(конц)} = CO_2 \uparrow + 4\ NO_2 \uparrow + 2\ H_2O.$$

2) К внутримолекулярным реакциям относятся такие реакции, в которых окислитель и восстановитель входят в состав одной и той же молекулы, например:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^o} 2CuO + 4NO_2 + O_2\uparrow$$

$$2\ KNO_3 \xrightarrow{t^o} 2\ KNO_2 + O_2\uparrow.$$

3) В реакциях диспропорционирования (самоокисления-самовосстановления) один и тот же элемент является и окислителем, и восстановителем:

$$Cl_2 + 2\ KOH \xrightarrow{\text{на холоду}} KCl + KClO + H_2O,$$

$$2\ NO_2 + 2\ NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O.$$

4) В реакциях конпропорционирования один и тот же химический элемент, имеющий разные степени окисления, в результате приводится к единой степени окисления:

$$NH_4NO_3 \rightarrow N_2O + 2H_2O$$

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$$

Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие из перечисленных веществ могут вступать в реакции диспропорционирования: HNO_3, HNO_2, H_2SO_4, NH_4NO_3, Br_2, H_2O_2, CaH_2?

2. Приведите пример реакции межмолекулярного конпропорционирования.

3. Является ли реакция разложения перманганата калия реакцией диспропорционирования? Реакцией конпропорционирования?

$$2\ KMnO_4 \xrightarrow{t^o} K_2MnO_4 + MnO_2 + 2O_2\uparrow$$

3. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронного баланса

Для составления уравнений ОВР используются два метода: метод электронного баланса и метод полуреакций (электронно-ионного баланса). При использовании любого из этих методов прежде всего необходимо определить окислитель и восстановитель, рассчитав степени окисления всех элементов в левой и правой частях уравнения. Затем записать отдельно процесс окисления и процесс восстановления, соблюдая принцип электронного баланса: число электронов, отданных восстановителем, должно быть равно числу электронов, принятых окислителем.

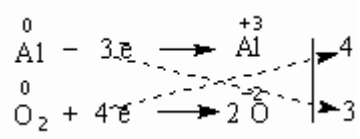
Метод электронного баланса универсален, он позволяет определить коэффициенты реакциях, протекающих как в растворах, так и без растворителя, в веществах в любых агрегатных состояниях. Он удобен для написания реакций термического разложения, взаимодействия двух простых веществ

Пример 1. $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

Определим степени окисления:

$$\overset{0}{Al} + \overset{0}{O_2} = \overset{+3\ -2}{Al_2O_3}$$

Алюминий отдает электроны (приобретает положительную степень окисления), а кислород – принимает электроны (приобретает отрицательную степень окисления). Чтобы получить степень окисления +3, атом алюминия должен отдать 3 электрона. Молекула кислорода, чтобы превратиться в кислородные атомы со степенью окисления –2, должна принять 4 электрона:



Чтобы количество отданных и принятых электронов выровнялось, первое уравнение надо умножить на 4, а второе – на 3. Для этого достаточно переместить числа отданных и принятых электронов против верхней и нижней строчки так, как показано на схеме вверху.

Если теперь в уравнении перед восстановителем (Al) мы поставим найденный нами коэффициент 4, а перед окислителем (O_2) – найденный нами коэффициент 3, то количество отданных и принятых электронов выравнивается и становится равным 12. Электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции Al_2O_3 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

Пример 2. $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2 + Cr_2O_3 + H_2O$

Определим степени окисления:

$$\overset{-3+1}{(NH_4)_2}\ \overset{+6}{Cr_2}\ \overset{-2}{O_7} = \overset{0}{N_2} + \overset{+3}{Cr_2}\overset{-2}{O_3} + \overset{+1}{H_2}\overset{-2}{O}$$

Азот отдаёт электроны, хром получает.

$$2N^{-3} - 6\bar{e} = N_2^0$$
$$2Cr^{+6} + 6\bar{e} = 2\ Cr^{+3}$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции H_2O необходим коэффициент 4. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^o} N_2\uparrow + Cr_2O_3 + 4\ H_2O$$

Пример 3. $Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + NO_2 + O_2$

Определим степени окисления:

$$\overset{+2}{Hg}\ \ \overset{+5}{(N}\ \overset{-2}{O_3)_2} = \overset{0}{Hg} + \overset{+4}{N}\overset{-2}{O_2} + \overset{0}{O_2}$$

Кислород отдаёт электроны, ртуть и азот получают, здесь вместо привычных двух участников обмена электронами их сразу три:

$$2O^{-2} - 4\bar{e} = O_2^0$$
$$2N^{+5} + 1\ \bar{e} = 2\ N^{+4}$$
$$Hg^{+2} + 2\ \bar{e} = Hg^0$$

Число электронов отданных и принятых одинаково, электронный баланс достигнут. Видно, что перед продуктом реакции NO_2 необходим коэффициент 2. Теперь уравнение окислительно-восстановительной реакции уравнено:

$$Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + 2NO_2 + O_2$$

Задания для самостоятельной работы

1. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций разложения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 + NO_2$	11	$BaO_2 \rightarrow BaO + O_2$
2	$K_2MnO_4 \rightarrow K_3MnO_4\ MnO_2 + O_2$	12	$AgNO_3 \rightarrow Ag + NO_2 + O_2$
3	$Zn(NO_3)_2 \rightarrow ZnO + NO_2 + O_2$	13	$FeSO_4 \rightarrow Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$
4	$K_2Cr_2O_7 \rightarrow O_2 + Cr_2O_3 + K_2CrO_4$	14	$KClO_4 \rightarrow KCl + O_2$
5	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	15	$CdSO_3 \rightarrow CdSO_4 + CdS$
6	$KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$	16	$HNO_3 \rightarrow H_2O + NO_2 + O_2$
7	$Fe(NO_3)_2 \rightarrow Fe_2O_3 + NO_2 + O_2$	17	$NaClO_2 \rightarrow NaClO_3 + NaCl$
8	$HNO_2 \rightarrow NO + NO_2 + H_2O$	18	$KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$
9	$Co(NO_3)_2 \rightarrow CoO + NO_2 + O_2$	19	$SnSO_4 \rightarrow SnO_2 + SO_2$
10	$LiNO_3 \rightarrow Li_2O + NO_2 + O_2$	20	$Ni(NO_3)_2 \rightarrow Ni(NO_2)_2 + O_2$

2. Расставьте коэффициенты уравнениях реакций замещения методом электронного баланса (по вариантам). Укажите окислитель и восстановитель:

Номер варианта	Схема реакции	Номер варианта	Схема реакции
1	$Fe_2O_3 + C \rightarrow CO_2 + Fe$	11	$Zn + AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Ag$
2	$KBr + Cl_2 \rightarrow KCl + Br_2$	12	$Al_2O_3 + Mg \rightarrow MgO + Al$
3	$Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow H_2O + Fe$	13	$MnO_2 + Al \rightarrow Al_2O_3 + Mn$
4	$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$	14	$H_2S + Br_2 \rightarrow S + HBr$
5	$O_2 + HI \rightarrow H_2O + I_2$	15	$CuCl_2 + Cr \rightarrow Cu + CrCl_3$
6	$Al + CuSO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Cu$	16	$Mg + SiO_2 \rightarrow MgO + Si$
7	$Ca + H_2O \rightarrow H_2 + Ca(OH)$	17	$NaI + Cl_2 \rightarrow NaCl + I_2$
8	$TiO_2 + Mg \rightarrow MgO + Ti$	18	$Na + H_2O \rightarrow H_2 + NaOH$
9	$Al + FeO \rightarrow Al_2O_3 + Fe$	19	$KClO_3 + I_2 \rightarrow KIO_3 + Cl_2$
10	$KI + Br_2 \rightarrow KBr + I_2$	20	$Al + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + H_2$

4. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций. Метод электронно - ионного баланса (метод полуреакций).

Метод полуреакций применим преимущественно для реакций в растворах, зато он позволяет определить коэффициенты не только у окислителя и восстановителя, но и вещества, определяющего среду раствора (кислота, щёлочь, вода), и более удобен для тех реакций, где участвуют органические молекулы. От метода электронного баланса он отличается тем, что окисление и восстановление записывают не для отдельных атомов, а для частиц, реально присуствующих в растворе: катионов, анионов, молекул. Сильные электролиты записываются в виде ионов, слабые электролиты, газы, нерастворимые вещества – в виде молекул. Для материального баланса по кислороду и водороду используются ионы H^+ или OH^- и молекулы воды. При использовании этого метода, кроме алгоритма составления полуреакций, необходимо придерживаться нескольких правил:

1. В кислой среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов OH^- . Уравнивание осуществляется за счет ионов H^+ и молекул воды.
2. В щелочной среде ни в левой, ни в правой части не должно быть ионов H^+. Уравнивание осуществляется за счет ионов OH^- и молекул воды.
3. В нейтральной среде ни ионов H^+, ни OH^-в левой части быть не должно. Однако в правой части среди продуктов реакции они могут появиться.

Алгоритм подбора коэффициентов в уравнениях ОВР методом ионно-электронного баланса:

1. Составить молекулярную схему реакции с указанием исходных веществ и продуктов реакции.

2. Составить полную ионно-молекулярную схему реакции, записывая слабые электролиты, малорастворимые, нерастворимые и газообразные вещества в молекулярном виде, а сильные электролиты – в ионном.

3. Исключив из ионно-молекулярной схемы ионы, не изменяющиеся в результате реакции (без учета их количества), переписать схему в кратком ионно-молекулярном виде.

4. Отметить элементы, изменяющие в результате реакции степень окисления; найти окислитель, восстановитель, продукты восстановления, окисления.

5. Составить схемы полуреакций окисления и восстановления, для этого:

а) указать восстановитель и продукт окисления, окислитель и продукт восстановления;

б) уравнять число атомов каждого элемента в левой и правой частях полуреакций (выполнить баланс по элементам) в последовательности: элемент, изменяющий степень окисления, кислород, другие элементы; при этом следует помнить, что в водных растворах в реакциях могут участвовать молекулы H_2O, ионы H^+ или OH^- в зависимости от характера среды:

Процесс	Кислая среда	Нейтральная среда	Щелочная среда
Связывание избытка кислорода	$O^{-2}+2H^+ =H_2O$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$	$O^{-2}+H_2O=2OH^-$
Восполнение недостатка кислорода	$H_2O= O^{-2}+2H^+$	$H_2O = O^{-2}+2H^+$	$2OH^-=O^{-2}+H_2O$

в) уравнять суммарное число зарядов в обеих частях полуреакций; для этого прибавить или отнять в левой части полуреакций необходимое число электронов (баланс по зарядам).

6. Найти наименьшее общее кратное (НОК) для числа отданных и полученных электронов.

7. Найти основные коэффициенты при каждой полуреакции. Для этого полученное в п.6 число (НОК) разделить на число электронов, фигурирующих в данной полуреакции.

8. Умножить полуреакции на полученные основные коэффициенты, сложить их между собой: левую часть с левой, правую – с правой (получить ионно-молекулярное уравнение реакции). При необходимости “привести подобные” ионы с учетом взаимодействия между ионами водорода и гидроксид-ионами: $H^+ + OH^- = H_2O$.

9. Расставить коэффициенты в молекулярном уравнении реакции.

10. Провести проверку по частицам, не участвующим в ОВР, исключенным из полной ионно-молекулярной схемы (п.3). При необходимости коэффициенты для них находят подбором.

11. Провести окончательную проверку по кислороду.

Пример 3. В кислой среде:

$K_2Cr_2O_7 + KJ + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + J_2 + H_2O + K_2SO_4$

3 $2J^- - 2\bar{e} = J_2$

1 $Cr_2O_7^{2-} + 6\bar{e} + 14H^+ = 2Cr^{+3} + 7H_2O$

Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$K_2Cr_2O_7 + 6KJ + 7H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 3J_2 + 7H_2O + 4K_2SO_4$

Пример 4. В щелочной среде:

$KCrO_2 + KClO_4 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KCl + H_2O$

8 $CrO_2^- - 3\bar{e} + 4OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + 2H_2O$

3 $ClO_4^- + 8\bar{e} + 4H_2O \rightarrow Cl^- + 8OH^-$

Суммарное молекулярное уравнение реакции

$8KCrO_2 + 3KClO_4 + 8KOH \rightarrow 8K_2CrO_4 + 3KCl + 4H_2O$

Пример 5. В нейтральной среде:

$KMnO_4 + MnSO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

3 $Mn - 2\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4H^+$

2 $MnO_4 + 3\bar{e} + 2H_2O = MnO_2 + 4OH^-$

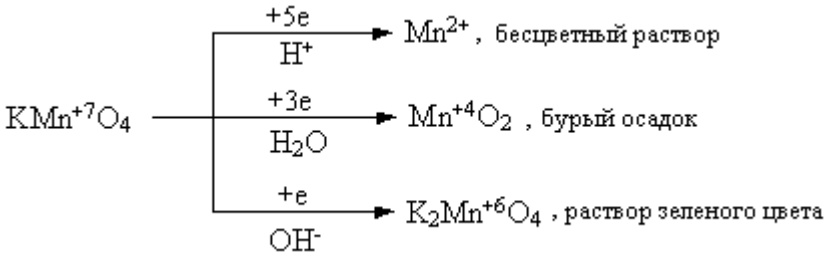
Суммарное молекулярное уравнение реакции:

$2KMnO_4 + 3MnSO_4 + 2H_2O = 5MnO_2 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

Примеры некоторых часто используемых ОВР:

1) Окислительно-восстановительные реакции с участием перманганата калия

В зависимости от среды (кислая, нейтральная, щелочная) перманганат калия, выступая в качестве окислителя, дает различные продукты восстановления:



Ниже приведены реакции $KMnO_4$ с сульфидом калия в качестве восстановителя в различных средах В этих реакциях продуктом окисления сульфид-иона является свободная сера. В щелочной среде молекулы КОН не принимают участие в реакции, а лишь определяют продукт восстановления перманганата калия.

$$5\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 8\ H_2SO_4 = 5\ S\downarrow + 2\ MnSO_4 + 6\ K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$3\ K_2S + 2\ KMnO_4 + 4\ H_2O \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 3\ S\downarrow + 8\ KOH,$$

$$K_2S + 2\ KMnO_4 \xrightarrow{-(KOH)} 2\ K_2MnO_4 + S\downarrow.$$

2) Окислительно-восстановительные реакции с участием дихромата калия

В кислой среде дихромат калия является сильным окислителем. Смесь $K_2Cr_2O_7$ и концентрированной H_2SO_4 (хромпик, хромовая смесь) широко используется в лабораторной практике в качестве окислителя. Взаимодействуя с восстановителем одна молекула дихромата калия принимает шесть электронов, образуя соединения трехвалентного хрома:

$$6\ FeSO_4 + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ Fe_2(SO_4)_3 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7\ H_2O;$$

$$6\ KI + K_2Cr_2O_7 + 7\ H_2SO_4 = 3\ I_2\downarrow + Cr_2(SO_4)_3 + 4\ K_2SO_4 + 7\ H_2O.$$

3) Окислительно-восстановительные реакции с участием пероксида водорода

Пероксид водорода и нитрит калия проявляют преимущественно окислительные свойства:

$$H_2S + H_2O_2 = S\downarrow + 2\ H_2O,$$

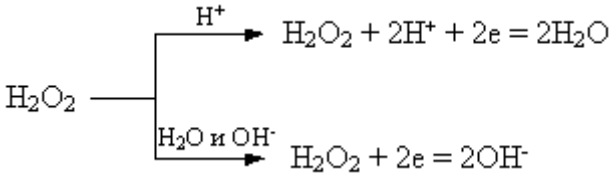
$$2\ KI + 2\ KNO_2 + 2\ H_2SO_4 = I_2\downarrow + 2\ K_2SO_4 + H_2O,$$

Однако, при взаимодействии с сильными окислителями (такими как, например, $KMnO_4$), пероксид водорода и нитрит калия выступают в качестве восстановитеей:

$$5\ H_2O_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ O_2 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 8\ H_2O,$$

$$5\ KNO_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ KNO_3 + 2\ MnSO_4 + K_2SO_4 + 3\ H_2O.$$

Пероксид водорода в зависимости от среды восстанавливается по-разному:



При этом в результате реакций образуется вода или гидроксид-ионы:

$$2\ FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2\ H_2O,$$

$$2\ KI + H_2O_2 = I_2\downarrow + 2\ KOH.$$

Задания для самостоятельной работы

Расставьте коэффициенты уравнениях методом полуреакций. Укажите окислитель и восстановитель.

Вариант 1.

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $Br_2 + KOH \rightarrow KBr + KBrO_3 + H_2O$

3) $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow O_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_3H_6 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_2H_6(OH)_2 + KOH$

Вариант 2

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + S\downarrow + H_2O$

2) $S + KOH \rightarrow K_2S + K_2SO_3 + H_2O.$

3) $BaS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + S\downarrow + NO_2\uparrow + H_2O$

4) $CH_2{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 3

1) $Zn + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow ZnSO_4 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $NO_2 + NaOH \rightarrow NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$

3) $CrCl_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + HCl$

4) $CH_3C{=}C(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3(CO)CH_3 + H_2O + CH_3COOH$

Вариант 4

1) $Al + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2S\uparrow + H_2O$

2) $AuCl_3 + H_2O_2 + KOH \rightarrow Au + H_2O + O_2\uparrow + KCl$

3) $KMnO_4 + Fe(OH)_2 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + Fe(OH)_3\downarrow + KOH$

4) $C_5H_{10} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH + CH_3COOH$

Вариант 5

1) $Ag + H_2SO_{4(конц., гор.)} \rightarrow Ag_2SO_4\downarrow + SO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $NH_4HS + HNO_{3(конц.)} \rightarrow S\downarrow + 2NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + 2H_2O$

3) $MnSO_4 + H_2O_2 + KOH \rightarrow MnO_2\downarrow + K_2SO_4 + H_2O$

4) $C_6H_{12} + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 6

1) $Bi + H_2SO_4 \rightarrow Bi_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $CuS + HNO_3 \rightarrow NO_2\uparrow + CuSO_4 + H_2O$

3) $C + H_2SO_{4(конц.)} + K_2Cr_2O_{7(конц.)} \rightarrow CO_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$

4) $HCOH + NaOH + I_2 \rightarrow HCOONa + NaI + H_2O$

Вариант 7

1) $Ag + HNO_{3(разб.)} \rightarrow AgNO_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $Cr_2(SO_4)_3 + Br_2 + KOH \rightarrow K_2CrO_4 + KBr + K_2SO_4 + H_2O$

3) $Br_2 + S + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HBr$

4) $CH_3C{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O$

Вариант 8

1) $Ba + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2O + Cl_2\uparrow$

3) $As_2O_3 + NaOH + NaNO_3 \rightarrow Na_3AsO_4 + NaNO_2 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + KOH + MnO_2\downarrow + H_2O$

Вариант -9

1) $Be + HNO_{3(разб., гор.)} \rightarrow Be(NO_3)_2 + NO\uparrow + H_2O$

2) $P + H_2SO_4 \rightarrow H_3PO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $Bi(NO_3)_3 + NaClO + NaOH_{(конц.)} \rightarrow NaBiO_3\downarrow + NaNO_3 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}C_2H_5 + KMnO_4 \rightarrow C_6H_5COOK + K_2CO_3 + MnO_2 + H_2O$

Вариант 10

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + 2H_2O$

2) $AlBr_{3(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AsH_3 + NaOH_{(разб.)} + NaClO \rightarrow Na_3AsO_4 + NaCl + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 11

1) $Ca + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Ca(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + H_2O$

2) $NH_4I_{(тверд.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow I_2\downarrow + H_2S\uparrow + H_2O + NH_4HSO_4$

3) $Bi(OH)_3 + KOH_{(конц.)} + KMnO_4 \rightarrow KBiO_3\downarrow + K_2MnO_4 + H_2O$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O + CO_2\uparrow$

Вариант 12

1) $Ba + HNO_{3(оч.\ разб.)} \rightarrow Ba(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

2) $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $HBrO_3 + H_2O + S \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_6H_5\text{-}CH_3 + K_2Cr_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + C_6H_5\text{-}COOH + H_2O$

Вариант 13

1) $Bi + HNO_{3(разб.)} \rightarrow Bi(NO_3)_3 + NO\uparrow + H_2O$

2) $PbO_2 + HCl \rightarrow PbCl_2 + Cl_2 + H_2O$

3) $AsH_3 + H_2O + AgNO_3 \rightarrow As_2O_3\downarrow + Ag\downarrow + HNO_3$

4) $CH_3{\equiv}CCH_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_3COOH + H_2O + CO_2$

Вариант 14

1) $Cd + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Cd(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $C_2N_2 + KOH \rightarrow KCN + KCNO + H_2O$

3) $H_2SO_3 + I_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 + HI$

4) $C_4H_8 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O + C_2H_5COOH$

Вариант 15

1) $Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $AlP + HNO_{3(конц.,\ гор.)} \rightarrow Al(NO_3)_3 + H_3PO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $Br_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow HBr + H_2SO_4$

4) $C_2H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 16

1) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

2) $H_2Cr_2O_7 + H_2O_2 \rightarrow H_2CrO_6 + H_2O.$

3) $Si + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_2H_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$

Вариант 17

1) $As + H_2SO_{4(конц.,\ гор.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $B_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3BO_3\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

3) $SiH_4 + NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2\uparrow$

4) $C_6H_5\text{-}CH(CH_3)_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + C_6H_5COOK + K_2CO_3 + KOH$

Вариант 18

1) $Fe + H_2SO_{4(конц.)} \overset{\circ}{\rightarrow} Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + H_2O$

2) $I_2 + H_2O_2 \rightarrow HIO_3 + H_2O$

3) $B + KOH + H_2O \rightarrow KBO_2 + H_2\uparrow$

4) $C_3H_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + K_2SO_4 + CH_2(COOH)_2 + H_2O$

Вариант 19

1) $As + HNO_{3(конц.)} \rightarrow H_3AsO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $K_2C_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + CO\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$

3) $Pb(CH_3COOH)_2 + CaOCl_2 + H_2O \rightarrow PbO_2\downarrow + CaCl_2 + CH_3COOH$

4) $CH_3COCH_3 + I_2 + NaOH \rightarrow CHI_3 + CH_3COONa + NaI + H_2O$

Вариант 20

1) $C + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow CO_2\uparrow + NO_2\uparrow + H_2O$

2) $HBr_{(конц.)} + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow Br_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

3) $AgNO_3 + NaOH + H_2O_2 \rightarrow Ag\downarrow + NaNO_3 + H_2O + O_2\uparrow$

4) $KMnO_4 + (COOH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + CO_2\uparrow + K_2SO_4 + H_2O$

Дополнительные уравнения

1. $Au_2S_3 + HNO_{3(конц.)} \rightarrow Au\downarrow + H_2SO_4 + NO_2\uparrow + H_2O$
2. $As_2S_3 + H_2SO_{4(конц.)} \rightarrow As_2O_3\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$
3. $HNO_3 + Cu_2S \rightarrow NO_2\uparrow + H_2O + CuSO_4 + Cu(NO_3)_2$
4. $SiC + NaOH + O_2 \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O + Na_2CO_3$
5. $Bi(NO_3)_3 + Na_2O_2 + NaOH \rightarrow NaBiO_3 + NaNO_2 + H_2O + O_2$
6. $AgCN + HNO_{3(конц., гор.)} \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + NH_4NO_3 + CO_2\uparrow$
7. $Al + NaOH + 6H_2O \rightarrow Na[Al(OH)_4] + H_2$
8. $Au + HCl + HNO_3 \rightarrow H[AuCl_4] + NO + H_2O$
9. $[Co(H_2O)_6]^{2+} + NH_3 + O_2 + H^+ \rightarrow [Co(NH_3)_6]^{3+} + H_2O.$
10. $Au + NaCN + H_2O + O_2 \rightarrow Na[Au(CN)_2] + NaOH$
11. $Pt + HNO_3 + HCl \rightarrow H_2[PtCl_6] + NO + H_2O$
12. $Na[Au(CN)_2] + Zn \rightarrow Na_2[Zn(CN)_4] + Au$
13. $Fe + C_6H_5COONa + H_2O + O_2 \rightarrow [Fe(C_6H_5COOH)_6](OH)_3 + NaOH$

Направление протекания окислительно-восстановительных реакций

Направление протекания ОВР в водном растворе устанавливается в стандартных условиях по значениям **стандартных потенциалов** φ° полуреакций восстановления:

Окисленная форма + ne^- → Восстановленная форма

Окислительно-восстановительные реакции протекают самопроизвольно, если разность стандартных электродных потенциалов окислителя и восстановителя, или э.д.с. окислительно-восстановительной реакции $\Delta E > 0$.

Стандартные условия протекания реакции: температура 298,15 К, давление в системе при отсутствии газообразных реагентов или продуктов 1 атмосфера (101325 Па), парциальное давление каждого газообразного реагента или продукта при их наличии 1 атмосфера. Стандартная концентрация каждой окисленной и восстановленной формы в растворе 1 моль/л. Стандартные потенциалы измеряют по отношению к стандартному водородному электроду, потенциал которого условно принят равным нулю.

Если значение φ° для окислительно-восстановительной пары, отрицательное, например

$Zn^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Zn$; φ° = – 0,763 В

то реакция, в которой Zn^{2+} – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется отрицательным значением разности стандартных потенциалов соответствующих пар.

$Zn^{2+} + H_{2(г)} \rightarrow Zn + 2\,H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = -0{,}763 - (0) = -0{,}763$ В.

Направление ОВР определяет окислитель, у которого значение электродного потенциала больше. На практике самопроизвольно осуществляется обратный процесс: $Zn + 2\,H^+_{(р)} \rightarrow Zn^{2+} + H_{2(г)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = 0 - (-0{,}763) = +0{,}763$ В

Для положительных значений φ°, например пары Cu^{2+} / Cu

$Cu^{2+} + 2\,e^- = Cu$; φ° = + 0,338 В

реакция

$Cu^{2+} + H_{2(г)} = Cu + 2\,H^+_{(р)}$ $\varphi^\circ_{Ок} - \varphi^\circ_{Вс} = +0{,}338 - (0) = +0{,}338$ В

где 2 $H^+_{(р)}$ – окислитель и H_2 – восстановитель, характеризуется положительным значением разности потенциалов, и может протекать самопроизвольно.

Пример 1. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$2NaCl + Fe_2(SO_4)_3 \leftrightarrow 2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4$

Запишем уравнения электронного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции :

$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$, $\varphi_1^o = 1{,}36$ В;

$Fe^{3+} + e^- = Fe^{2+}$, $\varphi_2^o = 0{,}77$ В .

Поскольку $\varphi_1^o > \varphi_2^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем - ион Fe^{2+}; рассматриваемая реакция будет протекать так:

$2FeSO_4 + Cl_2 + Na_2SO_4 \rightarrow 2NaCl + Fe_2(SO_4)_3$

Пример 2. Установить, в каком направлении возможно самопроизвольное протекание реакции

$K_2Cr_2O_7 + 14HCl \leftrightarrow 2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O$

Запишем уравнения электронно-ионного баланса и стандартные электродные потенциалы электрохимических систем, участвующих в реакции:

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$ $\varphi^o_1 = +1{,}33$ В

$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$ $\varphi^o_2 = +1{,}36$ В

Поскольку $\varphi_2^o > \varphi_1^o$, то окислителем будет служить хлор, а восстановителем – бихромат-ион; рассматриваемая реакция будет протекать так::

$2CrCl_3 + 3Cl_2 + 7H_2O \rightarrow K_2Cr_2O_7 + 14HCl$

В примере 1 стандартные электродные потенциалы взаимодействующих электрохимических систем существенно различались, так что направление протекания процесса однозначно определялось значениями φ^o при любых концентрациях реагирующих веществ. В тех случаях, когда сравниваемые

значения φ^o близки (разность не более 0,3 В), направление протекания процесса может изменяться в зависимости от концентраций участников реакции (пример 2).

Величина окислительно-восстановительного потенциала в условиях, отличающихся от стандартных, определяется уравнением Нернста:

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{nF} \cdot \ln \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

где φ – окислительно-восстановительный потенциал в данных условиях, В;

φ^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал, В;

R – универсальная газовая постоянная (8.314 Дж/(моль·К));

T – абсолютная температура, K;

n – число электронов, принимающих участие в потенциалопределяющей полуреакции;

F – постоянная Фарадея (F = 96484.56 Кл/моль);

[Ox]– концентрация окисленной формы ионов;

[Red]– концентрация восстановленной формы ионов.

Концентрация твердой фазы принимается за единицу.

Для стандартной температуры 298 К и с переходом от натурального логарифма к десятичному уравнение Нернста будет иметь вид

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{n} \cdot \lg \frac{[Ox]}{[\mathrm{Re}\, d]},$$

Пример 3. Определить направление возможного самопроизвольного протекания реакции

$$2Hg + 2Ag^+ \leftrightarrow 2Ag + Hg_2^{2+}$$

при стандартной температуре и следующих концентрациях ионов:

а) $[Ag^+] = 10^{-4}$ моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-1}$моль/л;

б) $[Ag^+] = 10^{-1}$моль/л , $[Hg_2^{2+}] = 10^{-4}$моль/л.

Выпишем значения стандартных электродных потенциалов взаимодействующих электрохимических систем:

$Hg_2^{2+} + 2e^- = 2Hg$, $\varphi_1^o = 0{,}79$ В;

$Ag^+ + e^- = Ag$, $\varphi_2^o = 0{,}80$ В.

По уравнению Нернста вычислим значения электродных потенциалов при указанных в условиях задачи концентрациях.

а) $\varphi_1 = \varphi_1^o + 0{,}059/2 \cdot \lg [Hg_2^{2+}] = 0{,}79 + 0{,}030 \lg 10^{-1} = 0{,}79 - 0{,}03 = 0{,}76$ В;

$\varphi_2 = \varphi_2^o + 0{,}059 \cdot \lg [Ag^+] = 0{,}80 + 0{,}059 \lg 10^{-4} = 0{,}80 - 0{,}24 = 0{,}56$ В.

В данном случае $\varphi_1 > \varphi_2$, реакция будет протекать справа налево.

б) $\varphi_1 = 0{,}79 + 0{,}030 \cdot \lg 10^{-4} = 0{,}79 - 0{,}12 = 0{,}67$ В;

$\varphi_2 = 0{,}80 + 0{,}059 \cdot \lg 10^{-1} = 0{,}80 - 0{,}06 = 0{,}74$ В.

Теперь $\varphi_1 < \varphi_2$, и реакция протекает слева направо.

Зависимость окислительной способности некоторых веществ от кислотности среды так же определяется уравнением Нернста. Например, для полуреакции

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

окислительно-восстановительный потенциал можно вычислить по формуле

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{0{,}059}{5} \cdot \lg \frac{[MnO_4^-] \cdot [H^+]^8}{[Mn^{2+}]}, \text{ или}$$

$$\varphi = 1{,}507 + 0{,}012 \cdot \lg \frac{[MnO_4^-]}{[Mn^{2+}]} - 0{,}095 pH$$

Потенциалы процесса зависит от pH среды и будет тем больше, чем кислее раствор. Зависимость окислительного потенциала $KMnO_4$ от концентрации ионов водорода пользуются для фракционного окисления анионов галогенидов до свободных галогенов. При pH от 5 до 6 перманганат окисляет только йодиды до йода (не действуя на бромиды и хлориды), при pH = 3 окисляются бромиды, и только при значительно более высокой кислотности окисляются хлориды.

Задания для самостоятельной работы

Обоснуйте возможность самопроизвольного протекания реакций №1 вашего варианта на стр. 16-19, используя Приложение.

Приложение

Таблица 1

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0
Ag	α -$Ag_2S + 2\bar{e} = 2Ag + S^{2-}$	-0,70	B	$BF_4^- + 3e = B + 4F^-$	-1,04
	$Ag(CN)_2^- + \bar{e} = Ag + 2CN^-$	-0,29		$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,869
	$AgI + \bar{e} = Ag + I^-$	-0,152		$BO_3^{3-} + 6H^+ + 3e = B + 3H_2O$	-0,165
	$AgCN + \bar{e} = Ag + CN^-$	-0,04	Ba	$Ba^{2+} + 2e = Ba$	-2,905
	$Ag(S_2O_3)_2^{3-} + \bar{e} = Ag + 2S_2O_3^{2-}$	0,01	Be	$Be^{2+} + 2e = Be$	-1,847
	$AgBr + \bar{e} = Ag + Br^-$	0,071		$Be(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-1,820
	$AgCl + \bar{e} = Ag + Cl^-$	0,222		$BeO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Be + 2H_2O$	-0,909
	$Ag_2O + H_2O + 2\bar{e} = 2Ag + 2OH^-$	0,344	Bi	$Bi_2O_3 + 3H_2O + 6e = 2Bi + 6OH^-$	-0,46
	$Ag(NH_3)_2^+ + \bar{e} = Ag + 2NH_3$	0,373		$BiOCl + 2H^+ + 3e = Bi + Cl^- + H_2O$	0,16
	$Ag_2CrO_4 + 2\bar{e} = 2Ag + CrO_4^{2-}$	0,446		$Bi^{3+} + 3e = Bi$	0,215
	$Ag_2C_2O_4 + 2\bar{e} = 2Ag + C_2O_4^{2-}$	0,472		$BiO^+ + 2H^+ + 3e = Bi + H_2O$	0,32
	$AgBrO_3 + \bar{e} = Ag + BrO_3^-$	0,55		$Bi_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Bi + 3H_2O$	0,371
	$2AgO + H_2O + 2\bar{e} = Ag_2O + 2OH^-$	0,60		$NaBiO_3$(т) + $6H^+$+ 2e = $Bi^{3+} + Na^+ + 3H_2O$	1,6 - 1,808
	$Ag^+ + \bar{e} = Ag$	0,799	Br	$2BrO^- + 2H_2O + 2e = Br_2 + 4OH^-$	0,45
	$Ag_2O + 2H^+ + 2\bar{e} = 2Ag + H_2O$	1,173		$2BrO_3^- + 6H_2O + 10e = Br_2 + 12OH^-$	0,50
	$2AgO + 2H^+ + 2\bar{e} = Ag_2O + H_2O$	1,398		$BrO_3^- + 2H_2O + 4e = BrO^- + 4OH^-$	0,54
Al	$AlO_2^- + 2H_2O + 3\bar{e} = Al + 4OH^-$	-2,35		$BrO_3^- + 3H_2O + 6e = Br^- + 6OH^-$	0,61
	$Al(OH)_3 + 3\bar{e} = Al + 3OH^-$	-2,31		$BrO^- + H_2O + 2e = Br^- + 2OH^-$	0,76
	$AlF_6^{3-} + 3\bar{e} = Al + 6F^-$	-2,07		$Br_3^- + 2e = 3Br^-$	1,05
	$Al^{3+} + 3e = Al$	-1,663		Br_2(ж) + 2e = $2Br^-$	1,065
	$Al(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Al + 3H_2O$	-1,471		$BrO_3^- + 6H^+ + 6e = Br^- + 3H_2O$	1,44
	$AlO_2^- + 4H^+ + 3e = Al + 2H_2O$	-1,262		$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e = Br_2 + 6H_2O$	1,52
As	$As + 3H^+ + 3e = AsH_3$	-0,60		$2HBrO + 2H^+ + 2e = Br_2 + 2H_2O$	1,59
	$HAsO_2 + 3H^+ + 3e = As + 2H_2O$	0,248	C	$HCOO^- + 2H_2O + 2e = HCHO + 3OH^-$	-1,07
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = HAsO_2 + 2H_2O$	0,559		$2CO_2 + 2H^+ + 2e = H_2C_2O_4$	-0,49
	$H_3AsO_4 + 2H^+ + 2e = H_3AsO_3 + H_2O$	0,58		$CO_2 + 2H^+ + 2e = HCOOH$	-0,20
Au	$Au(CN)_2 + e = Au + 2CN^-$	-0,61		C(графит) + $4H^+$ + 4e = CH_4	-0,132
	$AuBr_4^- + 2e = AuBr_2^- + 2Br^-$	0,802		$CO_2 + 2H^+ + 2e = CO + H_2O$	-0,12
	$AuCl_4^- + 2e = AuCl_2^- + 2\ Cl^-$	0,926		$HCOOH + 2H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	-0,01
	$AuBr_2^- + e = Au + 2Br^-$	0,959		$HCOOH + 4H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,145
	$AuCl_2^- + 2e = Au + 2Cl^-$	1,15		$HCOO^- + 3H^+ + 2e = HCHO + H_2O$	0,167
	$Au^{3+} + 2e = Au^+$	1,401		$CH_3CHO + 2H^+ + 2e = C_2H_5OH$	0,19
	$Au^{3+} + 3e = Au$	1,498		$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = HCHO + 2H_2O$	0,197
	$Au^+ + 3e = Au$	1,692		$HCOO^- + 5H^+ + 4e = CH_3OH + H_2O$	0,199
Элемент	Реакция	E^0	Элемент	Реакция	E^0

C	$CO_3^{2-} + 8H^+ + 6e = CH_3OH + 2H_2O$	0,209	Co	$Co(OH)_2 + 2e = Co + 2OH^-$	-0,73
	$CO_3^{2-} + 3H^+ + 2e = HCOO^- + H_2O$	0,227		$CoCO_3 + 2e = Co + CO_3^{2-}$	-0,64
	$HCHO + 2H^+ + 2e = CH_3OH$	0,232		$Co(NH_3)_6^{2+} + 2e = Co + 6NH_3$	-0,42
	$2CO_3^{2-} + 4H^+ + 2e = C_2O_4^{2-} + 2H_2O$	0,441		$Co^{2+} + 2e = Co$	-0,277
	$C_2H_5OH + 2H^+ + 2e = C_2H_6 + H_2O$	0,46		$Co(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Co + 2H_2O$	0,095
	$CO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = C(графит) + 3H_2O$	0,475		$Co(NH_3)_6^{3+} + e = Co(NH_3)_6^{2+}$	0,1
	$CO + 6H^+ + 6e = CH_4 + H_2O$	0,497		$CoO + 2H^+ + 2e = Co + H_2O$	0,166
	$CH_3OH + 2H^+ + 2e = CH_4 + H_2O$	0,59		$Co(OH)_3 + e = Co(OH)_2 + OH^-$	0,17
Ca	$Ca^{2+} + 2e = Ca$	-2,866		$Co^{3+} + 3e = Co$	0,33
Cd	$CdS + 2e = Cd + S^{2-}$	-1,175		$Co^{3+} + e = Co^{2+}$	1,38 - 1,842
	$Cd(CN)_4^{2-} + 2e = Cd + 4CN^-$	-1,09	Cr	$Cr(OH)_2 + 2e = Cr + 2OH^-$	-1,4
	$Cd(OH)_2 + 2e = Cd + 2OH^-$	-0,81		$Cr(OH)_3 + 3e = Cr + 3OH^-$	-1,3
	$Cd(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cd + 4NH_3$	-0,61		$CrO_2^- + 2H_2O + 3e = Cr + 4OH^-$	-1,2
	$Cd^{2+} + 2e = Cd$	-0,403		$Cr^{2+} + 2e = Cr$	-0,913
	$Cd(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cd + 2H_2O$	0,005		$Cr^{3+} + 3e = Cr$	-0,744
	$CdO + 2H^+ + 2e = Cd + H_2O$	0,063		$Cr(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Cr + 3H_2O$	-0,654
Ce	$Ce^{3+} + 3e = Ce$	-2,48		$Cr^{3+} + e = Cr^{2+}$	-0,407
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M H_2SO_4)	1,44		$CrO_4^{2-} + 4H_2O + 3e = Cr(OH)_3 + 5OH^-$	-0,13
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M HNO_3)	1,61		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 12e = 2Cr + 7H_2O$	0,294
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$ (1M $HClO_4$)	1,70		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Cr + 4H_2O$	0,366
	$Ce^{4+} + e = Ce^{3+}$	1,77		$CrO_4^{2-} + 4H^+ + 3e = CrO_2^- + 2H_2O$	0,945
Cl	$ClO_4^- + H_2O + 2e = ClO_3^- + 2OH^-$	0,36		$CrO_2^- + 4H^+ + e = Cr^{2+} + 2H_2O$	1,188
	$2ClO^- + 2H_2O + 2e = Cl_2 + 4OH^-$	0,40		$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e = 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1,333
	$ClO_4^- + H_2O + 8e = Cl^- + 8OH^-$	0,56		$CrO_4^{2-} + 8H^+ + 3e = Cr^{3+} + 4H_2O$	1,477
	$ClO_3^- + 3H_2O + 6e = Cl^- + 6OH^-$	0,63	Cs	$Cs^+ + e = Cs$	-2,923
	$ClO_2 + 2H_2O + 5e = Cl^- + 4OH^-$	0,85	Cu	$Cu_2S + 2e = 2Cu + S^{2-}$	-0,89
	$ClO^- + H_2O + 2e = Cl^- + 2OH^-$	0,88		$CuS + 2e = Cu + S^{2-}$	-0,71
	$ClO_3^- + 2H^+ + e = ClO_2 + H_2O$	1,15		$Cu(CN)_2^- + e = Cu + 2CN^-$	-0,43
	$ClO_4^- + 2H^+ + 2e = ClO_3^- + H_2O$	1,189		$Cu_2O + H_2O + 2e = 2Cu + 2OH^-$	-0,36
	$ClO_2 + 4H^+ + 4e = 2HCl + H_2O$	1,351		$Cu(OH)_2 + 2e = Cu + 2OH^-$	-0,22
	$Cl_2 + 2e = 2Cl^-$	1,3595		$CuI + e = Cu + I^-$	-0,185
	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e = Cl^- + 4H_2O$	1,38		$Cu(NH_3)_2^+ + e = Cu + 2NH_3$	-0,12
	$2ClO_4^- + 16H^+ + 14e = Cl_2 + 8H_2O$	1,39		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu + 4NH_3$	-0,07
	$ClO_2 + 5H^+ + 5e = HCl + 2H_2O$	1,436		$Cu(NH_3)_4^{2+} + 2e = Cu(NH_3)_2^+ + 2NH_3$	-0,01
	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e = Cl^- + 3H_2O$	1,451		$CuI_2^- + e = Cu + 2I^-$	0,00
	$2ClO_3^- + 12H^+ + 10e = Cl_2 + 6H_2O$	1,47		$CuBr + e = Cu + Br^-$	0,03
	$HClO + H^+ + 2e = Cl^- + H_2O$	1,494		$CuCl + e = Cu + Cl^-$	0,137
	$ClO_2 + 4H^+ + 5e = Cl^- + 2H_2O$	1,51		$Cu^{2+} + e = Cu^+$	0,153
	$2ClO_2 + 8H^+ + 8e = Cl_2 + 4H_2O$	1,549		$CuCl_2^- + e = Cu + 2Cl^-$	0,177
	$HClO_2 + 3H^+ + 4e = Cl^- + 2H_2O$	1,57		$2Cu^{2+} + H_2O + 2e = Cu_2O + 2H^+$	0,203
	$2HClO + 2H^+ + 2e = Cl_2 + 2H_2O$	1,63		$Cu^{2+} + 2e = Cu$	0,345
	$2HClO_2 + 6H^+ + 6e = Cl_2 + 4H_2O$	1,64		$Cu^{2+} + 2Cl^- + e = CuCl_2^-$	0,463
Co	β -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-1,07		$Cu^+ + e = Cu$	0,520
	α -$CoS + 2e = Co + S^{2-}$	-0,90		$Cu^{2+} + Cl^- + e = CuCl$	0,538
Cu	$CuO + 2H^+ + 2e = Cu + H_2O$	0,570	Hg	$HgBr_4^{2-} + 2e = Hg + 4Br^-$	0,21

	$Cu(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Cu + 2H_2O$	0,609		$Hg_2Cl_2 + 2K^+ + 2e = 2Hg + 2KCl$ (тв)	0,2415
	$Cu^{2+} + Br^- + e = CuBr$	0,640		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$	0,268
	$2CuO + 2H^+ + 2e = Cu_2O + H_2O$	0,669		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (1M KCl)	0,28
	$Cu^{2+} + I^- + e = CuI$	0,86		$Hg_2Cl_2 + 2e = 2Hg + 2Cl^-$ (0,1M KCl)	0,334
	$Cu^{2+} + 2CN^- + e = Cu(CN)_2$	1,12		$HgCl_4^{2-} + 2e = Hg + 4Cl^-$	0,48
Dy	$Dy^{3+} + 3e = Dy$	-2,353		$Hg_2SO_4 + 2e = 2Hg + SO_4^{2-}$	0,6151
Eu	$Eu^{2+} + 2e = Eu$	-3,395		$Hg_2^{2+} + 2e = 2Hg$	0,788
	$Eu^{3+} + e = Eu^{2+}$	-0,429		$Hg^{2+} + 2e = Hg$	0,850
F	$F_2O + 2H^+ + 4e = 2F^- + H_2O$	2,1		$2Hg^{2+} + 2e = Hg_2^{2+}$	0,920
	$F_2 + 2e = 2F^-$	2,87		$HgO + 2H^+ + 2e = Hg + H_2O$	0,926
Fe	$FeS + 2e = Fe + S^{2-}$	-0,95	Ho	$Ho^{3+} + 3e = Ho$	-2,319
	$Fe(OH)_2 + 2e = Fe + 2OH^-$	-0,877	I	$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,14
	$FeCO_3 + 2e = Fe + CO_3^{2-}$	-0,756		$2IO_3^- + 6H_2O + 10e = I_2 + 12OH^-$	0,21
	$Fe(OH)_3 + e = Fe(OH)_2 + OH^-$	-0,56		$IO_3^- + 3H_2O + 6e = I^- + 6OH^-$	0,25
	$Fe^{2+} + 2e = Fe$	-0,440		$2IO^- + H_2O + 2e = I_2 + 4OH^-$	0,45
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 8e = 3Fe + 4H_2O$	-0,085		$IO^- + H_2O + 2e = I^- + 2OH^-$	0,49
	$Fe_2O_3 + H_2O + 2H^+ + 2e = 2Fe(OH)_2$	-0,057		$I_2 + 2e = 2I^-$	0,536
	$Fe_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Fe + 3H_2O$	-0,051		$I_3^- + 2e = 3I^-$	0,545
	$Fe(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Fe + 2H_2O$	-0,047		$IO_3^- + 2H_2O + 4e = IO^- + 4OH^-$	0,56
	$Fe^{3+} + 3e = Fe$	-0,037		$HIO + H^+ + 2e = I^- + H_2O$	0,99
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + 3e = Fe + 3H_2O$	0,059		$2ICl_2^- + 2e = I_2 + 4Cl^-$	1,06
	$Fe(OH)_3 + H^+ + e = Fe(OH)_2 + H_2O$	0,271		$IO_3^- + 6H^+ + 6e = I^- + 3H_2O$	1,085
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$	0,356		$IO_3^- + 5H^+ + 4e = HIO + 2H_2O$	1,14
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M H_2SO_4)	0,68		$2IO_3^- + 12H^+ + 10e = I_2 + 6H_2O$	1,19
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$ (1M HCl)	0,70		$2HIO + 2H^+ + 2e = I_2 + 2H_2O$	1,45
	$Fe(CN)_6^{3-} + e = Fe(CN)_6^{4-}$ (1M HCl)	0,71		$H_5IO_6 + H^+ + 2e = IO_3^- + 3H_2O$	1,60
	$Fe^{3+} + e = Fe^{2+}$	0,771	Ir	$IrO_2 + 4H^+ + 4e = Ir + H_2O$	0,93
	$Fe_3O_4 + 8H^+ + 2e = 3Fe^{2+} + 4H_2O$	0,980		$Ir^{3+} + 3e = Ir$	1,15
Ga	$Ga^{3+} + 3e = Ga$	-0,53	K	$K^+ + e = K$	-2,924
Gd	$Gd^{3+} + 3e = Gd$	-2,397	La	$La^{3+} + 3e = La$	-2,522
Ge	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 2e = Ge^{2+} + 3H_2O$	-0,363	Li	$Li^+ + e = Li$	-3,045
	$GeO_2 + 4H^+ + 4e = Ge + 2H_2O$	-0,15	Mg	$Mg(OH)_2 + 2e = Mg + 2OH^-$	-2,69
	$H_2GeO_3 + 4H^+ + 4e = Ge + 3H_2O$	-0,13		$Mg^{2+} + 2e = Mg$	-2,363
	$Ge^{2+} + 2e = Ge$	0,000		$Mg(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mg + 2H_2O$	-1,862
H	$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$	-0,828	Mn	$MnCO_3 + 2e = Mn + CO_3^{2-}$	-1,48
	$2H^+ + 2e = H_2$	0,0000		$Mn^{2+} + 2e = Mn$	-1,18
	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776		$Mn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Mn + 2H_2O$	-0,727
Hf	$Hf^{4+} + 4e = Hf$	-1,70		$MnO_4^- + e = MnO_4^{2-}$	0,564
	$HfO_2 + 4H^+ + 4e = Hf + 2H_2O$	-1,57		$MnO_4^- + 2H_2O + 3e = MnO_2 + 4OH^-$	0,60
Hg	$HgS + 2e = Hg + S^{2-}$	-0,69		$MnO_2 + 4H^+ + 2e = Mn^{2+} + 2H_2O$	1,228
	$Hg(CN)_4^{2-} + 2e = Hg + 4CN^-$	-0,37		$Mn_2O_3 + 6H^+ + 2e = 2Mn^{2+} + 3H_2O$	1,443
	$Hg_2I_2 + 2e = 2Hg + 2I^-$	-0,041		$MnO_4^- + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O$	1,507
	$HgI_4^{2-} + 2e = Hg + 4I^-$	-0,04		$Mn^{3+} + e = Mn^{2+}$ (8M H_2SO_4)	1,509
	HgO(красная) $+ H_2O + 2e = Hg + 2OH^-$	0,098		$MnO_4^- + 4H^+ + 3e = MnO_2 + 2H_2O$	1,692
	$Hg_2Br_2 + 2e = 2Hg + 2Br^-$	0,140		$MnO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MnO_2 + 2H_2O$	2,257
Mo	$H_2MoO_4 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	-1,091	Nd	$Nd^{3+} + 3e = Nd$	-2,431

	$MoO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = Mo + 8OH^-$	-1,05	Ni	γ-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-1,04
	$Mo^{3+} + 3e = Mo$	-0,200		α-NiS + 2e = Ni + S^{2-}	-0,83
	$MoO_2 + 4H^+ + 4e = Mo + 2H_2O$	-0,072		$Ni(OH)_2 + 2e = Ni + 2OH^-$	-0,72
	$MoO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = Mo + 4H_2O$	0,154		$Ni(NH_3)_6^{2+} + 2e = Ni + 6NH_3$	-0,49
	$MoO_3 + 2H^+ + 2e = MoO_2 + H_2O$	0,320		$NiCO_3 + 2e = Ni + CO_3^{2-}$	-0,45
	$MoO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = MoO_2 + 2H_2O$	0,606		$Ni^{2+} + 2e = Ni$	-0,25
N	$3N_2 + 2\bar{e} = 2N_3^-$	-3,4		$Ni(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Ni + 2H_2O$	0,110
	$3N_2 + 2H^+ + 2\bar{e} = 2HN_3$	-3,1		$NiO + 2H^+ + 2e = Ni + H_2O$	0,116
	$N_2 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_2OH + 2OH^-$	-3,04		$NiO_2 + 4H^+ + 2e = Ni^{2+} + 2H_2O$	1,68
	$N_2 + 4H_2O + 4\bar{e} = N_2H_4 + 4OH^-$	-1,16	O	$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$	0,401
	$N_2 + 8H_2O + 6\bar{e} = 2NH_4OH + 6OH^-$	-0,74		$O_2 + 2H^+ + 2e = H_2O_2$	0,682
	$NO_2^- + H_2O + \bar{e} = NO + 2OH^-$	-0,46		$H_2O_2 + 2e = 3OH^-$	0,88
	$NO_2^- + 6H_2O + 6\bar{e} = NH_4OH + 7OH^-$	-0,15		$O_2 + 4H^+ + 4e = 2H_2O$	1,229
	$NO_3^- + 2H_2O + 3\bar{e} = NO + 4OH^-$	-0,14		$O_3 + H_2O + 3e = O_2 + 2OH^-$	1,24
	$NO_3^- + 7H_2O + 8\bar{e} = NH_4OH + 9OH^-$	-0,12		$O_3 + 6H^+ + 6e = 3H_2O$	1,511
	$NO_3^- + H_2O + 2\bar{e} = NO_2^- + 2OH^-$	0,01		$H_2O_2 + 2H^+ + 2e = 2H_2O$	1,776
	$N_2 + 6H^+ + 6\bar{e} = 2NH_3$	0,057		$O_3 + 2H^+ + 2e = O_2 + H_2O$	2,07
	$N_2H_4 + 4H_2O + 2\bar{e} = 2NH_4OH + 2OH^-$	0,1	Os	$OsO_2 + 2H_2O + 4e = Os + 4OH^-$	-0,15
	$N_2 + 8H^+ + 6\bar{e} = 2NH_4^+$	0,275		$OsCl_6^{3-} + e = Os^{2+} + 6Cl^-$	0,4
	$2NO_2^- + 4H_2O + 6\bar{e} = N_2 + 8OH^-$	0,41		$OsO_4 + 8H^+ + 8e = Os + 4H_2O$	0,85
	$NH_2OH + 2H_2O + 2\bar{e} = NH_4OH^- + 2OH^-$	0,42		$OsCl_6^{2-} + e = OsCl_6^{3-}$	0,85
	$2NO_2 + 4H_2O + 8e = N_2 + 8OH^-$	0,53		$Os^{2+} + 2e = Os$	0,85
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,78		$OsO_4 + 4H^+ + 4e = OsO_2 + 2H_2O$	0,96
	$NO_3^- + 2H^+ + e = NO_2 + H_2O$	0,80	P	$H_2PO_2^- + e = P + 2OH^-$	-2,05
	$2NO + 2H_2O + 4e = N_2 + 4OH^-$	0,85		$HPO_3^{2-} + 2H_2O + 2e = H_2PO_2^- + 3OH^-$	-1,57
	$HNO_2 + 7H^+ + 6e = NH_4^+ + 2H_2O$	0,864		$PO_4^{3-} + 2H_2O + 2e = HPO_3^{2-} + 3OH^-$	-1,12
	$NO_3^- + 10H^+ + 8e = NH_4^+ + 3H_2O$	0,87		$2H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_4P_2O_6 + 2H_2O$	-0,94
	$2NO_2 + 2e = 2NO_2^-$	0,88		$P + 3H_2O + 3e = PH_3 + 3OH^-$	-0,89
	$N_2O + H_2O + 2e = N_2 + 2OH^-$	0,94		$H_3PO_2 + H^+ + e = P + 2H_2O$	-0,51
	$NO_3^- + 3H^+ + 2e = HNO_2 + 2H_2O$	0,94		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(бел) + 3H_2O$	-0,502
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,957		$H_3PO_3 + 3H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$NO_3^- + 4H^+ + 3e = NO + 2H_2O$	0,96		$H_3PO_3 + 3H^+ + 3e = P(кр) + 3H_2O$	-0,454
	$HNO_2 + H^+ + e = NO + H_2O$	1,00		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(бел) + 4H_2O$	-0,411
	$NO_2 + 2H^+ + 2e = NO + H_2O$	1,03		$H_3PO_4 + 4H^+ + 4e = H_3PO_2 + 2H_2O$	-0,39
	$NO_2 + H^+ + e = HNO_2$	1,09		$H_3PO_4 + 5H^+ + 5e = P(кр) + 4H_2O$	-0,383
	$2NO_3^- + 10H^+ + 8e = N_2O + 5H_2O$	1,116		$H_3PO_4 + 2H^+ + 2e = H_3PO_3 + H_2O$	-0,276
	$2NO_3^- + 12H^+ + 10e = N_2 + 6H_2O$	1,246		$H_3PO_3 + 2H^+ + 2e = H_3PO_2 + H_2O$	-0,50
	$2HNO_2 + 4H^+ + 4e = N_2O + 3H_2O$	1,297		$P + 3H^+ + 3e = PH_3$	0,06
	$2NO_2 + 8H^+ + 8e = N_2 + 4H_2O$	1,36		$H_4P_2O_6 + 2H^+ + 2e = 2H_3PO_3$	0,38
	$2HNO_2 + 6H^+ + 6e = N_2 + 4H_2O$	1,45	Pb	$PbS + 2e = Pb + S^{2-}$	-0,93
	$2NO + 4H^+ + 4e = N_2 + 2H_2O$	1,678		$PbO + H_2O + 2e = Pb + 2OH^-$	-0,58
	$N_2O + 2H^+ + 2e = N_2 + H_2O$	1,766		$PbCO_3 + 2e = Pb + CO_3^{2-}$	-0,506
Na	$Na^+ + e = Na$	-2,714		$PbI_2 + 2e = Pb + 2I^-$	0,365
Pb	$PbSO_4 + 2e = Pb + SO_4^{2-}$	-0,3563	S	$S + 2H^+ + 2e = H_2S$	0,141

	$PbF_2 + 2e = Pb + 2F^-$	-0,350		$SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SO_3 + H_2O$	0,17
	$PbBr_2 + 2e = Pb + 2Br^-$	-0,280		$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e = S^{2-} + 3H_2O$	0,231
	$PbCl_2 + 2e = Pb + 2Cl^-$	-0,268		$2SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = S_2O_3^{2-} + 5H_2O$	0,29
	$Pb^{2+} + 2e = Pb$	-0,126		$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e = H_2S + 4H_2O$	0,311
	$PbO_3^{2-} + H_2O + 2e = PbO_2^{2-} + 2OH^-$	0,2		$SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = S + 4H_2O$	0,357
	$PbO + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,248		$2H_2SO_3 + 2H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,40
	$Pb(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pb + H_2O$	0,277		$H_2SO_3 + 4H^+ + 4e = S + 3H_2O$	0,449
	$PbO_2 + H_2O + 2e = PbO + 2OH^-$	0,28		$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 4e = 2S + 3H_2O$	0,5
	$Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e = 3PbO + H_2O$	0,972		$2SO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = S_2O_3^{2-} + 3H_2O$	0,705
	$PbO_2 + 4H^+ + 2e = Pb^{2+} + 2H_2O$	1,449-1,455		$S_2O_8^{2-} + 2e = 2SO_4^{2-}$	2,01
	$PbO_2 + SO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = PbSO_4 + 2H_2O$	1,685	Sb	$SbO_2^- + 2H_2O + 3e = Sb + 4OH^-$	-0,675
	$Pb^{4+} + 2e = Pb^{2+}$	1,694		$Sb + 3H^+ + 3e = SbH_3$	-0,51
Pd	$Pd(OH)_2 + 2e = Pd + 2OH^-$	0,07		$SbO_3^- + H_2O + 2e = SbO_2^- + 2OH^-$	-0,43
	$PdI_6^{2-} + 2e = PdI_4^{2-} + 2I^-$	0,623		$Sb_2O_3 + 6H^+ + 6e = 2Sb + 3H_2O$	0,152
	$PdCl_4^{2-} + 2e = Pd + 4Cl^-$	0,623		$SbO^+ + 2H^+ + 3e = Sb + H_2O$	0,212
	$PdO + 2H^+ + 2e = Pd + H_2O$	0,896		$SbO_3^- + 2H^+ + 3e = SbO_2^- + H_2O$	0,353
	$PdCl_6^{2-} + 4e = Pd + 6Cl^-$	0,96		$SbO_2^- + 4H^+ + 3e = Sb + 2H_2O$	0,446
	$Pd^{2+} + 2e = Pd$	0,987		$Sb_2O_5 + 6H^+ + 4e = 2SbO^+ + 3H_2O$	0,581
	$PdBr_6^{2-} + 2e = PdBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,993		$Sb_2O_5 + 4H^+ + 4e = Sb_2O_3 + 2H_2O$	0,671
	$PdO_2 + 2H^+ + 2e = PdO + H_2O$	1,283	Sc	$Sc^{3+} + 3e = Sc$	-2,077
	$PdCl_6^{2-} + 2e = PdCl_4^{2-} + 2Cl^-$	1,288	Se	$Se + 2e = Se^{2-}$	-0,92
Pt	$PtS + 2e = Pt + S^{2-}$	-0,95		$Se + 2H^+ + 2e = H_2Se$	-0,40
	$PtS_2 + 2e = PtS + S^{2-}$	-0,64		$SeO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Se + 6OH^-$	-0,366
	$Pt(OH)_2 + 2e = Pt + 2OH^-$	0,15		$SeO_4^{2-} + H_2O + 2e = SeO_3^{2-} + 2OH^-$	0,05
	$PtI_6^{2-} + 2e = PtI_4^{2-} + 2I^-$	0,393		$H_2SeO_3 + 4H^+ + 4e = Se + 3H_2O$	0,741
	$PtBr_4^{2-} + 2e = Pt + 4Br^-$	0,58		$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e = H_2SeO_3 + H_2O$	1,15
	$PtBr_6^{2-} + 2e = PtBr_4^{2-} + 2Br^-$	0,59	Si	$SiO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = Si + 6OH^-$	-1,7
	$PtCl_6^{2-} + 2e = PtCl_4^{2-} + 2Cl^-$	0,720		$SiF_6^{2-} + 4e = Si + 6F^-$	-1,2
	$PtCl_4^{2-} + 2e = Pt + 4Cl^-$	0,73		$SiO_3^{2-} + 6H^+ + 4e = Si + 3H_2O$	-0,455
	$Pt(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Pt + 2H_2O$	0,980		$Si + 4H^+ + 4e = SiH_4$	0,102
	$PtO_2 + 2H^+ + 2e = Pt(OH)_2$	1,045	Sn	$SnS + 2e = Sn + S^{2-}$	-0,94
	$Pt^{2+} + 2e = Pt$	1,188		$Sn(OH)_6^{2-} + 2e = HSnO_2^- + H_2O + 3OH^-$	-0,93
Ra	$Ra^{2+} + 2e = Ra$	-2,925		$HSnO_2^- + H_2O + 2e = Sn + 3OH^-$	-0,91
Rb	$Rb^+ + e = Rb$	-2,925		$SnF_6^{2-} + 4e = Sn + 6F^-$	-0,25
	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,93		$Sn^{2+} + 2e = Sn$	-0,136
	$2SO_4^{2-} + 5H_2O + 8e = S_2O_3^{2-} + 10OH^-$	-0,76		$SnO_2 + 2H^+ + 2e = SnO + H_2O$	-0,108
	$SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S + 6OH^-$	-0,66		$SnO_2 + 4H^+ + 4e = Sn + 2H_2O$	-0,106
	$2SO_3^{2-} + 3H_2O + 4e = S_2O_3^{2-} + 6OH^-$	-0,58		$SnO + 2H^+ + 2e = Sn + H_2O$	-0,104
	$S_2^{2-} + 2e = 2S^{2-}$	-0,524		$Sn(OH)_2 + 2H^+ + 2e = Sn + 2H_2O$	-0,091
S	$S + 2e = S^{2-}$	-0,48		$SnCl_6^{2-} + 2e = SnCl_4^{2+} + 2Cl^-$	0,14
	$2S + 2e = S_2^{2-}$	-0,476		$Sn^{4+} + 2e = Sn^{2+}$	0,151
	$S + H^+ + 2e = HS^-$	-0,065	Sr	$Sr^{2+} + 2e = Sr$	-2,888
	$S_2O_3^{2-} + 6H^+ + 8e = 2S^{2-} + 3H_2O$	-0,006	Te	$Te + 2e = Te^{2-}$	-1,14
	$S_4O_6^{2-} + 2e = 2S_2O_3^{2-}$	0,08		$Te + 2H^+ + 2e = H_2Te$	-0,72
	$SO_4^{2-} + 8H^+ + 8e = S^{2-} + 4H_2O$	0,149		$TeO_3^{2-} + 2H_2O + 4e = Te + 6OH^-$	-0,57
	$TeO_2 + 4H^+ + 4e = Te + 2H_2O$	0,529		$V^{2+} + 2e = V$	-1,175

	$TeO_4^{2-} + 2H^+ + 2e = TeO_3^{2-} + H_2O$	0,892		$V^{3+} + e = V^{2+}$	-0,255
	$H_6TeO_6 + 2H^+ + 2e = TeO_2 + 4H_2O$	1,02		$VO_2^+ + 4H^+ + 5e = V + 2H_2O$	-0,25
Ti	$Ti^{2+} + 2e = Ti$	-1,63		$VO_2^{2+} + e = VO^+$	-0,044
	$TiO + 2H^+ + 2e = Ti + H_2O$	-1,306		$VO_2^+ + 4H^+ + 3e = V^{2+} + 2H_2O$	0,360
	$TiF_6^{2-} + 4e = Ti + 6F^-$	-1,19	V	$V_2O_5 + 6H^+ + 2e = 2VO^{2+} + 3H_2O$	0,958
	$TiO_2 + 4H^+ + 4e = Ti + 2H_2O$	-0,86		$VO_2^+ + 2H^+ + e = VO^{2+} + H_2O$	1,004
	TiO_2(рутил) $+ H^+ + 4e = Ti^{3+} + 2H_2O$	-0,666		$VO_4^{3-} + 6H^+ + 2e = VO^+ + 3H_2O$	1,256
	TiO_2(рутил) $+ 2H^+ + 4e = Ti^{2+} + 2H_2O$	-0,502		$H_2VO_4^- + 4H^+ + e = VO^{2+} + 3H_2O$	1,314
	$Ti^{3+} + e = Ti^{2+}$	-0,368		$WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e = W + 8OH^-$	-1,05
	$Ti^{4+} + e = Ti^{3+}$ (5M H_3PO_4)	-0,15	W	$WO_2 + 4H^+ + 4e = W + 2H_2O$	-0,119
	$TiO^{2+} + 2H^+ + 2e = Ti^{2+} + H_2O$	-0,135		$WO_3 + 6H^+ + 6e = W + 3H_2O$	-0,09
	$TiO^{2+} + 2H^+ + e = Ti^{3+} + H_2O$	0,10		$W_2O_5 + 2H^+ + 2e = 2WO_2 + H_2O$	-0,031
Tl	$Tl_2S + 2e = 2Tl + S^{2-}$	-0,93		$2WO_3 + 2H^+ + 2e = W_2O_5 + H_2O$	-0,029
	$TlI + e = Tl + I^-$	-0,753		$WO_4^{2-} + 8H^+ + 6e = W + 4H_2O$	0,049
	$TlBr + e = Tl + Br^-$	-0,658		$2WO_4^{2-} + 6H^+ + 2e = W_2O_5 + 3H_2O$	0,801
	$TlCl + e = Tl + Cl^-$	-0,557		$ZnS + 2e = Zn + S^{2-}$	-1,405
	$TlOH + e = Tl + OH^-$	-0,344	Zn	$Zn(CN)_4^{2-} + 2e = Zn + 4CN^-$	-1,26
	$Tl^+ + e = Tl$	-0,3363		$Zn(OH)_2 + 2e = Zn + 2OH^-$	-1,245
	$Tl(OH)_3 + 2e = TlOH + 2OH^-$	-0,05		$Zn(OH)_4^{2-} + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,22
	$Tl_2O_3 + 3H_2O + 4e = 2Tl^+ + 6OH^-$	0,02		$ZnO_2^{2-} + 2H_2O + 2e = Zn + 4OH^-$	-1,216
	$TlOH + H^+ + e = Tl + H_2O$	0,778		$ZnCO_3 + 2e = Zn + CO_3^{2-}$	-1,06
	$Tl^{3+} + 2e = Tl^+$	1,252		$Zn(NH_3)_4^{2+} + 2e = Zn + 4NH_3$	-1,04
U	$UO_2 + 2H_2O + 4e = U + 4OH^-$	-2,39		$Zn^{2+} + 2e = Zn$	-0,763
	$U^{3+} + 3e = U$	-1,798		$ZnO_2^{2-} + 4H^+ + 2e = Zn + 2H_2O$	0,441
	$U^{4+} + e = U^{3+}$	-0,607		$ZrO^{2+} + 2H^+ + 4e = Zr + H_2O$	-1,570
	$UO_2^{2+} = UO_2^+$	0,05	Zr	$ZrO_2 + 4H^+ + 4e = Zr + 2H_2O$	-1,553
	$UO_2^{2+} + 4H^+ + 2e = U^{4+} + 2H_2O$	0,334		$Zr^{4+} + 4e = Zr$	-1,539
	$UO_2^+ + 4H^+ + e = U^{4+} + 2H_2O$	0,62			

Список литературы

Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия.: учебник 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Глинка Н.Л. Общая химия.: учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Глинка Н.Л. Общая химия. Задачи и упражнения: учебно-практическое пособие. Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2014. 240 с.

Хомченко И.Г. Общая химия. Сборник задач и упражнений. Изд-во «Новая волна», 2011. 256 с.

Учебное издание

Наталья Анатольевна Зайцева, Ирина Альбертовна Низова

ЗАДАЧИ И ВОПРОСЫ ПО КУРСУ «ХИМИЯ»

ЧАСТЬ II

Окислительно-восстановительные реакции

Учебное пособие

Редактор изд-ва

Компьютерная верстка Н.*А.Зайцевой*

Подписано в печать .Бумага писчая. Формат 60×84 1/16.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. Уч.-изд. л. 1,0 .Тираж 100 .Заказ

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
Уральский государственный горный университет

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

Гидрогеология и инженерная геология

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям по дисциплине «Гидрогеология и инженерная геология» для студентов специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки»

Екатеринбург
2020

МИНОБРНАУКИ РФ

Уральский государственный горный университет

Н.В. Рубан, И. А. Антонова

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие по практическим занятиям по дисциплине «Гидрогеология и инженерная геология» для студентов специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки»

Екатеринбург

2018

Содержание

1. Основы гидрогеологической стратификации ____ *4*

2. Изучение режима подземных вод ____ *11*

3. Водные свойства горных пород ____ *14*

3.1. Определение коэффициента фильтрации глинистых и песчаных горных пород ____ **14**

3.1.1. Водопроницаемость горных пород ____ 14

3.1.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов ____ 16

4. Химический состав подземных вод ____ *18*

4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод ____ **19**

4.2. Графическое изображение результатов химических анализов ____ **22**

4.3. Оценка качества питьевых вод ____ **28**

5. Построение и анализ карт гидроизогипс ____ *32*

7. Построение и анализ гидрогеологических разрезов ____ *37*

Список литературы ____ *41*

1. Основы гидрогеологической стратификации

Гидрогеологическая стратификация – это расчленение геологического разреза на элементы, существенно отличающиеся в гидрогеологическом отношении.

По Г. Н. Каменскому «гидрогеологический элемент – это некоторый объем геологической среды, выделенный на основе гидрогеологических признаков и не подвергающийся дельнейшему членению».

Главный принцип гидрогеологической стратификации основан на учете стратиграфических и гидрогеологических признаков системы «вода-порода». При этом основное расчленение геологического разреза выполняется с учетом геолого-структурных особенностей территории, а литолого-фациальный анализ рассматривается как база для определения исходных гидрогеологических свойств. По этим признакам в разрезе выделяют водонасыщенные и неводонасыщенные, водопроницаемые и водонепроницаемые слои и пласты и пр.

Гидрогеологический слой (тело) – это одновозрастные породы, характеризующиеся выдержанностью по мощности и распространению, и обладающие относительно одинаковыми фильтрационными и емкостными свойствами. Выделяют следующие типы слоев: водоносный, водоупорный, относительно водоупорный, неводонасыщенный проницаемый, слабопроницаемый, непроницаемый.

Водоносный горизонт (зона) – проницаемое гидрогеологическое тело, постоянно содержащее подземные воды и отличающееся преимущественно однородным составом пород, характером питания, транзита и разгрузки подземных вод. Водоносная зона отличается от водоносного горизонта пространственной локализацией повышенной трещиноватости (тектонической или экзогенной) и проницаемости пород.

Относительно водоносный горизонт (зона) – слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды.

Относительно водоупорный горизонт (зона) – весьма слабопроницаемое гидрогеологическое тело, содержащее подземные воды преимущественно в связанном виде и характеризующееся замедленной, вертикальной фильтрацией при возникновении градиента напора между смежными водоносными подразделениями.

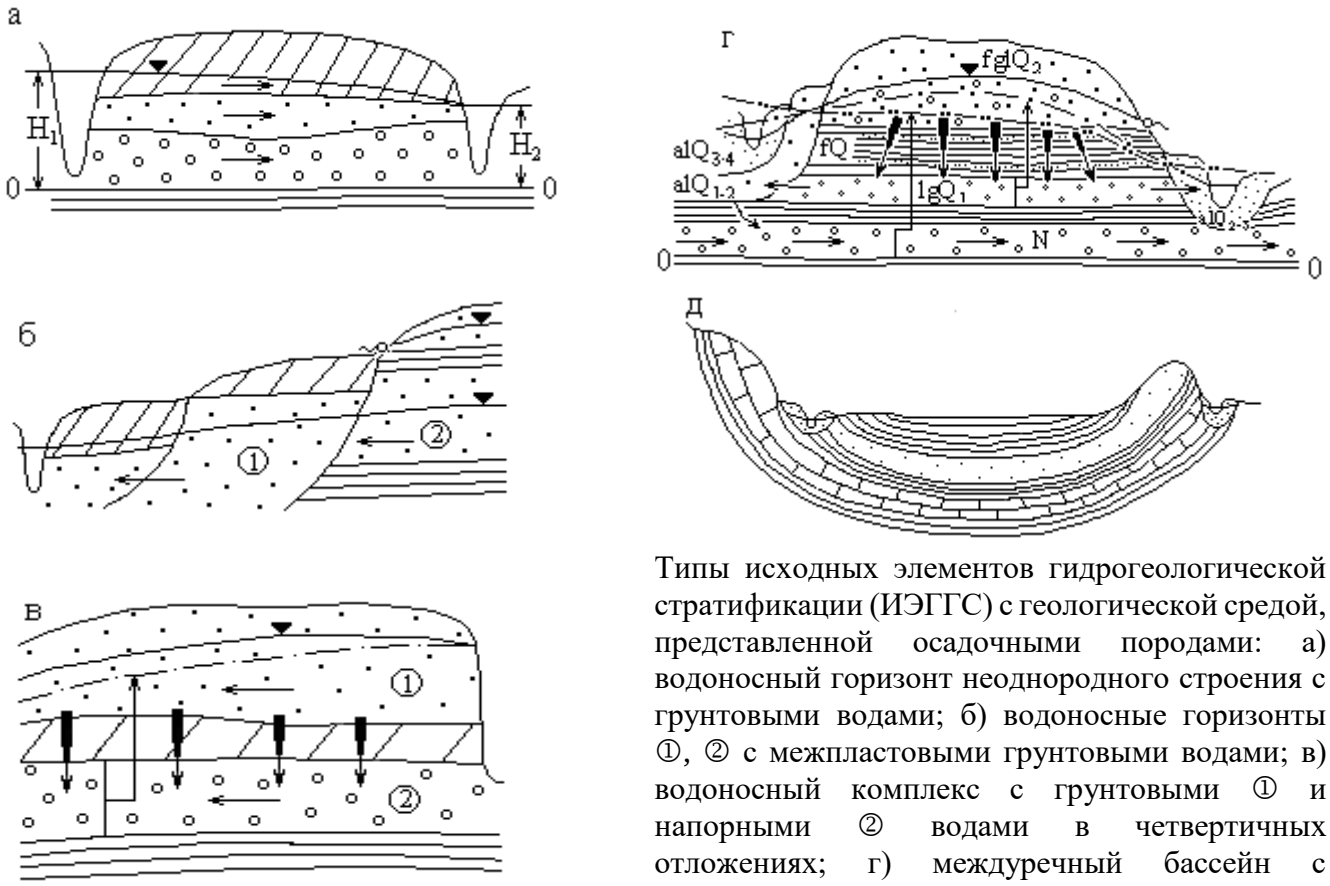
Водоупорный горизонт (зона) – практически водонепроницаемое гидрогеологическое тело.

Водоносный (относительно водоносный) комплекс – гидрогеологическое тело, состоящее из нескольких гидравлически взаимосвязанных водоносных (относительно водоносных) горизонтов или зон и разделяющих их локально или относительно водоупорных горизонтов (зон).

Водоносный этаж - система водоносных горизонтов (зон) и комплексов, характеризующаяся общими условиями водообмена и формирования подземных вод. Водоносный этаж подстилается входящим в его состав региональным водоупорным горизонтом, повсеместно развитым в границах гидрогеологической структуры.

Гидрогеологический бассейн – совокупность нескольких водоносных, водоупорных и относительно водоупорных горизонтов и (или) комплексов, характеризующихся в целом, общностью геологического развития и формирования гидродинамических, гидрохимических и гидрогеотермических процессов.

Гидрогеологическая система – совокупность нескольких гидрогеологических бассейнов, характеризующихся в целом общностью формирования ресурсов подземных вод.



Типы исходных элементов гидрогеологической стратификации (ИЭГГС) с геологической средой, представленной осадочными породами: а) водоносный горизонт неоднородного строения с грунтовыми водами; б) водоносные горизонты ①, ② с межпластовыми грунтовыми водами; в) водоносный комплекс с грунтовыми ① и напорными ② водами в четвертичных отложениях; г) междуречный бассейн с межпластовыми напорными водами в неогеновых, четвертичных отложениях и грунтовыми водами в аллювиальных и флювиогляциальных отложениях; д) артезианский бассейн с напорными водами.

Рис. 1.1. Элементы гидрогеологической стратификации

Выделение гидрогеологических элементов по условиям залегания.

Факторы, определяющие условия залегания подземных вод:

- Геологические (структурно-тектонические, литолого-фациальные и генетические типы отложений);
- Геоморфологические (тип, форма рельефа, характер и степень его эрозионной расчлененности, влияющие на условия питания и разгрузки подземных вод);
- Физико-географические или ландшафтные (определяют характер связи подземных вод с атмосферой, реками и т. п., величину питания и режим подземных вод, их запасы и ресурсы, качество).

По условиям залегания выделяют два вида подземных вод: грунтовые (безнапорные ①) и артезианские (напорные②), рис. 1.2.

По степени и характеру водонасыщенности выделены в разрезе 3 зоны: А – неполного (аэрации); Б – полного насыщения капельножидкой водой пор и трещин водовмещающих пород; и В – диссипации (где вода может находиться в диссоциированном состоянии). Для каждой зоны характерны преобладающие виды подземных вод по условиям нахождения и движения в горных породах. В зоне А – инфильтрационная и физически связанная вода, основная форма ее движения – инфильтрация (или влагоперенос). В зоне Б – свободная гравитационная вода, основная форма движения – фильтрация (или миграция подземных вод); в зоне В – физически- и химически связанная вода.

В таблице 1.1 приведена систематизация основных факторов, при анализе которых выделяются гидрогеологические системы по условиям залегания, а в таблице 1.2 приведены основные виды гидрогеологических систем с грунтовыми и напорными водами.

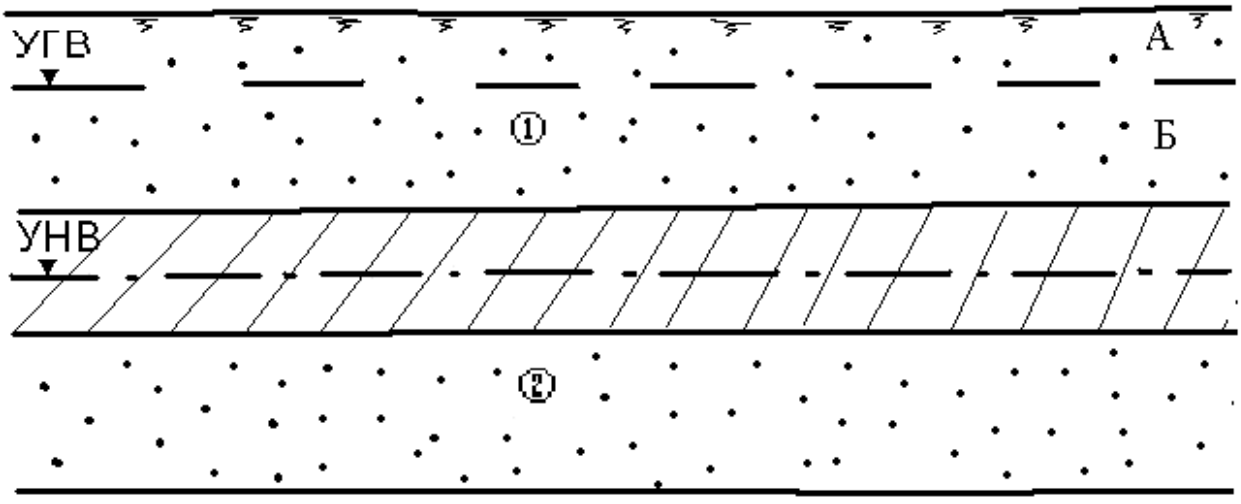


Рис. 1.2. Виды подземных вод по условиям залегания

Таблица 1.1

Факторы, определяющие выделение гидрогеологических систем в гидролитосфере по условиям залегания

Зона	Вид подземный воды	Признак				
		гидрогеологический	структурный	морфологический	литолого-генетический	гидротермодинамический
Аэрации	Инфильтрационная, физически связанная	Локальные зоны, потоки	-	-	-	Влагоперенос
Насыщения	Грунтовая (гравитационная)	Бассейны, потоки	Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др.	Речные долины, междуречья, конусы выноса, предгорные равнины, мелкосопочник, озы, камы	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия	Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др.
	Напорная (гравитационная)	Бассейны, склоны, потоки	Платформы, геосинклинали Впадины, прогибы, щиты, синклинали, антиклинали, разрывные структуры и др.	Виды складчатых структур Виды разрывных нарушений	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы Недислоцированные, дислоцированные Терригенные, карбонатные Аллювий, пролювий, делювия	Фильтрация Миграция а) конвекция, б) гидродисперсия, в) диффузия, г) сорбция, д) растворение и др.
	Глубинная (физически и химически связанная, свободная)	Потоки	Крупные разломы линеаменты и др.	-	Осадочные породы, метаморфические и изверженные породы	Миграция
Диссипации	мономолекулярная	- » -	Системы глобальных разломов	-	-	

Таблица 1.2

Систематизация гидрогеологических систем по условиям залегания

<table>
<tr><td>Зоны гидролитосферы</td><td>Виды подземных вод</td><td colspan="7">Виды гидрогеологических систем по условиям залегания</td></tr>
<tr><td>Неполного насыщения</td><td>Инфильтрационная, капиллярная и гравитационная</td><td colspan="7">Инфильтрующаяся вода (локальные потоки)
Зона с капиллярно-подвешенной водой
Верховодка (локальный бассейн)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Полного насыщения</td><td rowspan="2">Грунтовые (гравитационные)</td><td colspan="5">А. Грунтовые потоки и бассейны вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности</td><td>Б. Грунтовые бассейны и потоки криолитозоны</td><td>В. грунтовые бассейны и потоки зон молодой вулканической деятельности</td></tr>
<tr><td>I. Потоки речных долин:
1) потоки в аллювии равнинных рек;
2) подрусловые потоки;
3) потоки в погребенных долинах</td><td>II. Бассейны и потоки междуречных пространств:
1) в осадочных отложениях, недисло-цированных;
2) то же, дислоцированных;
3) в изверженных и метаморфических породах;
4) то же, с зонами разломов;
5) в вулканических лавах.</td><td>III. Потоки конусов выноса, предгорных равнин:
1) поток грунтовых вод головной части конуса выноса;
2) поток грунтово-напорных вод слоистых толщ.</td><td>IV. Бассейны синклинальных структур:
1) горных сооружений;
2) мелко-сопочника.</td><td>V. Бассейны и потоки с линзами пресных вод:
1) под-песчаными;
2) под-такырными;
3) при-канальными, приречными.</td><td>С наличием зон высокотемпературных полей, гейзеров, фумарол и др. в отложениях речных долин, междуречных пространств синклинальных структур, горных сооружений</td><td>С наличием зон многолетних мерзлых пород в отложениях речных долин, междуречных пространств, синклинальных структур горных сооружений</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 1.2.

Зоны гидролитосферы	Виды подземных вод	Виды гидрогеологических систем по условиям залегания						
	Напорные (гравитационные)	I. Артезианские бассейны: 1) платформ; 2) меж-горных впадин, краевых прогибов; 3) наложенные бассейны; 4) бассейны горных сооружений в осадочных отложениях, лагунах, вулканогенах	II. Артезианские склоны: 1) моноклиналей; 2) асимметричных структур; 3) выклинивания.	III. Субартезианские бассейны: 1) в осадочных отложениях на щитах; 2) в осадочных породах на платформах; 3) в дислоцированных породах горных сооружений.	IV. Бассейны междуречных пространств с межпластовыми напорными водами: 1) в четвертичных ледниковых отложениях; 2) в горизонтально залегающих четвертичных и более древнего возраста осадочных отложениях.	V. Потоки напорных вод крупных разломов: 1) вне криолитозоны и молодой вулканической деятельности; 2) в криолитозоне; 3) в зоне молодой вулканической деятельности.		
Диссипации	Глубинные (химически и физически связанные, гравитационные)	Сосредоточенные потоки напорных вод систем глобальных нарушений						

2. Изучение режима подземных вод

Режим подземных вод – процесс изменения во времени основных показателей подземных вод под влиянием различных факторов в данной естественноисторической обстановке.

Основными характеристиками режима называют числовые значения, характеризующие главные морфологические особенности хронологических графиков изменения показателей режима. Хронологическими называют графики изменения уровня, расхода, минерализации, температуры подземных вод во времени. К основным характерным параметрам режима относят (рис. 2.1): амплитуде А и период Т колебаний, экстремальные точки (минимумы, максимумы), средние, минимальные, максимальные и другие значения уровня, расхода, минерализации и т. п. С помощью этих характеристик можно более компактно в числовом виде представить хронологические графики показателей режима и тем самым уменьшить объем исходной информации.

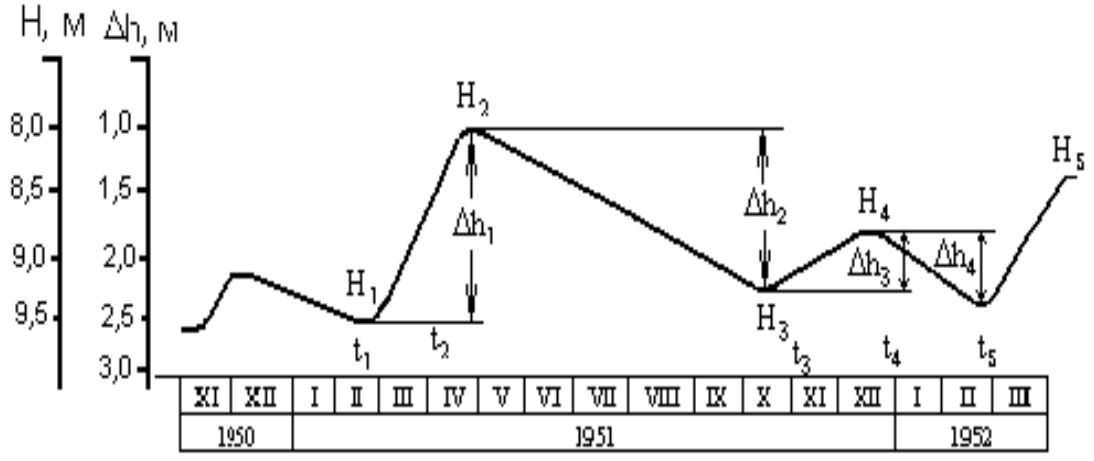


Рис. 2.1. Основные показатели сезонного изменения уровня подземных вод (по М. А. Шинкаревскому)

Определяют минимальные и максимальные значения суточных, декадных, месячных, весенних, летних, зимних, многолетних амплитуд,

подъемов, спадов (для уровней), температур, минерализации воды и других показателей режима. За эти интервалы времени вычисляют средние значения показателей:

$$\ddot{I}_{\tilde{n}\partial} = \frac{\sum_{1}^{n} \ddot{I}_{i}}{n},$$

где $П._i$ – значение показателя; n – число имеющихся показателей за рассматриваемый интервал времени.

К экстремальным точкам графиков относят максимум и минимум уровня, температуры, минерализации и соответственно дату его наступления (см. рис. 2.1). Амплитуды характеризуют разность между максимальным $П_{max}$ и минимальным $П._{min}$ значениям каждого из этих показателей за выделенный период времени

$$A = П_{max} - П._{min}$$

При нарушенном режиме вычисляют характерные показатели от действия техногенных факторов, например, амплитуду многолетнего подъема уровня воды под влиянием орошения или амплитуду снижения уровня воды под влиянием откачки и т. п.

Период колебаний T характеризует интервал времени между двумя значениями какого-либо показателя режима

$$T = t_2 - t_1$$

Чаще всего это интервал между временем наступления максимального и минимального значений показателя.

Задача. В предгорной части долины реки в толще аллювиальных песчано-глинистых отложений оборудованы створ наблюдательных скважин и гидрометрический пост на реке (рис.2.2). Провести первичную обработку наблюдений, пользуясь фактическими данными (таблица 2.1). Для этого выполнить следующее:

1) построить хронологические графики колебаний уровня воды в реке и скважинах; предварительно вычислить отметки уровня воды, зная, что отметки устьев скважины равны: скв.1 – 211,7 м, скв.2 – 211,65 м, скв 3. – 211,63 м, отметка “0” на гидропосте равна 209,5 м;
2) по графикам определить основные параметры режима подземных вод;
3) установить наличие и характер связи с рекой, для этого нанести на геологический разрез (рис. 2.2) положение уровня грунтовых вод на минимальные и максимальные даты.

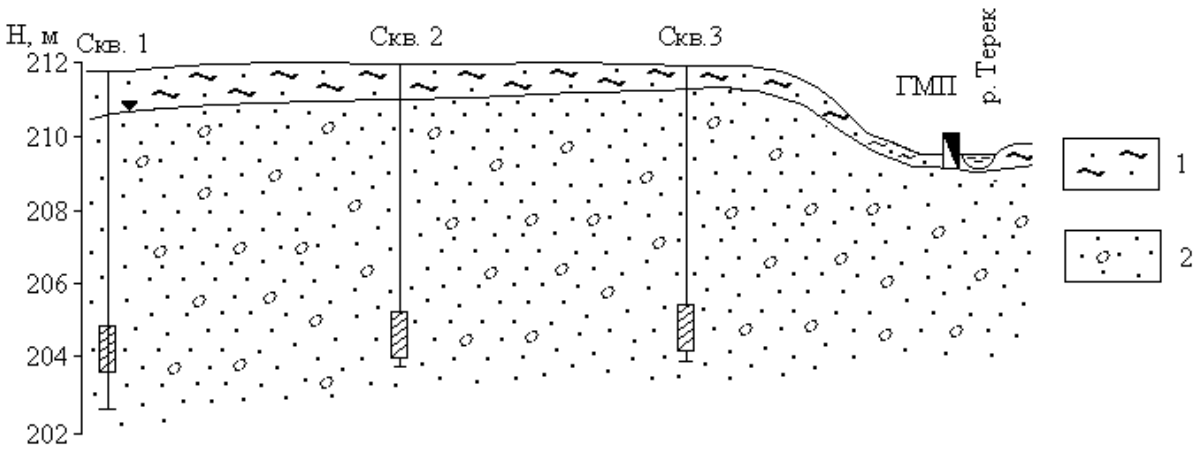


Рис. 2.2. Гидрогеологический створ в предгорной части долины р. Терека (alQ_4): 1 – супесчаный почвенный слой; 2 – гравийно-галечниковые отложения; ГМП – гидрометрический створ

Таблица 2.1

Данные наблюдений за уровнями грунтовых вод и реки

Дата наблюдений	Глубина залегания уровня от поверхности земли, м			
	Скв.1	Скв.2	Скв.3	Река

I/I 2002 г.	6,05	6.55	7.05	0.50
15/I	6,02	6.52	7.02	0.50
I/II	6,06	6.56	7.16	0.50
15/II	6,10	6.60	7.10	0.50
I/III	6,10	6.60	7.10	0.50
15/III	6,10	6.60	7.10	0.50
I/IV	6,10	6.60	7.10	0.60
15/IV	6,10	6.60	7.10	0.60
I/V	6,10	6.60	7.10	1.00
15/V	6,00	6.50	7.05	0.70
I/VI	5,90	6.40	6.90	1.00
15/VI	5,80	6.30	6.80	0.80
I/VII	5,80	6.30	6.80	1.00
15/VII	5,30	5.90	6.50	1.00
I/IX	4,50	5.00	5.90	1.00
15/IX	4,40	4.90	5.90	0.60
I/X	4,40	4.90	5.90	10.45
I/XI	4,40	4.90	6.0	0.50
15/XI	4,85	5.35	6.10	0.45
I/XII	4,90	5.40	6.13	0.50
I/I 2003 г.	5.00	5.30	6.15	0.50
15/I	5.90	6.40	6.90	0.45

3. Водные свойства горных пород

3.1. Определение коэффициента фильтрации песчаных горных пород

3.1.1. Водопроницаемость горных пород

Процесс фильтрации – это механическое движение свободной воды под действием градиента напора в порах и трещинах горных пород в условиях их полного заполнения этой водой. Водопроницаемость горных пород – это способность их пропускать через себя воду.

Водопроницаемость зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин в горных породах и характеризуется коэффициентом фильтрации, имеющим размерность скорости (см/с, м/с, м/сут).

Такая размерность получается из закона линейной фильтрации – закона Дарси, согласно которому количество фильтрующей воды в единицу времени

прямо пропорционально коэффициенту фильтрации $К_ф$, площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J:

$$Q = K \cdot F \cdot J \qquad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F, получим

$$\frac{Q}{F} = K \cdot J, \text{ где } \frac{\text{Q}}{\text{F}} = V \qquad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = \text{К при J} = 1 \qquad (3)$$

Формулой (3) определяется скоростная размерность коэффициента фильтрации горных пород.

Следует отметить, что расчетная скорость фильтрации отличается от истинной скорости движения воды в породах, так как жидкость движется не через всю площадь, а через площадь поровых и трещинных пространств.

Величина коэффициента фильтрации зависит от физических свойств горных пород (гранулометрический состав, плотность сложения и др.).

Средние значения $К_ф$ для различных горных пород приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Классификация пород по водопроницаемости

Группа	$К_ф$, м/сут	Примеры пород
Весьма проницаемые	>100	Крупный гравий, закарстованные сильнотрещиноватые известняки, галечник с песчаным заполнителем.
Хорошо проницаемые	100 – 10	Гравийно-галечниковые отложения, крупнозернистые пески, сильнотрещиноватые породы.
Проницаемые	10 – 1	Пески разной зернистости, трещиноватые породы.
Слабопроницаемые	$1 – 10^{-1}$	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, супеси, слабо трещиноватые породы.

Группа	$К_ф$, м/сут	Примеры пород
Весьма слабопроницаемые	10^{-1}- 10^{-3}	Мелкие и средние суглинки, песчаные породы.
Относительно водоупорные	10^{-3}	Средние глины, плотные суглинки.

В лабораторных условиях коэффициент фильтрации определяется с помощью специальных приборов на образцах естественного и нарушенного сложения.

3.1.2. Определение коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Определение коэффициент фильтрации песчаных пород с помощью прибора, называющегося трубкой СпецГео, в основе работы которого лежит принцип трубки Дарси, и который дает возможность вести испытания пород при постоянном гидравлическом градиенте.

В состав трубки Спецгео входит:

1) фильтрационная трубка, состоящая из прямого цилиндра с площадью поперечного сечения 25 $см^2$ и высотой 100 мм с заостренными краями, перфорированного дна с отверстиями размером 2х2 мм и муфты с латунными сетками;
2) мерный стеклянный баллон со шкалой объемом 100 $см^3$;
3) приспособление для насыщения грунта водой и регулирования градиента напора, состоящее из подставки, подъемного винта, планки со шкалой градиентов напора от 0,1 до 1.

Последовательность определения.

1. Заполняют цилиндр испытуемым грунтом.

При испытании пород естественного сложения заостренным концом рабочего цилиндра вырезают образец грунта.

При испытании пород нарушенного сложения с высушенным до воздушно-сухого состояния грунтом проводят 2 опыта: в предельно рыхлом и предельно плотном сложении. В 1-ом случае наполнение цилиндра производится насыпанием грунта до необходимой высоты без уплотнения, во 2-ом – цилиндр наполняется слоями грунта толщиной 1-2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием.

2. Насыщение грунта водой.

В корпус наливают воду и вращением подъемного винта поднимают подставку до упора. Устанавливают цилиндр с грунтом на подставку, медленно погружают в воду до отметки градиента напора 0,8 и оставляют его в таком положении до тех пор, пока грунт увлажнится. В процессе водонасыщения грунта поддерживают постоянный уровень воды у верхнего края корпуса. Породу водонасыщают снизу, чтобы не произошло защемление воздуха. На полное водонасыщение укажет появившаяся на поверхности грунта пленка воды.

3. После водонасыщения грунта на образец помещают латунную сетку, на цилиндр одевают муфту. Вращением винта устанавливают цилиндр с грунтом до совмещения отметки необходимого градиента напора на пленке с верхним краем крышки корпуса и доливают воду в корпус до верхнего его края.

Замеряют температуру воды, заполняют его мерный стеклянный баллон и, закрывая пальцем его отверстие, быстро опрокидывают отверстием вниз и укрепляют в муфте фильтрационной трубки так, чтоб его горлышко соприкасалось с латунной сеткой.

После установки мерного баллона в него начинают равномерно подниматься мелкие пузырьки воздуха, что указывает на начало фильтрации. Если в баллон прорываются крупные пузырьки воздуха, то его необходимо опустить глубже, добившись появления мелких пузырьков.

Отметив уровень воды в стеклянном баллоне, заметить соответствующее этому уровню время по секундомеру. Следить за скоростью фильтрации воды.

Замеры расхода воды произвести несколько раз (не менее четырех) и вычислить среднее значение.

4. Обработка результатов. Данные опыта занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Журнал для определения Кф в трубке СпецГео

№ опыта	Описание породы	Площадь поперечного сечения трубки	Градиент напора	Температура воды	Объем профильтрованной воды	Время фильтрации	$К_ф$ по отдельным замерам	Средний коэффициент фильтрации

Коэффициент фильтрации $К_{10}$, м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре воды 10 ^{0}С, вычисляют по формуле:

$$K_{10} = \frac{864 \cdot V}{t \cdot A \cdot T \cdot J},$$

где V – объем профильтровавшейся воды при одном замере, см^3;

t- время фильтрации;

А – площадь поперечного сечения цилиндра с грунтом, см^2;

J - градиент напора;

$T=0,7+0,03T_ф$ – температурная поправка,

где $T_ф$ - фактическая температура воды при опыте;

864 – переводной коэффициент (из см/сек в м/сут).

4. Химический состав подземных вод

Природные воды являются растворами сложного состава и разнообразной минерализации, колеблющейся в пределах от единиц миллиграммов до сотен граммов в литре.

Формирование химического состава природных вод происходит в результате выщелачивания, испарения, конденсации, ионного обмена, поглощения и выделения газов, органической жизни и продуктов ее

деятельности и других физико-химических процессов взаимодействия вод с породами, почвами и газами. Растворяющая способность воды делает ее важнейшим агентом в геохимических процессах перераспределения элементов в земной коре.

В практике гидрогеологических работ исследование химического состава природных вод решает следующие задачи:

1. Изучение закономерностей формирования и распространения природных вод различного состава.
2. Исследование природных вод как поискового критерия на месторождения полезных ископаемых.
3. Оценка природных вод как химического сырья для получения йода, брома, бора, меди и др. веществ.
4. Оценка состава и свойств природных вод для питьевого, технического, сельскохозяйственного, лечебного и других видов использования.
5. Оценка загрязненности природных вод под воздействием антропогенных факторов.

С целью определения химического состава растворенных в воде веществ производят химический анализ воды.

В зависимости от задач и целей исследований полнота и характер анализа могут быть различными. В практике применяются общие, сокращенные и специальные анализы воды, производимые в полевых и стационарных условиях.

4.1. Обработка результатов химического анализа подземных вод

Ионно-солевой состав воды принято выражать в виде содержания в воде отдельных ее компонентов ионов.

Результаты химического анализа вод могут быть представлены в различных формах. Различают ионно-весовую, эквивалентную и процент-эквивалентную формы выражения химических анализов.

Ионно-весовая форма – основная форма выражения результатов анализа, представляет собой выражение ионно-солевого состава подземных вод в виде

весовых количеств отдельных ионов в миллиграммах или граммах на 1 л воды, а для минерализованных вод и рассолов – на 1 кг воды.

Однако, для полной характеристики свойств воды ионная форма выражения анализа недостаточна. Поэтому наряду с ионной формой пользуются мг/экв формой выражения анализа, наиболее полно отражающей внутреннюю химическую природу входящих в состав воды веществ и ее важнейшие свойства.

Эквивалентная форма основана на том положении, что ионы в растворе реагируют между собой не в равных весовых количествах, а в эквивалентных количествах, зависящих от массы иона и их валентности. Эквивалентным весом иона называется частное от деления его ионной массы на валентность, например: эквивалент Na^+ равен 23/1; Cl^- - 35,5/1; Ca^{2+} - 40/2. Следовательно, при реакции реагируют на 1 г Na с 1 граммом Cl^-, а 1 эквивалент Na^+ с 1 эквивалентом Cl^-.

Для перехода от ионно-весовой формы к мг/экв–форме необходимо число миллиграммов каждого иона разделить на его эквивалентный вес, или умножить на коэффициент, представляющий величину, обратную эквивалентному весу. В таблице 4.1. представлены пересчетные коэффициенты для наиболее распространенных в подземных водах ионов.

Таблица 4.1

Таблица эквивалентных масс и пересчетных коэффициентов

Анионы А	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент	Катионы К	Эквивалентная масса	Пересчетный коэффициент
Cl^-	35,457	0,02820	Na^+	22,997	0,04348
SO_4^{2-}	48,033	0,02082	K^+	39,098	0,02558
HCO_3^-	61,018	0,01639	Mg^{2+}	12,160	0,08224
CO_3^{2-}	30,005	0,03333	Ca^{2+}	20,040	0,04990
NO_2^-	46,008	0,02174	NH_4^+	18,040	0,05543
NO_3^-	62,008	0,01613	Fe^{2+}	27,925	0,03581
PO_4^{3-}	31,658	0,03159	Fe^{3+}	18,617	0,05371

Если содержание какого-либо иона выражают в эквивалентной форме, то перед символом ставят знак “r” (реагирующая величина).

Согласно правилу Фрезениуса, все химические соединения, растворенные в водном растворе, реагируют между собой в эквивалентных количествах, т. е.

$$\Sigma rK = \Sigma rA$$

Практически в полном анализе, когда все ионы определены аналитически, точного совпадения цифр ввиду погрешностей анализа не бывает.

Для сопоставления химического состава природных вод различной минерализации и более ясного представления о соотношениях между ионами одной и той же воды проводится пересчет результатов анализа воды в % - эквивалентную форму.

Для вычисления %-экв принимают сумму мг·экв анионов (ΣrA), содержащихся в 1л воды за 100% и вычисляют процент содержания каждого аниона в мг·экв по отношению к этой сумме. Аналогично поступают и с катионами:

$$\%-\underset{(или K)}{экв A} = \frac{100 \cdot rA(или K)}{\sum rA(или K)}$$

Результат анализа ионов, выраженный в различных формах, представляют в виде таблицы 4.2:

Таблица 4.2

Пример выражения результатов химического анализа воды

Катионы	Содержание			Анионы	Содержание		
	мг/л	мг-экв/л	%-экв/л		мг/л	мг-экв/л	%-экв/л
Na^+	78	3,39	34	Cl^-	125	3,53	36
K^+	9	0,23	2	SO_4^{2-}	83	1,73	17
Ca^{2+}	89	4,44	44	NO_3^-	5	0,08	1
Mg^{2+}	24	1,97	20	HCO_3^-	282	4,62	46
Итого pH=7,6	200	10,03	100	Итого	495	9,96	100

Определение общей минерализации. Для определения общей минерализации находят сумму миллиграммов всех ионов, молекул и других соединений, содержащихся в воде согласно выполненному анализу. О

величине общей минерализации можно судит по сухому, или плотному остатку, полученному после выпаривания воды. Растворенные газы, летучие соединения, в том числе органические вещества, при выпаривании и высушивании улетучиваются, но могут идти процессы гидролиза и образования кристаллогидратов. Все это может приводить к значительным погрешностям в определении сухого остатка. Расхождение между экспериментальным определением сухого остатка и расчетной величиной общей минерализации не должно превышать 3 %.

Определение видов жесткости воды. Общая жесткость определяется как сумма миллиграмм-эквивалент в 1 л ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, карбонатная – как величина иона HCO_3^-, связанного с Ca^{2+} и Mg^{2+}. В случае, когда количество иона HCO_3^- превышает суммарное содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, вся жесткость считается карбонатной. Постоянную жесткость воды определяют как разницу между общей и карбонатной.

4.2. Графическое изображение результатов химических анализов

Формула Курлова (или формула состава воды) - прием наглядного изображения химического состава природной воды. Эта формула представляет собой псевдодробь, в числителе которой в убывающем порядке записывают процент-эквивалентное содержание анионов, в знаменателе катионов.

Перед дробью сокращенно указывают величину минерализации (М) в г/л с точностью до одного десятичного знака, и компоненты (в том числе и газы), придающие воде специфические свойства (CO_2, H_2S, Br, Y, радиоактивность и др.). Справа от дроби указывают показатели, характеризующие Eh, pH, T (ºC), при наличии данных – дебит Q скважины или источника в $м^3$/сут.

Ионы, присутствующие в количествах менее 10 %-экв/л в форму не вносят.

В наименование состава воды включаются анионы и катионы, содержание которых превышает 25 %-экв/л. Наименование состава воды дается в следующем порядке: по минерализации, по анионному, затем по катионному составу (в

порядке увеличения), по специфическим компонентам, по величине pH, по температуре.

В качестве примера рассмотрим формулу состава воды для приведенного выше результата химического анализа подземных вод.

$$M0,7\ \frac{HCO_3 46 Cl 36 SO_4 17}{Ca 44 Na 34 Mg\, 20}\ pH 7,6$$

Т. е. вода хлоридно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая пресная, слабощелочная.

Существуют графические способы выражения химического состава природных вод, которые позволяют на небольшой по размерам схеме показать результаты сотен анализов. Рассмотрим 2 из них: метод треугольных координат и график–квадрат Толстихина.

Метод треугольных координат (графики-треугольники Фере). Применение равносторонних треугольников для отображения химического состава природных вод основано на общеизвестном их свойстве: общая длина перпендикуляров, восстановленная из любой точки равностороннего треугольника на его стороны, является величиной постоянной, т. е. перпендикуляры из каждой точки треугольника могут служить координатами (рис. 4.1).

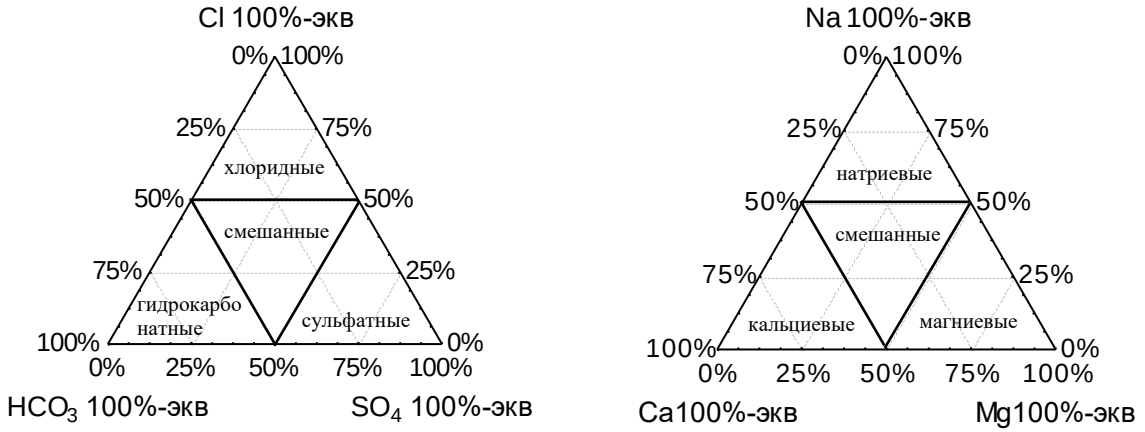
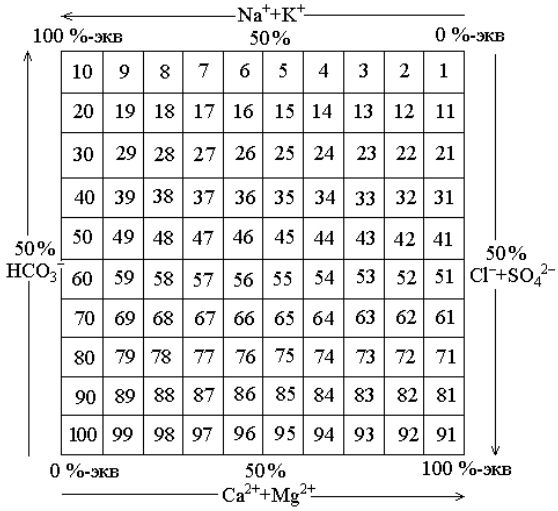


Рис. 4.1. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по треугольникам Фере

Графики-треугольники Фере составляются отдельно для катионов и анионов, содержание которых дается в %-экв/л. В вершинах треугольников содержание ионов составляет 100 %-экв/л. Каждая сторона треугольника делится на 10 равных частей по 10 %-экв. Положение анализов определяется пересечением 3-х линий, параллельных основаниям треугольника.

Группировка анализов в вершинах треугольников указывает на преобладание в водах соответствующих ионов; в средней части располагаются смешанные по составу воды. Графики-треугольники дают возможность определения соотношений каждого иона, но сопоставление анализов затрудняется разобщенным изображением анионов и катионов.

График-квадрат Н. И. Толстихина. График-квадрат представляет собой квадрат, каждая сторона которого разделена на 10 равных частей – по 10 %-экв. По горизонтальным сторонам квадрата наносят количество катионов (%-экв), по вертикальным – количество анионов. На левой стороне квадрата сверху вниз откладывается эквивалентное содержание сумы ионов $Cl^-+SO_4^{2-}$; на правой - соответственно, снизу вверх HCO_3^-; на верхней стороне слева направо - $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ и тяжелые металлы (Me), внизу - Na^++K^+. Положение анализа на квадрате отмечается точкой и определяется пересечением 2-х осей координат (рис. 4.2).



10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
40	39	38	37	36	35	34	33	32	31
50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
80	79	78	77	76	75	74	73	72	71
90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
100	99	98	97	96	95	94	93	92	91

Рис. 4.2. Графическая систематизация химических анализов подземных вод по квадрату Н. И. Толстихина

Группировка анализов в вершинах квадрата указывает на преобладание химического состава воды: если точка находится в верхнем правом углу квадрата, вода, как правило, имеет гидрокарбонатный магниево-кальциевый состав; если в левом верхнем углу – гидрокарбонатный натриевый. В левом нижнем углу сосредоточены преимущественно хлоридные и сульфатные натриевые воды, а в правом нижнем – хлоридно-сульфатные магниево-кальциевые, в центре – смешанные по составу воды.

Недостатком использования графиков-квадратов является суммарное изображение ионов Cl^- и SO_4^{2}, Ca^{2+} и Mg^{2+}.

Задание. Обработать химический анализ подземный воды, приведенный в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Результаты химических анализов воды

№ п.п.	Водопункт	Температура воды, ^0C	pH	Своб. CO_2, мг/л	Сухой ост., мг/л	Анионы, мг/л				Катионы, мг/л			Примечание
						CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
1.	Скважина 1	8	7,2	0,8	298	-	115,9	107,4	8,9	12,9	52,1	15,2	NO_3 –1.4 мг/л
2.	Скважина 2	7	7,7	15,0	328	-	158,6	118,8	5,3	16,0	66,1	14,6	
3.	Скважина 3	6	7,1	49,5	278	-	134,2	71,1	7,1	8,5	50,1	12,1	$Fe_{общ}$ - 0,2 мг/л
4.	Шахтный водоотлив	15	7,8	21,0	3394	348,1	2041,0	4,1	585,0	1364,0	9,0	23,1	NO_3 -3,3 мг/л $Fe_{общ}$ – 0,2 мг/л
5.	Скважина 4	5	8,5	57,0	468	3,0	94,6	258,4	5,3	19,1	73,2	32,8	NO_2 – 0,02 мг/л NO_3 – 0,2 мг/л
6.	Скважина 5	7	7,3	1,6	798	-	405,7	261,2	24,8	170,1	50,1	36,4	NO_3 – 7,0 мг/л
7.	Шахтный водоотлив	10	7,6	33,3	1062	42,0	610,2	174,4	120,6	300,7	23,1	52,3	NO_3 –7,5 мг/л
8.	Скважина 6	8	7,7	88,0	211	-	58,0	93,4	10,6	9,4	30,1	15,8	NO_3 – 0,9 мг/л
9.	Шахтный водоотлив	13	7,3	12,4	3184	9,0	485,1	1564,7	280,1	465,3	244,5	198,2	NO_3 – 1,8 мг/л NO_2 – 1,2 мг/л
10.	Скважина 7	10	7,7	43,7	688	12,0	201,3	179,7	152,4	104,8	70,1	44,9	NO_3 – 0,9 мг/л
11.	Шахтный водоотлив	12	7,6	31,5	3164	24,0	521,7	811,8	921,8	826,5	86,2	149,6	NO_3 – 0,5 мг/л
12.	Скважина 8	9	7,1	8,8	390	-	67,1	206,1	7,1	14,9	62,1	21,8	NO_3 – 1,2 мг/л NH_4 –1,2 мг/л
13.	Скважина 9	9	7,1	19,2	332	-	259,3	68,8	7,5	16,3	70,1	20,6	NO_3 –1,8 мг/л Fe –0,9 мг/л

Продолжение табл. 4.3

№ п.п.	Водопункт	Температура воды, ^0C	pH	Своб. CO_2, мг/л	Сухой ост., мг/л	Анионы, мг/л				Катионы, мг/л			Примечание
						CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	$Na^+ + K^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
14.	Шахта	14	7,7	10,5	2078	66,0	744,4	161,7	657,8	703,0	28,1	53,5	NO_3 – 4,0 мг/л
15.	Скважина 10	10	8,3	22,4	328	6,0	137,3	115,6	7,1	11,3	66,1	15,2	
16.	Скважина 11	8	7,9	38,9	447	-	94,6	245,7	7,1	9,4	75,2	31,6	NO_3 – 1,2 мг/л NH_4 – 2,0 мг/л
17.	Скважина 12	7	8,1	71,8	489	-	85,4	256,0	12,4	27,1	80,2	27,3	NO_3 -22,5 мг/л Fe –5,7 мг/л
18.	Скважина 13	8	8,0	13,3	304	-	125,1	104,1	14,2	29,9	56,1	7,9	NO_3 – 8,0 мг/л
19.	Шахта	13	7,3	46,0	1056	-	317,2	385,4	145,3	159,3	116,2	55,3	NO_3 – 1,2 мг/л
20.	Шахта	14	7,4	11,0	1250	-	283,7	503,6	138,2	143,4	134,2	74,1	NO_3 –0,5 мг/л
21.	Скважина 14	9	7,5	78,5	438	-	140,3	216,3	10,6	18,6	86,1	24,3	
22.	Шахта	13	7,9	28,0	1842	-	-	291,8	850,9	537,3	58,1	45,0	NH_4 –0,7 мг/л Fe –2,0 мг/л
23.	Скважина 15	10	6,4	21,1	617	-	30,5	393,4	7,1	19,8	78,2	49,8	NO_3 – 1,5 мг/л NH_4 – 1,0 мг/л Fe – 1,7 мг/л
24.	Скважина 16	8	7,1	36,5	295	-	36,6	141,1	26,6	18,8	47,1	15,2	NO_3 – 8,0 мг/л
25.	Скважина 17	9	7,6	15,4	367	-	244,0	1,0	9,0	46,3	35,3	6,0	

4.3. Оценка качества питьевых вод

При оценке подземных вод для питьевого водоснабжения пользуются следующими нормативными документами: ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая», СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Согласно этим документам, питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Безопасность воды в эпидемическом отношении определяют ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Микробиологические и паразитологические показатели качества воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформ-ные бактерии (ТТКБ)	число бактерий в 100 мл	отсутствие
Общие колиформные бактерии (ОКБ)	число бактерий в 100 мл	-”-
Общее микробное число (ОМЧ)	число образующих колоний бактерий в 1 мл	не более 50
Колифаги	число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	число спор в 20 мл	отсутствие
Цисты лямблий	число цист в 50 л	отсутствие

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 4.5);
- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения (таблица 4.6);

- содержанию вредных химических веществ, поступающих в источники водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека (приложение 2 СанПиНа 2.1.1074-01).

Таблица 4.5

Обобщенные показатели и содержания вредных химических веществ в природных водах

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	Ед. pH	в пределах 6-9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500)**		
Жесткость общая	мг-экв/л	7,0 (10)**		
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,25		
Неорганические вещества				
Алюминий (Al^{3+})	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba^{2+})	-“-	0.1	-“-	2
Бериллий (Be^{2+})	-“-	0,0002	-“-	1
Бор (B, суммарно)	-“-	0,5	-“-	2
Железо (Fe, суммарно)	-“-	0,3 (1,0)**	орг.	3
Кадмий (Cd суммарно)	-“-	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	-“-	0,1 (0,5)**	орг.	3
Медь (Cu, суммарно)	-“-	1,0	-“-	3
Молибден (Mo, суммарно)	-“-	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	-“-	0,05	-“-	2
Никель (Ni, суммарно)	-“-	0,1	-“-	3
Нитраты (по NO_3^-)	-“-	45,0	орг.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	-“-	0,0005	-“-	1
Свинец (Pb, суммарно)	-“-	0,03	-“-	2
Селен (Se, суммарно)	-“-	0,01	-“-	2
Стронций (Sr^{2+})	-“-	7,0	-“-	2
Сульфаты (SO_4^{2-})	-“-	500	орг.	4
для климатических районов				
- I и II	-“-	1,5	с.-т.	2
- III	-“-	1,2	-“-	2

Продолжение табл. 4.5.

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности*	Класс опасности
Хлориды (Cl^-)	-“-	350	орг.	4
Хром (Cr^{6+})	-“-	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN^n)	-“-	0,035	-“-	2
Цинк (Zn^{2+})	-“-	5.0	орг.	3
Органические вещества***				
γ-ГХЦГ (линдан)	-“-	0,002	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	-“-	0,002	-“-	2
2,4-Д	-“-	0,03	-“-	2

Примечание: * - *лимитирующий признак вредности вещества, по которому установлен норматив: «с.-т.» - санитарно-токсикологический, «орг.» - органолептический;* ** - *величина, указанная в скобках, может быть установлено по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки;* *** - *нормативы приняты в соответствии с рекомендациями ВОЗ.*

Таблица 4.6

Содержание вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

Показатели	Ед. изм.	Нормативы (предельно-допустимые концентрации (ПДК), не более	Показатель вредности	Класс опасности
Хлор				
- остаточный свободный	мг/л	в пределах 0,3-0,5	орг.	3
- остаточный связанный	-“-	в пределах 0,8-1,2	-“-	3
Хлороформ (при хлорировании воды)	-“-	0,2	с.-т.	2
Озон остаточный	-“-	0,3	орг.	
Формальдегид (при озонировании воды)	-“-	0,05	с.-т.	2
Полиакриламид	-“-	2,0	-“-	2
Активированная кремнекислота (по Si)	-“-	10	-“-	2
Полифосфаты (по PO_4^{3-})	-“-	3,5	орг.	3
Остаточные количества алюминий- и железосодержащих коагулянтов	-“-	см. показатели «Алюминий» и «Железо» таблицы 4.5		

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должна быть больше 1. Расчет ведется по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + ... + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1$$

Благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 4.7, а также нормативам содержания веществ, оказывающих влияние на органолептические свойства воды, приведенным в табл. 4.5 и 4.6 и в Приложении 2 СанПиН 2.1.4.1074-01.

Таблица 4.7

Нормируемые значения показателей органолептических свойств воды

Показатели	Единицы измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	-“-	2
Цветность	градусы	20 (35)*
мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по каолину)	2,6 (3,5)* 1,5 (2,0)*

Примечание: * - *величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной систему водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки.*

Не допускается присутствие в питьевой воде различимых невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки.

Радиационная безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по показателям общей α и β-активности, представленным в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Нормируемые показатели общей α и β-активности питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы	Показатель вредности
Общая α-активность	Бк/л	0,1	радиац.
Общая β-активность	Бк/л	1,0	- « -

5. Построение и анализ карт гидроизогипс

Грунтовые воды - подземные воды первого от поверхности постоянно существующего водоносного горизонта, залегающего на первом выдержанном водоупорном пласте.

Форма поверхности грунтовых вод определяется водопроницаемостью пород, условиями питания водоносного горизонта, конфигурацией берегов рек, к которым стекают грунтовые воды, понижением водоупора, мощностью водоносного пласта и т. д.

О форме их поверхности можно судить по карте изогипс.

Гидроизогипсами называют линии, соединяющие точки одинаковой абсолютной высоты поверхности грунтовых вод, или иначе - это линии - горизонтали зеркала грунтовых вод.

Для построения карты изогипс пользуются данными замеров глубин залегания уровней грунтовых вод в скважинах, шурфах, колодцах, горных выработках, отметками источников, сведениями водомерных постов на поверхностных водоемах.

Так как уровень грунтовых вод постоянно изменяется под влиянием различных природных и искусственных факторов, все данные, используемые при построении карт изогипс, должны быть взяты на одну дату, т. е. получены по одновременным замерам всех точек наблюдения, поэтому карты изогипс всегда датируются.

Карты изогипс составляют в масштабах от 1:10000 до 1:200000 в зависимости от характера и стадии гидрогеологических исследований. Сечение гидроизогипс выбирают в зависимости от принятого масштаба карты, пустоты пунктов наблюдений за уровнем грунтовых вод, уклона их поверхности. Обычно берут сечения 0,5, 1, 2, 5 и более м.

Глубина залегания грунтовых вод в каждой точке замера пересчитывается на абсолютные или относительные отметки:

$$H_в = H_з - h,$$

где $H_в$ - абсолютная отметка уровня грунтовых вод;

$H_з$ - абсолютная отметка поверхности земли;

h - глубина залегания подземных вод.

Вычисленные отметки уровня грунтовых вод наносятся на топографическую основу и методом интерполяции строят изогипсы.

Наиболее удобно интерполировать отметки по способу треугольников: все точки, по которым производятся замеры, соединяют линиями, образующими треугольники. При интерполяции этим методом должны соблюдаться следующие правила:

Линии, образующие треугольники, необходимо проводить так, чтобы длинная сторона была перпендикулярна к направлению падения потока.

Нельзя интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки (предварительно должен быть проанализирован характер дренирования грунтовых вод).

Не следует проводить интерполяцию между грунтами скважин, расположенных далеко друг от друга. Лучше проводить интерполяцию для каждой группы скважин отдельно, иначе можно исказить действительную форму поверхности грунтового потока.

При интерполяции удобно пользоваться палеткой на кальке в виде масштабной сетки, состоящей из системы параллельных линий, проведенных на расстоянии 2 - 5 мм. С помощью масштабной сетки пропорционально делят отрезки, соединяющие точки, отметки уровня которых подлежат интерполяции. После интерполяции соединяют точки с одинаковыми отметками; эти кривые и будут гидроизогипсами.

Необходимо отметить, что грунтовый поток обычно разбивается реками и поверхностными водоемами на отдельные, более мелкие потоки. Поэтому не следует интерполировать точки, расположенные по разные стороны поверхностных водотоков и водоемов. При наличии таких водотоков необходимо определять отметки урезов рек по водомерным постам и использовать их при интерполяции как точки выхода грунтовых вод на урезе реки.

Кроме карт гидроизогипс для целей проектирования и строительства могут составляться карты глубин залегания поверхности грунтовых вод, или карты гидроизобат. **Гидроизобатами** называют линии, соединяющие точки с одинаковыми глубинами залегания грунтовых вод. Карты гидроизобат, так же как и гидроизогипс, строят методом интерполяции глубин залегания уровня грунтовых вод.

Чаще всего для решения различных практических задач, карты гидроизогипс и гидроизобат составляют на одной и той же топографической основе.

Анализ карт гидроизогипс позволяют составить краткую гидрогеохимическую характеристику участка. По карте гидроизогипс можно определить:

- Направление движения грунтовых вод на заданном участке.
- Глубину залегания грунтовых вод в любой точке или на любом участке.
- Уклон грунтового потока.

- Характер взаимосвязи грунтовых вод с поверхностными.
- Условия питания и разгрузки подземных вод.

Направление движения грунтовых вод определяется по нормам к 2-м смежным гидроизогипсам. Движение воды направлено от более высоких отметок уровня к более низким.

Глубину залегания грунтовых вод в любом заданном пункте определяют по разности отметок горизонтами рельефа и гидроизогипсы.

Уклон потока подземных вод (J) определяется для любого заданного участка карты делением сечения карты гидроизогипс на кратчайшие расстояния между двумя гидроизогипсами, взятые в масштабе карты:

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

где H_1 и H_2 – отметки уровня грунтовых вод в двух точках;

L – расстояние между этими точками в масштабе карты.

Для определения уклона грунтового потока выбирается участка с наиболее равномерным и прямолинейным распределением гидроизогипс.

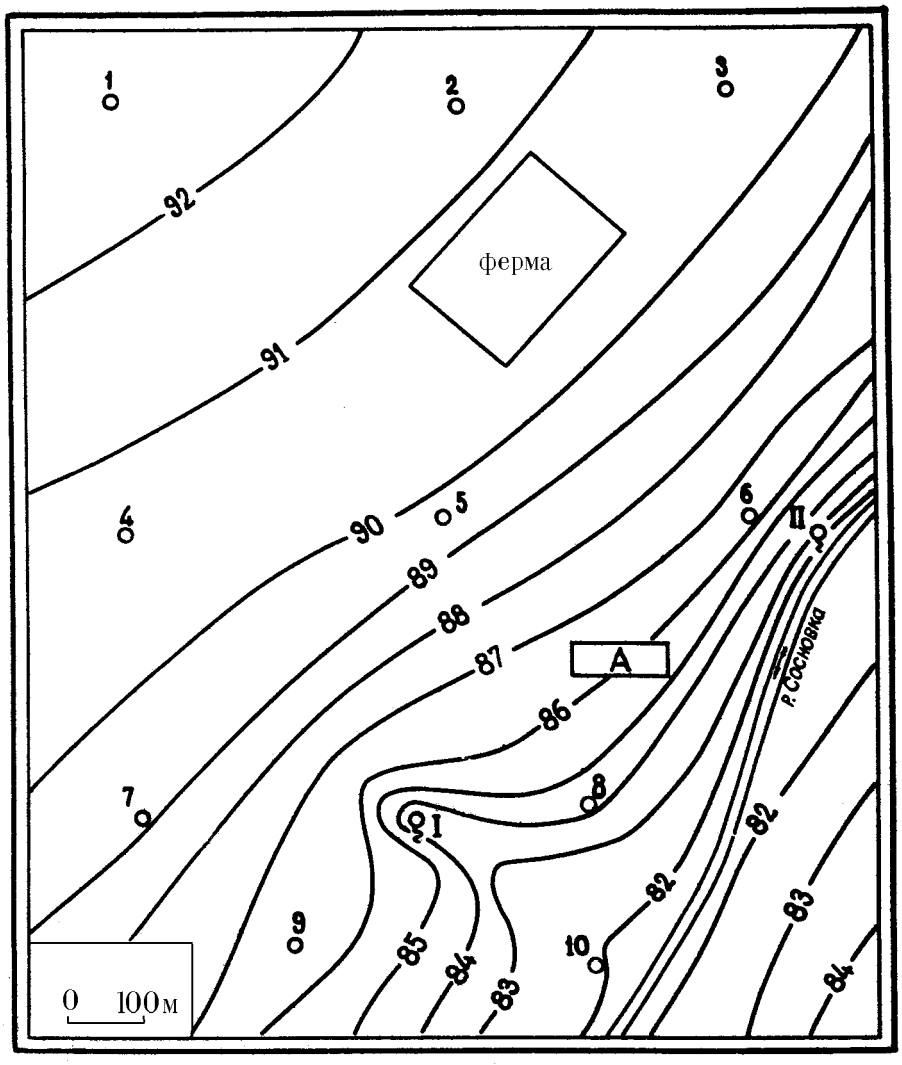
Связь грунтовых вод с поверхностными определяется по характеру сопряжения гидроизогипс с водоемами; если грунтовый поток направлен к реке, то он дренируется ею, если потоку грунтовых вод направлен от реки – река дренируется грунтовыми водами.

По соотношению и характеру изменения гидроизогипс могут быть выделены водоразделы подземных вод, участки их питания и разгрузки.

Участки замкнутых гидроизогипс с высокими отметками указывают на положение водоразделов грунтовых вод, где условия питания наиболее благоприятны.

Зоны с нулевой глубиной до воды указывают на участки выхода подземных вод на поверхность земли.

Задание. Построить карту гидроизогипс на топографической основе заданного масштаба, используя данные таблицы 5.1.



Данные для построения карты гидроизогипс:

№ скважины	Абсолютная отметка устья скважины, м	Глубина залегания грунтовых вод, м	Абсолютная отметка зеркала грунтовых вод, м
1		5,2	
2		4,5	
3		4,3	
4		5,0	
5		4,1	
6		2,0	
7		4,0	
8		1,0	
9		2,6	
10		0,5	

Необходимо:

1. Пользуясь приведенными данными по буровым скважинам, шурфам, колодцам, источникам и водомерному посту на реке – провести на карте гидроизогипсы через 1 м.
2. Определить направление движения подземных вод, показать его стрелками на карте, на характерных участках определить гидравлический уклон потока.
3. Определить по карте, на какой глубине можно встретить подземные воды, выделить зоны с различной глубиной (до 1 м, 1-3 м, 3-6 м, 6 м).
4. Охарактеризовать условия питания и разгрузки подземных вод.
5. Определить характер взаимосвязи реки и подземных вод, выявить влияние оврагов на поверхность подземных вод.

6. Построение и анализ гидрогеологических разрезов

Гидрогеологические разрезы – широко применяемая форма графической обработки и обобщения информации, разрезы характеризуют гидрогеологические условия территории в вертикальном разрезе.

Гидрогеологические разрезы характеризуют условия залегания и приуроченность подземных вод к различным горным породам, их связь с поверхностными водами, положение уровня подземных вод.

Построение разрезов выполняется в следующей последовательности:

1) выбирается наиболее информативный участок, где линия разреза пересекает различные геоморфологические элементы, зоны разломов, долины рек;
2) выбирается горизонтальный и вертикальный масштабы разреза. Горизонтальный масштаб должен соответствовать масштабу карты, вертикальный масштаб должен обеспечить четкое изображение

условий залегания и взаимосвязи водоносных горизонтов и комплексов, рек и т. п.;

3) строится гипсометрический профиль, на котором вертикальными линиями показывается местоположение скважин, отметки их устья и забоя, показывается рельеф поверхности земли. По данным бурения строят геолого-литологические колонки, проводят геологические и литологические границы пород, зоны разломов. Наносят положение уровня подземных вод по замерам в скважинах, колодцах, шурфах, источниках и др. На основании гидрогеологических данных выделяют водоносные горизонты и комплексы, разделяющие их водоупоры, указывают интервалы опробования, количественные показатели изученных свойств.

Для построения разреза необходимы топографическая карта, геологический и геоморфологический профили по выбранному направлению, геолого-литологические колонки скважин, шурфов и других выработок, находящихся на линии разреза или вблизи него, результаты наблюдений за уровнем подземных вод в скважинах, колодцах и др. выработках, результаты наблюдений на гидрометрических постах, специализированные исследования в скважинах и т. п.

Гидрогеологические разрезы анализируют в следующем порядке:

1. Устанавливают водоносные горизонты, условия их залегания, состав пород и данные об уровнях подземных и поверхностных вод.
2. Определяют мощность водоносного пласта как разность отметок его кровли и подошвы, величину напора над кровлей как разность отметок между пьезометрическим уровнем и кровлей пласта. Зоны, где поверхность земли располагается ниже пьезометрической кривой, выделяют как участки возможного самоизлива. Глубина безнапорных подземных вод определяется как разность отметок поверхности земли и уровня подземных вод, мощность - разностью отметок зеркала

подземных вод и водоупорной подошвой водоносного пласта; определяют мощность и строение зоны аэрации, устанавливают наличие относительно водоупорных прослоев в зоне аэрации, т. к. на них может формироваться верховодка, возможно создание и зон местного напора.

3. Характеризуют условия движения подземных вод; направление, уклон потока на разных участках.
4. Выделяют вид, условия питания и разгрузки подземных вод, местоположение областей питания и разгрузки.
5. Устанавливают характер и интенсивность взаимосвязи между водоносными горизонтами из литолого-фациального анализа разреза и соотношений напоров смежных водоносных горизонтов, характера изменения этих соотношений по разрезу.

Задание. Построить гидрогеологический разрез по карте гидроизогипс, используя данные таблицы 6.1.

Таблица 6.1

Данные бурения, необходимые для построения гидрогеологического разреза по линии 1- 11 по карте гидроизогипс

№ слоя (сверху вниз)	Мощность слоя, м	Геолог. индекс	Литологическая характеристика пород	Глубина выработки, м
			скважина 1	20
1	4,8	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	14,0	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	1,2	Q_{III}	глина плотная	
			скважина 4	18
1	2,4	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	12,6	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	3,0	Q_{III}	глина плотная	
			скважина 9	15
1	1,3	Q_{IV}	суглинок делювиальный, водонепроницаемый	
2	9,6	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
3	4,1	Q_{III}	глина плотная	
			Скважина 10	3
1	3,0	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
			Скважина 11	10
1	6,8	Q_{IV}	песок аллювиальный, разнозернистый	
2	3,2	Q_{III}	глина плотная	

Примечание: скважина 11 намечается произвольно, на противоположном берегу, в нижнем правом углу карты на 84 горизонтали рельефа.

Список литературы

1. Гавич И. К., Лучшева А. А., Семенова-Ерофеева С. М. Сборник задач по общей гидрогеологии Уч. пос. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985, 412 с.
2. Гореев П. В., Шемелина В. А., Шулякова О. К. Руководство к практическим занятиям по гидрогеологии: Уч. пос. для учащихся гидрогеологических специальностей геологоразведочных техникумов. М., Высш. школа, 1981, 152 с.
3. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
4. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
5. Кирюхин В. А., Коротков А. И., Павлов А. Н. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. Л.: Недра, 1988, 359 с.
6. Методические разработки для лабораторных и практических работ по курсам «Гидрогеология» и «Инженерная геология» для специальностей 0108; 0101; 0105; и «Гидрогеология с основами инженерной геологии» для специальностей 0209; 0202; 0206. Часть 1. Свердловск, изд. СГИ, 1980, 45 с.
7. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200000 и 1:1000000. М.: МПР РФ, 2001, 15 с.
8. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.

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

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Основы геодезии и топографии»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки
(уровень специалитета)

Екатеринбург, 2020 г

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Е.А.Акулова

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «**Основы геодезии и топографии**»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки
(уровень специалитета)

Стр.

1.Общие положения ……. 3

2. Требования к уровню освоения образовательной программы…… 4

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы 6

4. Виды самостоятельной работы ……. 7

5. Организация СРС……. 9

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы…… 19

7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов…… 28

8. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста……. 31

Список используемой литературы…… 34

1.Общие положения

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в

рейтинговой технологии обучения. Государственным стандартом предусматривается, как правило, 50% часов из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу студентов (далее СРС). В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. Любой вид занятий, создающий условия для зарождения самостоятельной мысли, познавательной активности студента связан с самостоятельной работой. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа студентов – это средство вовлечения студента в самостоятельную познавательную деятельность, формирующую у него психологическую потребность в систематическом самообразовании.

Сущность самостоятельной работы студентов как специфической педагогической конструкции определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, самостоятельная работа – это не просто самостоятельная деятельность по усвоению учебного материала, а особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

Основные задачи самостоятельной работы:

- развитие и привитие навыков студентам самостоятельной учебной работы и формирование потребностей в самообразовании;

- освоение содержания дисциплины в рамках тем, выносимых на самостоятельное изучение студента;

- осознание, углубление содержания и основных положений курса в ходе конспектирования материала на лекциях, отработки в ходе подготовки к семинарским и практическим занятиям;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий, при написании курсовых и дипломной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор - подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности.

2. Требования к уровню освоения образовательной программы

Объектом профессиональной деятельности выпускника по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» являются земельные ресурсы, используемые в различных отраслях народного хозяйства, их распределение по категориям земель, землевладениям и землепользованиям, правовой режим землепользования, количественная и качественная характеристики, управление и контроль за их состоянием и использованием, а также объекты недвижимости, включая земельные участки, находящиеся в границах городов и других поселений, их правовой статус, регистрация, оценка, контроль использования; городская среда; кадастровые информационные системы; проектно-техническая документация.

Выпускник по направлению подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» должен знать:

— методы проектирования и проведения технико-экономических расчетов; принципы землеустройства, земельного кадастра и городского кадастра; технологии проектирования; постановления, распоряжения, приказы вышестоящих и других органов;

— методические и нормативные материалы по землеустройству, земельному кадастру и городскому кадастру;

— стандарты, технические условия и другие руководящие материалы по разработке и оформлению проектно-сметной документации; технические средства проектирования в землеустройстве, земельном и городскому кадастрах, основы патентоведения;

— передовой отечественный и зарубежный опыт землеустройства, земельного и городского кадастров;

— технические, экономические, экологические и социальные требования к проектам (схемам) землеустройства и автоматизированным системам земельного и городского кадастров;

— законы, указы, постановления, приказы, методические и нормативные материалы по вопросам землеустройства организации государственного земельного и городского

кадастров и автоматизированных кадастровых систем; перспективы их развития; организацию экономического планирования и оперативного регулирования производства;

— структуру проектных предприятий и кадастровых организаций, производственные и функциональные связи между его подразделениями;

— задачи и содержание земельно-кадастровых систем; порядок разработки системы государственного земельного и городского кадастров; прогнозов, планов, схем и проектов землеустройства, технических и рабочих проектов;

— экономико-математические и статистические методы и модели;

— средства вычислительной техники, коммуникаций и связи; порядок постановки задач, их алгоритмизации;

— методы определения экономической эффективности землеустройства; внедрения кадастровых систем и технологий;

— стандарты унифицированной системы проектной и кадастровой документации;

— порядок разработки и оформления технической документации;

— основы экономики, организации производства, труда и управления в землеустройстве и земельном кадастре, основы трудового законодательства, правила и нормы охраны труда.

Государственным образовательным стандартом предусмотрено 8640 часов теоретического обучения (240 з.е).

Срок освоения основной образовательной программы подготовки выпускника при очной форме обучения составляет 208 недель, в том числе: теоретическое обучение, включая научно-исследовательскую работу студентов, практикумы, в том числе лабораторные - 177 недель; экзаменационные сессии 23 недели; практики: 30 недель; итоговая государственная аттестация, включая подготовку и защиту выпускной квалификационной работы (проекта) 6 недель; каникулы (включая 8 недель последипломного отпуска) 31 неделя.

Максимальный объем учебной нагрузки студента устанавливается 54 часа в неделю, включая все виды его аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы.

Объем аудиторных занятий студента при очной форме обучения не должен превышать в среднем за период теоретического обучения 24 часов в неделю. При этом в указанный объем не входят обязательные практические занятия по физической культуре и занятия по

факультативным дисциплинам. При очно-заочной (вечерней) форме обучения объем аудиторных занятий должен быть не менее 10 часов в неделю.

Следует заметить, что самостоятельная работа в пределах теоретического обучения составляет 4150 часов. Учебные практики составляют 16 недель, из расчета 36 часов в неделю самостоятельная работа составляет 576 часов. В период экзаменационной сессии самостоятельная работа студента в среднем составляет 25-30 часов. Не составляет исключение и выпускная квалификационная работа, где самостоятельная работа может составлять в среднем 500 часов. В итоге, за весь период обучения самостоятельная работа студентов составляет более 5000 часов. Для эффективного использования этого времени при подготовке дипломированного специалиста необходимо рационально его использовать, грамотно организовать работу и иметь мотивацию для ее реализации.

3. Внутренние факторы, способствующие активизации самостоятельной работы

Среди них можно выделить следующие:

1. Полезность выполняемой работы. Если студент знает, что результаты его работы будут использованы в лекционном курсе, в методическом пособии, в лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, то отношение к выполнению задания существенно меняется в лучшую сторону и качество выполняемой работы возрастает. При этом важно психологически настроить студента, показать ему, как необходима выполняемая работа.

Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную (квалификационную) работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут как разделы в его квалификационную работу.

Материальные стимулирующие факторы могут выражаться в надбавках к основной стипендии, номинированные на именные стипендии, участие в конкурсах научно-исследовательских работ, где в качестве приза могут выступать материальные поощрения.

2. Участие студентов в творческой деятельности. Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре.

3. Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. Использование мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при определенных условиях могут вызвать стремление к состязательности, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно проставлять повышенную оценку, а в противном случае ее снижать.

6. Индивидуализация заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

7. Мотивационным фактором в интенсивной учебной работе и, в первую очередь, самостоятельной является личность преподавателя. Преподаватель может быть примером для студента как профессионал, как творческая личность. Преподаватель может и должен помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста.

4. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются:

— формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

— написание рефератов;

— подготовка к лабораторным работам, их оформление;

— выполнение микроисследований;

— подготовка практических разработок;

— выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;

— выполнение конкретного задания в период прохождения учебной практики;

— компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;

— подготовка докладов и презентаций для конкурсов НИРС и конкурсов профессионального мастерства;

— подготовка к контрольным мероприятиям, таким как текущий контроль знаний в виде проверочных тестов или расчетно-графических работ, зачетов, экзаменов;

— выполнение курсовой работы или проекта;

— подготовка выпускной квалификационной работы.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

— текущие консультации;

— прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий);

— прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р);

— выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом);

— выполнение учебно-исследовательской работы (руководство, консультирование и защита УИРС);

— прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков);

— выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др.

5. Организация СРС

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории контролируется усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний, опроса студентов и т.д.

На практических и лабораторных занятиях различные виды СРС позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Лабораторные занятия строятся следующим образом:

1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).

2. Беглый опрос.

3. Решение 1-2 типовых задач.

4. Самостоятельное решение задач.

5. Проверка решения задач с обязательной работой над ошибками. Лабораторная или практическая работа считается выполненной при условии отсутствия ошибок.

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности. В зависимости от дисциплины или от ее раздела можно использовать два пути:

1. Давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.

2. Выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставлять по каждому занятию оценку.

При проведении лабораторных работ и учебных практик студенты могут выполнять СРС как индивидуально, так и малыми группами, каждая из которых разрабатывает свою задачу. Выполненная задача затем рецензируется преподавателем и членами бригады. Публичное обсуждение и защита своего варианта повышают роль СРС и усиливают стремление к ее качественному выполнению. Данная система организации практических занятий позволяет вводить в задачи научно-исследовательские элементы, упрощать или усложнять задания.

Активность работы студентов на обычных практических занятиях может быть усилена введением новой формы СРС, сущность которой состоит в том, что на каждую задачу студент получает свое индивидуальное задание (вариант), при этом условие задачи для всех студентов одинаковое, а исходные данные различны. Перед началом выполнения задачи преподаватель дает лишь общие методические указания (общий порядок решения, точность и единицы измерения определенных величин, имеющиеся справочные материалы и т.п.). Выполнение СРС на занятиях с проверкой результатов преподавателем приучает студентов грамотно и правильно выполнять технические расчеты, пользоваться вычислительными средствами и справочными данными. Изучаемый материал усваивается более глубоко, у студентов меняется отношение к лекциям, так как без понимания теории предмета, без хорошего конспекта трудно рассчитывать на успех в решении задачи. Это улучшает посещаемость как практических, так и лекционных занятий.

Выполнение лабораторного практикума, как и другие виды учебной деятельности, содержит много возможностей применения активных методов обучения и организации СРС на основе индивидуального подхода.

Любая лабораторная работа должна включать глубокую самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, обработку и интерпретацию экспериментальных данных. При этом часть работ может не носить обязательный характер, а выполняться в рамках самостоятельной работы по курсу. В ряд работ целесообразно включить разделы с дополнительными элементами научных исследований, которые потребуют углубленной самостоятельной проработки теоретического материала.

Разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса является важнейшим условием эффективности самостоятельной работы студентов. К такому комплексу следует отнести тексты лекций, учебные и методические пособия, лабораторные практикумы, банки заданий и задач, сформулированных на основе реальных данных, банк расчетных, моделирующих, тренажерных программ и программ для самоконтроля, автоматизированные обучающие и контролирующие системы, информационные базы дисциплины или группы родственных дисциплин и другое. Это позволит организовать проблемное обучение, в котором студент является равноправным участником учебного процесса.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;

- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;

- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;

- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;

- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;

- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

В последние годы наряду с традиционными формами контроля - коллоквиумами, зачетами, экзаменами достаточно широко вводятся новые методы, то есть организация самостоятельной работы студентов производится на основе современных образовательных технологий. В качестве такой технологии в современной практике высшего профессионального образования часто рассматривается рейтинговая система обучения, позволяющая студенту и преподавателю выступать в виде субъектов образовательной деятельности, т.е. являться партнерами.

Тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы и позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень

эффективен при реализации рейтинговых систем, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения путем подбора индивидуальных заданий для практических занятий, индивидуальной и самостоятельной работы, позволяет прогнозировать темпы и результативность обучения каждого студента.

Тестирование помогает преподавателю выявить структуру знаний студентов и на этой основе переоценить методические подходы к обучению по дисциплине, индивидуализировать процесс обучения. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.

С первых же сентябрьских дней на студента обрушивается громадный объем информации, которую необходимо усвоить. Нужный материал содержится не только в лекциях (запомнить его – это только малая часть задачи), но и в учебниках, книгах, статьях. Порой возникает необходимость привлекать информационные ресурсы Интернет.

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с книгой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. Первичное - эти внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятного олова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача вторичного чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.
Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

• Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

• Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

• Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).
• Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

• При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

•Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

• Если книга – Ваша 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 для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

• Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое,

то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

• «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

• Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких ***видов чтения***:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. 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;

3. 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;

4. изучающее – предполагает досконального освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. 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.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;

2. Выделите главное, составьте план;

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. 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.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя

студент должен:

– освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с Государственными образовательными

стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО/ГОС СПО) по данной дисциплине.

– планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем.

– самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя.

– выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого ГОС ВПО/ГОС СПО по данной дисциплине:

– самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;

– предлагать дополнительные темы и вопросы для самостоятельной проработки;

– в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;

– предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;

– использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;

– использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

6. Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на практических и семинарских занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы зияний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма

продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность

изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов),* причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Физически здоровый молодой человек, обладающий хорошей подготовкой и нормальными способностями, должен, будучи студентом, отдавать *учению 9-10 часов в день* (из них 6 часов в вузе и 3 - 4 часа дома). Любой предмет нельзя изучить за несколько дней перед экзаменом. Если студент в году работает систематически, то он быстро все вспомнит, восстановит забытое. Если же подготовка шла аврально, то у студента не будет даже общего представления о предмете, он забудет все сданное.

Следует взять за правило: *учиться ежедневно, начиная с первого дня семестра*.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 3 - 5 часов ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра, пропущенные дни будут потеряны безвозвратно, компенсировать их позднее усиленными занятиями без снижения качества работы и ее производительности невозможно. Первые дни семестра очень важны для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на весь семестр. Ритм в работе - это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха. Вначале для того, чтобы организовать ритмичную работу, требуется сознательное напряжение воли. Как только человек втянулся в работу, принуждение снижается, возникает привычка, работа становится потребностью.

Если порядок в работе и ее ритм установлены правильно, то студент изо дня в день может работать, не снижая своей производительности и не перегружая себя. Правильная смена одного вида работы другим позволяет отдыхать, не прекращая работы.

Таким образом, первая задача организации внеаудиторной самостоятельной работы – это составление расписания, которое должно отражать время занятий, их характер (теоретический курс, практические занятия, графические работы, чтение), перерывы на обед, ужин, отдых, сон, проезд и т.д. Расписание не предопределяет содержания работы, ее содержание неизбежно будет изменяться в течение семестра. Порядок же следует закрепить на весь семестр и приложить все усилия, чтобы поддерживать его неизменным (кроме исправления ошибок в планировании, которые могут возникнуть из-за недооценки объема работы или переоценки своих сил).

При однообразной работе человек утомляется больше, чем при работе разного характера. Однако не всегда целесообразно заниматься многими учебными дисциплинами в один и тот же день, так как при каждом переходе нужно вновь сосредоточить внимание, что может привести к потере времени. Наиболее целесообразно ежедневно работать не более чем над двумя-тремя дисциплинами.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (черчение, построение графиков и т.п.).

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия

физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных сигналов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удается, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

Подготовка к экзаменам и зачетам.

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий, особенно по математике - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неутомительные занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Правила подготовки к зачетам и экзаменам:

• Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное – это уже технические детали (главное – это ориентировка в материале!).

• Сама подготовка связана не только с «запоминанием». Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей.

• Готовить «шпаргалки» полезно, но пользоваться ими рискованно. Главный смысл подготовки «шпаргалок» – это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету,

что само по себе прекрасно – это очень сложная и важная для студента работа, более сложная и важная, чем простое поглощение массы учебной информации. Если студент самостоятельно подготовил такие «шпаргалки», то, скорее всего, он и экзамены сдавать будет более уверенно, так как у него уже сформирована общая ориентировка в сложном материале.

• Как это ни парадоксально, но использование «шпаргалок» часто позволяет отвечающему студенту лучше демонстрировать свои познания (точнее – ориентировку в знаниях, что намного важнее знания «запомненного» и «тут же забытого» после сдачи экзамена).

• Сначала студент должен продемонстрировать, что он «усвоил» все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.

Правила написания научных текстов (рефератов, курсовых и дипломных работ):

• Важно разобраться сначала, какова истинная цель Вашего научного текста - это поможет Вам разумно распределить свои силы, время и.

• Важно разобраться, кто будет «читателем» Вашей работы.

• Писать серьезные работы следует тогда, когда есть о чем писать и когда есть настроение поделиться своими рассуждениями.

• Как создать у себя подходящее творческое настроение для работы над научным текстом (как найти «вдохновение»)? Во-первых, должна быть идея, а для этого нужно научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, важно уметь отвлекаться от окружающей суеты (многие талантливые люди просто «пропадают» в этой суете), для чего важно уметь выделять важнейшие приоритеты в своей учебно-исследовательской деятельности. В-третьих, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время – важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

• Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой

текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важным мест и т, п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

• Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Содержание основных этапов подготовки курсовой работы

Курсовая работа - это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной финансовой ситуации.

Курсовая работа не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в курсовой работе должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки курсовой работы студентом.

Выполнение курсовой работы начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсовой работы.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсовой работы. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать первую (теоретическую) главу.

Выполнение курсовой работы предполагает проведение определенного исследования. На основе разработанного плана студент осуществляет сбор фактического материала, необходимых цифровых данных. Затем полученные результаты подвергаются анализу, статистической, математической обработке и представляются в виде текстового описания, таблиц, графиков, диаграмм. Программа исследования и анализ полученных результатов составляют содержание второй (аналитической) главы.

В третьей (рекомендательной) части должны быть отражены мероприятия, рекомендации по рассматриваемым проблемам.

Рабочий вариант текста курсовой работы предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки курсовая работа сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсовой работы студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Рекомендации по подготовке к защите курсовой работы

При подготовке к защите курсовой работы студент должен знать основные положения работы, выявленные проблемы и мероприятия по их устранению, перспективы развития рассматриваемой экономической ситуации.

Защита курсовой работы проводится в университете при наличии у студента курсовой работы, рецензии и зачетной книжки. Оценка - дифференцирована. Преподаватель оценивает защиту курсовой работы и заполняет графу "оценка" в ведомости и в зачетной книжке.

Не допускаются к защите варианты курсовых работ, найденные в Интернет, сканированные варианты учебников и учебных пособий, а также копии ранее написанных студенческих работ.

7. Требования к учебно-методическому обеспечению самостоятельной работы студентов

Для нормальной самостоятельной работы студент должен быть обеспечен достаточным количеством учебных пособий разного вида. Чем более разнообразны учебные пособия, тем более успешна будет самостоятельная работа студента, так как каждый может выбрать себе учебное пособие по силам, по склонностям, по материальным возможностям. Должны быть пособия краткие и подробные, с неглубокими и глубокими теоретическими обоснованиями, теоретического и практического содержания. Нужны справочники, конспекты-справочники, учебники. Часть учебных пособий должна находиться в учебной студенческой библиотеке, часть пособий студент должен иметь возможность купить для личного пользования в книжном магазине учебного заведения. Основная часть учебных пособий должна быть в бумажном виде (книги, брошюры, чертежи и т.д.).

Наряду с ними нужно создавать, накапливать в учебных фондах и продавать учебные пособия электронного вида. Этот вид учебных пособий в обозримом будущем не может стать основным и вряд ли когда-нибудь станет. Это – вспомогательные, дополнительные учебные пособия, используемые в основном для заочного, дистанционного образования. Количество учебных пособий в учебном фонде библиотеки должно быть таким, чтобы каждый студент мог получить хотя бы один из рекомендованных учебников.

Многоуровневая система высшего образования должна предоставлять человеку условия для развития его потенциальных возможностей и наиболее полного удовлетворения потребности личности в самореализации. Поэтому на каждом из уровней подготовки самостоятельная работа студентов (СРС) есть обязательное условие, которое должно быть соблюдено для достижения проектируемых результатов обучения. Правильная (психологически и дидактически обоснованная) организация СРС при изучении каждой дисциплины – это один из основных педагогических путей развития и становления творческих качеств личности учащегося на каждом уровне обучения.

Из дидактики следует, что для непрерывного развития учащегося и становления его как творческой личности все элементы содержания образования (знания, умения и навыки, опыт творческой и оценочной деятельности), выделенные в рамках определенной дисциплины, должны быть им усвоены с установкой на перенос и активное использование.

Поэтому на первом уровне обучения каждого студента по каждой учебной дисциплине нужно снабдить комплектом учебно-методических материалов, помогающих ему организовывать самостоятельную работу. В такой комплект обязательно должны входить: программа, адаптированная для студента; учебная литература (учебник, задачник, руководство по выполнению лабораторных работ); система заданий для самостоятельной работы студентов; методические указания по организации самостоятельной работы при выполнении заданий по разным видам занятий, включая и курсовые работы (проекты).

На втором и третьем уровнях обучения их следует снабдить методическими указаниями по выполнению выпускной работы, завершающей подготовку специалиста. Программа должна содержать: обоснование необходимости изучения дисциплины, написанное в убеждающей и понятной для студентов форме; четкую формулировку цели изучения и задач, которые должны быть решены для достижения общей цели; последовательность тем и разделов курса дисциплины, обязательных для данного направления подготовки; перечень видов деятельности, которые должен освоить студент, выполняя задания по дисциплине; перечни методологических и предметных знаний, общеобразовательных и специальных умений (с указанием уровня их усвоения), которыми необходимо овладеть в процессе изучения данной дисциплины; сроки и способы текущего, рубежного и итогового контроля уровня усвоения знаний сформированности умений.

Учебная литература по содержанию и последовательности представления материала должна соответствовать программе. Объем, научный уровень и стиль изложения должны позволять каждому студенту самостоятельно усвоить приведенный в ней материал за время, отведенное на его изучение, и овладеть знаниями, умениями, видами деятельности, перечисленными в программе. Для обеспечения терминологической однозначности в системе знаний, усваиваемых студентом, каждое учебное пособие (или другой вид учебной литературы) должно содержать словарь основных терминов, используемых в нем.

Задания для самостоятельной работы должны быть конкретными. Их содержание, соответствуя программе, должно знакомить студентов с современными методами решения задач данной дисциплины.

Структура заданий должна соответствовать принципу доступности: от известного к неизвестному и от простого к сложному, а трудоемкость – времени, выделенному программой на самостоятельную работу по изучению данной темы. В заданиях следует

указывать знания и умения, которыми должен овладеть студент по мере их выполнения. Кроме того, в них нужно включать вопросы для самоконтроля и взаимного контроля, тесты и контрольные вопросы для оценки и самооценки уровня усвоения знаний, сформированности умений.

Методические указания по организации СРС на каждом уровне обучения должны способствовать непрерывному развитию у них рациональных приемов познавательной деятельности в процессе изучения конкретных дисциплин. Основное назначение всех методических указаний – дать возможность каждому студенту перейти от деятельности, выполняемой под руководством преподавателя, к деятельности, организуемой самостоятельно, к полной замене контроля со стороны преподавателя самоконтролем. Поэтому они должны содержать подробное описание рациональных приемов выполнения перечисленных видов деятельности, критериев оценки выполненных работ, а также рекомендации по эффективному использованию консультаций и по работе при подготовке и сдаче экзаменов.

Каждый из названных учебно-методических материалов влияет в большей степени на один из этапов усвоения знаний и видов деятельности, но одновременно способствует осуществлению других этапов и более полной реализации их задач.

Так, программа с четко выделенной целью и перечнем задач, влияющих на ее достижение, определяет мотивационный этап и способствует организации деятельности на всех остальных, указывая последовательность изучаемых разделов, сроки контроля. Учебная литература служит информационной основой, прежде всего для ориентировочного этапа. В то же время работа с литературой усиливает мотивацию, если изложение материала по уровню сложности соответствует зоне ближайшего развития студента; помогает осуществлению исполнительского и контрольного этапов, если в ней указаны особенности выполнения заданий, даны контрольные вопросы.

Задания для самостоятельной работы организуют исполнительский этап, задавая последовательность видов деятельности, необходимых для усвоения знаний и приобретения умений. Так как задания содержат средства контроля, то они определяют и контрольный этап.

Вопросы и задачи в заданиях требуют от студента не только воспроизведения знаний, но и проявления творчества, формируют и развивают его опыт творческой деятельности. Это расширяет основы мотивации, усиливает и укрепляет ее. В целом содержание и структура

заданий, отвечающих перечисленным требованиям, позволяет регулярно занимающимся студентам получать удовлетворение от самостоятельно выполненной работы. Такой эмоциональный фон, в свою очередь, формирует положительное отношение к выполненному делу, а через него – и к изучаемой дисциплине.

Методические указания по организации СРС способствуют грамотному и рациональному осуществлению исполнительского этапа, обеспечивают контрольный этап. Для этого виды деятельности, активно используемые при изучении дисциплины, должны быть подробно описаны в указаниях с выделением последовательности действий и даже операций. В этом случае сами виды деятельности становятся предметом изучения, что дает верное направление ориентировочному этапу и, безусловно, усиливает мотивацию обучения. Работа студентов с такими методическими указаниями позволяет им уже при изучении общенаучных дисциплин усвоить полную и обобщенную ориентировочную основу для каждого из таких видов деятельности, как работа с литературой, проведение эксперимента, решение задач.

Таким образом, создание для каждой учебной дисциплины рассмотренного комплекта учебно-методических материалов обеспечивает обязательные этапы усвоения знаний, видов деятельности, опыта творчества, Снабжение таким комплектом каждого студента – необходимое условие полной реализации в процессе обучения всех возможностей СРС как вида познавательной деятельности, метода и средства учения и преподавания.

7. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя и специалиста

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение

научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этом пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют

никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебе с будущей профессиональной деятельности.

Список используемой литературы

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ направление подготовки бакалавриата 21.03.02 «Землеустройство и кадастры.

2. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы./ ГОУ ВПО «Московский государственный гуманитарный университет
им. М.А. Шолохова». 2010г.

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

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «Основы геодезии и топографии»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки

(уровень специалитета)

Екатеринбург, 2020 г

Г. П. КОЗИНА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по выполнению практических работ

по дисциплине «**Основы геодезии и топографии**»

для студентов очного и заочного обучения

направления подготовки (специальности)
21.05.03 Технология геологической разведки
(уровень специалитета)

СОДЕРЖАНИЕ

1.	РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ	4
1.1.	Определение расстояний	6
1.2.	Определение географических коорданат	7
1.3.	Определение прямоугольных координат	7
1.4.	Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны	8
1.5.	Определение дирекционного угла, истинного азимута и магнитного азимута линии	8
1.6.	Определение отметок точек и превышения между точками	9
1.7.	построение профиля местности по заданному направлению	10
1.8.	Определение крутизны ската	11
1.9.	Проектирование линии с заданной крутизной ската	12
1.10.	Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром	15
2.	РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ	17
2.1.	Привязка аэроснимка к топографической карте	17
2.2.	Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования	18
3.	СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	20
3.1.	Построение координатной сетки	20
3.2.	Нанесение точек съемочного обоснования по координатам	22
3.3.	Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей	23
3.4.	Вычерчивание топографического плана	25
4.	ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ	27
4.1.	Обработка результатов нивелирования	27
4.2.	Построение профиля	30
4.3.	Проектирование по прифилю	32
5.	РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ	34
5.1.	Измерение горизонтальных и вертикальных углов	34
5.2.	Измерение расстояний нитяным дальномером	37
5.3.	Измерение превышений	38

I. РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКИМИ КАРТАМИ

Для современных топографических карт установлены следующие масштабы: 1:1 000 000, 1:500 000, 1:300 000, 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000.

Топографические карты широко используются в народном хозяйстве для решения различных инженерных задач и служат основой для создания карт специального назначения.

Листы топографических карт различных масштабов объединены специальной системой разграфки и номенклатуры, основой которой является лист карты масштаба 1:1000 000. Каждый лист топографической карты ограничен с севера и юга параллелями, а с запада и востока – меридианами. Линии меридианов и параллелей образуют внутреннюю географическую рамку листа топографической карты, а их пересечение – углы рамки, которым соответствуют географические координаты, подписываемые на карте (широта φ и долгота λ). Например, координаты северо-западного угла рамки (рис. 1.1.).

$$\varphi = 54^0 20' \ , \ \lambda = 14^0 15'$$

Параллельно линиям географической раски с внешней ее стороны на карте показывается минутная рамка, линии которой разделены на черные и белые интервалы. Длины интервалов по северной и южной сторонам рамки соответствуют одной минуте долготы, а по западной и восточной – одной минуте широты.

Каждый интервал минутной рамки разбит точками на интервалы по 10✋. С помощью минутной рамки определяют географические координаты точек на карте: широта φ и долгота λ .

Для определения плоских прямоугольных координат точек на топографических картах наносится прямоугольная координатная сетка. Линии координатной сетки проходят параллельно осям координат зоны, в которой расположен данный лист. Обычно линии координатной сети проходят через 1 км. Оцифровка линий координатной сетки дается у их выходов за географической рамкой (рис. 1.1). Полные абсциссы и ординаты в (километрах) подписываются на выходах крайних линий данного листа. Остальные линии подписываются двумя последними цифрами.

Например:

абсциссы: 6019, 20, 21, 22, 6023,

ординаты: 3452, 53, 54, 3455.

Листы топографических карт сопровождаются зарамочным оформлением. Над северной рамкой указывается номенклатура листа, его название, система координат (рис. 1.1.). Под южной рамкой указывается численный и линейный масштабы карты, высота сечения рельефа, система высот, данные о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, график заложений, выходные данные, указывающие метод и год создания карты.

Между минутной и внешней рамками помещены номенклатуры смежных листов карт того же масштаба. На топографических картах специальными условными знаками изображаются контуры и рельеф местности, а также прочие сведения о ней.

Наличие на картах географической и прямоугольной сеток координат, данных о склонении магнитной стрелки и сближении меридианов, графика заложений и других данных позволяет решать по карте различные топографические и инженерные задачи.

студентами работы выполняются по топографической карте масштаба 1:10 000 на специальных бланках.

1.1. Определение раастояний

Циркулем – измерителем снимается величина отрезка на топографической карте между заданными точками. По линейке до 0,01 см измеряют длину этого отрезка ($\ell_{см}$). С помощью численного масштаба карты (I:M) определяется расстояние на местности (D) в метрах

$$\boldsymbol{D = \ell \cdot M},$$

где ℓ - длина отрезка с карты, измеренная по линейке в см;

M – знаменатель численного масштаба карты.

Пример: ℓ=4,25 см, *M* – 10 000, *D* = 4,25 **&** 10 000 = 42 500 см = 425 м.

Это же расстояние определяют с помощью линейного масштада, который помещается за южной рамкой листа карты под численным масштабом (рис. 1.1). Для этого циркулем – измерителем отрезок с карты откладывается на линейном масштабе так, чтобы правая игла измерителя была поставлена на оцифрованное деление линейного масштаба справа от «0», а левая игла попадала на первое (дробное) основание – слева от «0». По линейному масштабу справа налево считывается расстояние в метрах.

$\boldsymbol{D = 425}$ м.

1.2. Определение географических координат $\varphi \quad \lambda$

Географические координаты определяются по минутной рамке. Для определения широты φ через точку (Рис. 1.1 точки N) проводят параллель до пересечения с минутной рамкой. По западной или восточной сторонам рамки, считают число минут и секунд ($\Delta\varphi$) между южной стороной рамки и параллелью данной точки.

Широта (φ) точки будет $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$, φ_0 - широта южной стороны рамки, долгота - $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$, λ_0 - долгота западной стороны рамки.

Для определения долготы через точку проводят меридиан и по северной или южной стороне минутной рамки отсчитывают долготу (λ).

Пример: определить φ и λ точки *N* (Рис. 1.1).

$$\lambda_0 = 54^0 17' 30'' \quad \Delta\varphi = 1' 53'' , \ \varphi_N = 54^0 17' 30'' + 1' 53'' = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_0 = 14^0 15' \quad \Delta\lambda = 0' 32'' , \ \lambda_N = 14^0 15' + 0' 32'' = 14^0 15' 32''$$

1.3. Определение прямоугольных координат X и Y

Прямоугольные координаты точки на карте определяются по координатной сетке. Для этого из точки опускают перпендикуляры на южную и западную стороны квадрата координатной сетки. Измерителям с помощью линейного масштаба определяют расстояния по этим перпендикулярам в метрах, которые представляют приращения координат ΔX и ΔY по оси абсцисс и оси ординат. Полученные приращения прибавляют к оцифрованным координатам сетки X_i и Y_i.

Пример: определить прямоугольные координаты точки D (рис. 1.1).

$$X_D = X_i + \Delta X \ , \ Y_D = Y_i + \Delta Y$$

X_i - абсцисса южной горизонтальной линии сетки квадрата, в котором находится D.

$$X_i = 6022 \text{ км} ,$$

Y_i - ордината западной вертикальной линии этого же квадрата.

$$Y_i = 3453 \text{ км} .$$

$$\Delta X = 684м = 0{,}684км \ , \ \Delta Y = 460м = 0{,}460км$$

$$X_D = 6022км + 0{,}684км = 6022684м$$

$$Y_D = 3453км + 0{,}460км = 3453460м \ .$$

1.4. Определение положения точки относительно осевого меридиана зоны.

Долгота осевого меридиана зоны вычисляется по формуле:

$$L_0 = 6^0 \cdot n - 3^0 ,$$

где n – номер зоны.

Для $n = 3$ $L_0 = 6^0 \cdot 3 - 3^0 = 15^0$

Расстояние от осевого меридиана до точки определяется по формуле:

$$d_D = Y_D - 500км , \; Y_D = 453460м$$

где Y_D - ордината точки.

$$d_D = 453460м - 500км = -46540м$$

следовательно, точка D расположене к западу от осевого меридиана на расстоянии 46540 м.

1.5. Определение дирекционного угла α, истинного азимута A и магнитного азимута азимута A_m линии.

Для определения дирекционного угла заданной линии через начальную точку линии проводят прямую параллельную оси абсцисс, направлением на север (рис. 1.1., линия 1 – 2), от которой транспортиром измеряют угол по ходу часовой стрелки до направления на конечную точку линии.

Пример: $\alpha_{1-2} = 238^0$.

Истинный и магнитный азимуты вычисляют по формулам, пользуясь данными о сближении меридианов и склонении магнитной стрелки или по графику взаимного расположения меридианов.

$$A = \alpha + \gamma ,$$

$$A_m = \alpha - (\delta - \gamma) .$$

где γ - сближение меридианов,

δ - склонение магнитной стрелки.

При вычислении A и A_m по формулам учитываются знаки δ и γ.

Азимут истинный $A = 238^0 + (-0^0 35¶) = 237^0\ 25¶$.

Азимут магнитный $A_m = 238^0 - (0^0 45¶ – (-0^0\ 35¶)) = 236^0\ 40¶$.

Контроль вычисления A и A_m выполняют с помощью графика взаимного расположения меридианов (рис. 1.2).

Схема взаимного расположения меридранов

Из схемы видно, что $A_m = \alpha$ - (-0^0 35¶+0^0 45¶).

Для определения магнитного азимута на текущий год необходимо учесть годовое изменение склонения магнитной стрелки $\Delta\alpha = +2'$

2¶ & 34 года = 68 = 1^0 08¶ ; $\delta = 0^0 45¶ + 1^0\ 08¶ = 1^0\ 53¶$.

На 1993 год $A_m = 238^0 – (0^0\ 35¶ + 1^0\ 53¶) = 238^0 – 2^0\ 28¶ = 235^0\ 32¶$.

1.6 Определение отметок точек и превышений

Отметки точек на карте определяют по горизонталям. если точка находится на горизонтали, то ее отметка равна отметке этой горизонтали. Точки I находится на горизонтали с отметкой 187,5 м. Следовательно, $H_I = 187{,}5$ м (рис. 1.3).

Если точка находится между горизонталями, то ее отметка определяется по формуле $\boldsymbol{H = H_0 + h'}$

где $\boldsymbol{H_0}$ - отметка ближайшей к точке горизонтали,

$\boldsymbol{h'}$ - превышение между точкой и горизонталью $\boldsymbol{H_0}$.

Превышение $\boldsymbol{h'}$ может быть как положительным, так и отрицательным. Зная, что высота между горизонталями изменяется пропорционально заложению, $\boldsymbol{h'}$ определяют по формуле: $\boldsymbol{h' = \frac{h \cdot в}{a}}$,

где h – высота сечения рельефа,

a - расстояние между горизонталями (заложение),

$в$ – расстояние от точки до ближайшей горизонтали H_0.

Пример: Определить отметку H точки 2.

$$h = 2{,}5м \ , \ в = \frac{I}{2}a \ , \ h' = \frac{2{,}5}{2} = 1{,}25м \ ,$$

$$H_0 = 190{,}0 \ , \ H_2 = H_0 + h' = 190{,}0м + 1{,}25м = 191{,}2м \ .$$

Привышение между двумя точками (точки I и 2) находят как разность отметок этих точек

$$h_{1-2} = H_2 - H_1 ,$$

$$H_I = 187{,}5м \ , \quad H_2 = 191{,}2м \ ,$$

$$h_{1-2} = 191{,}2м - 187{,}5 = +3{,}7м.$$

Рис. 1.3. Определение отметок точек

1.7. Помтроение профиля местности по заданному направлению

Профиль по заданному направлению строят по отметкам точек, расположенных на этой линии. Горизонтальный масштаб 1:10 000 (равен масштабу карты), вертикальный – 1:1 000. Пример: Построить профиль по линии 3 – 4 (рис. 1.4.). (Сплошные горизонтали проведены через 2,5 м).

Для построения профиля на миллиметровой бумаге проводят прямую АВ – основание профиля (рис. 1.5), на которую переносят все точки пересечения (а,в,с…) заданного направления с горизонталями карты, и подписывают их отметки. Основанию профиля дают условную отметку H_0 , которая должна быть меньше минимальных отметок точек линии на 15 – 30 м. В примере H_0 = 170,0 м). К основанию профиля в отмеченных точках проводят пунктиром перпендикуляры, на которых откладывают в данном

вертикальном масштабе (1:1000) значения отметок. Полученные точки соединяют отрезками прямых линий.

Шкала отметок в вертикальном масштабе

Рис. 1.5. Профиль по заданному направлению

1.8. Определение крутизны ската

Крутизна ската ν^0 определяют по графику заложений (рис. 1.6.). Для этого измерителем берут заложение «а» (в примере по направлению СД), которое затем откладывают на графике заложений вдоль его вертикальных линий. Затем по основанию графика заложений определяют угол наклона, характеризующий крутизну ската (рис. 1.6.).

$$\nu^0 = 1^0,3.$$

График заложений

Рис. 1.6. Определение крутизны ската

1.9. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Между точками 1 и 2 (рис. 1.7.) спроектировать линию с крутизной ската не более 2^0. Для решения этой задачи по графику заложений измерителем берут заложение, которое соответствует заданной крутизне ската $\nu^0 = 2^0$. Этим раствором циркуля из точки I засекают следующую горизонталь и получают точку «а», затем из точки «а» засекают этим же раствором циркуля следующую горизонталь, получают точку «б» и т.д.

Соединив все точки, получают линию заданного уклона.

Задание выполняют на кальке, на которую предварительно копируют участок местности с горизонталями вдоль проектируемой линии.

Рис. 1.7. Проектирование линии с заданной крутизной ската

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

РАБОТА С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТОЙ

1. Расстояние между точками

D = 4,25 см х 10 000 = 425 м по численному масштабу

По линейному масштабу D = 400 м + 25 м = 425 м

2. Географические координаты точек

$$\varphi_Д = 54^0 19' 37'' \qquad \lambda_N = 54^0 19' 23''$$

$$\lambda_Д = 14^0 17' 07'' \qquad \lambda_N = 14^0 15' 32''$$

3. Прямоугольные координаты точек

$X_Д$ = 6022584 м X_N = 6022264 м

$X_Д$ = 453460 м $У_N$ = 451788 м

4. Долгота осевого меридиана зоны

$$L_0 = 6^0 \ \& \ n - 3^0 = 6^0 \ \& \ 3 - 3^0 = 15^0$$

5. Расстояние точки от осевого меридиана зоны

$d_Д = У_Д$ -500 км = 453460 м – 500 км = - 46540 м

6. Дирекционный угол и азимуты линии (1-2)

Дирекционный угол α = 238 ^{0}

Истинный азимут А = 237^0 25¶

Магнитный азимут A_m = 236^0 40¶

На 1993 г. магнитный азимут A_m = 235^0 32¶

7. Абсолютные отметки точек

$$H_1 = 187,5 \text{ м}$$

$$H_2 = 191,2 \text{ м}$$

8. Превышение между точками

$$h = H_2 - H_1 = 191,2 \text{ м} - 187,5 \text{ м} = + 3,7 \text{ м}$$

9. профиль местности по заданной линии

10. Крутизна ската ν^0

$$\nu^0_{max} = 7^0 \qquad \nu^0_{min} = 7^0,5$$

11. Проектирование линии с крутизной ската не более 2^0

Преподаватель МД-94-1

Петров

1.10. Измерение площадей по топографическим картам полярным планиметром

полярный планиметр состоит из двух рычагов: полюсного и обводного. Обводный рычаг имеет ручку со шпилем для обвода контуров и подвижную каретку со счетным механизмом. Вместо шпиля может использоваться марка (точка, окружность), выгравированная на стеклянной пластине. полюсный рычаг на одном конце имеет груз с иглой, которая при обводе контура накалывается на бумагу и служит полюсом планиметра. На другом конце этого рычага находится шарнирная головка, которая вставляется в углубление на каретке счетного механизма и соединяет тем самым оба рычага планиметра в одно целое.

Рис. 1.8. счетный механизм планиметра

Счетный механизм планиметра (рис. 1.8.) состоит из циферблата (1) счетного колеса (2) , вращающегося на оси, параллельной обводному рычагу и верньера (3). При обводе фигуры счетное колесо катится по бумаге и дает отсчет. Первую цифру отсчета берут с циферблата, одно деление которого соответствует целому обороту счетного колеса (4) . Следующие две цифры отсчета берут со счетного колеса по нулевому штриху верньера 32 . Четвертая цифра отсчитывается по верньеру – это номер штриха верньера, совпадающего со штрихом счетного колеса - 5. Отсчет на рис. 1.8 равен 4323. площадь, измеренную планиметром вычисляют по формуле:

$$S = C \cdot \Delta h_{cp}.\ \ \Delta n = n_2 - n_1$$

где: C - цена деления планиметра;

n_1 - отсчет по планиметру до обвода контура;

n_2 - отсчет по планиметру после обвода контура.

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

Определение площади на топокартах планиметром							
Обвод квадрата километровой сетки топокарты					Обвод контура измеряемой площади		
Приемы	Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn		Отсчеты по планиметру		Разность отсчетов Δn
I	n_1	1102	994		n_1	0085	1184
	n_2	2096			n_2	1269	
	n_2	2096			n_2	1269	
II			993				1191
	n_3	3089			n_3	2460	
	n_3	3089			n_3	2460	
III			986				1195
	n_4	4075			n_4	3655	
$\Delta n_{cp} = 991{,}0$					$\Delta n_{cp} = 1190$		
Площадь квадрата 100 га					Измеряемая площадь		

		$S = C \cdot \Delta n_{ср}$ S = 0,1009 **&** 1190 = 120,1 га
Цена деления планиметра $C = \frac{100га}{\Delta n_{ср}} = \frac{100}{991} = 0{,}1009га$		МД -94-2 Петров

Цену деления планиметра определяют обводом квадрата координатной сетки на топографической карте масштаба 1:10 000, площадь которого известно (P_0 = 100 га).

Для измерения площади устанавливают полюс планиметра вне контура так, чтобы при обводе угол между обводным и полюсным рычагами был в пределах от 30 ^{0} до 150 ^{0}.

Затем устанавливают обводной шпиль над выбранной начальной точкой квадрата и берут по отсчетному механизму отсчет n_1. Обводят квадрат по часовой стрелке до исходной точки и берут отсчет n_2.

Затем выполняют следующие обводы, не меняя положения полюса; берут отсчеты n_3 и n_4. Отсчеты записывают в специальный бланк. Вычисляют разности отсчетов: $\Delta n_1 = n_2 - n_1$, $\Delta n_2 = n_3 - n_2$, $\Delta n_3 = n_4 - n_3$.Расхождение разностей не должно превышать 10 – 12 делений.

Находят среднее арифметическое из разностей по трем приемам:

$$\Delta n_{ср} \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3} = \frac{994 + 993 + 986}{3} = 992$$

цену деления планиметра вычисляют по формуле:

$$C = \frac{P_0}{\Delta n_{ср}} = \frac{100га}{991} = 0{,}1009га .$$

Заданную площадь по топографической карте измеряют также тремя приемами, обводя эту площадь по контуру (см. образец бланка, стр. 16).

$$S = C \cdot \Delta n_{ch} = 0{,}1009 \cdot 1190 = 120{,}1 га \ .$$

2. РАБОТА С АЭРОФОТОСНИМКАМИ

Современные топографические карты создаются с помощью аэрофотосъемки. Аэрофотосъемка характеризуется масштабом фотографирования, фокусным расстоянием аэрофотоаппарата, высотой фотографирования, форматом кадра и рядом других характеристик, которые можно определить непосредственно по аэрофотоснимкам.

2.1. Привязка аэроснимка к топографической карте

Для выполнения задания используют аэроснимок и соответствующую карту. Привязка снимка к карте заключается в отождествлении фотоизображения контуров границ снимка с их графическим изображением на топографической карте. С этой целью рассматривают аэрофотоснимок и карту, опознавая на них идентичные объекты: населенные пункты, элементы дорожной сети, гидрография, контуры растительного покрова и т.д. Изучив изображения идентичных объектов на аэрофотоснимке и карте, с помощью штриховых наметок карандашом фиксируют на карте примерные границы снимка. Если привязка аэрофотоснимка сделана правильно, то полученная фигура должна быть близка к квадрату.

2.2. Определение масштаба аэрофотоснимка и высоты фотографирования

Масштаб аэрофотоснимка определяют по формуле:

$1 \coloneqq \frac{\ell}{L \cdot M}$, отсюда знаменатель масштаба аэроснимка $m = \frac{L}{\ell} \cdot M$,

где: ℓ - длина отрезка на аэрофотоснимке;

L - длина этого же отрезка на топографической карте;

M - знаменатель масштаба карты;

m - знаменатель масштаба аэроснимка.

Для определения масштаба аэрофотоснимка используют два отрезка, концы которых опознают на аэрофотоснимке и карте с погрешностью не более 0,2 мм. С этой целью используют четкие контурные точки аэрофотоснимка и карты: перекрестки дорог, углы построек, углы леса и сельхозугодий.

Оба отрезка должны проходить примерно через главную точку аэроснимка, а расстояния от главной точки до концов отрезка должны быть примерно равными (допустимая разность длин не должна превышать 1 – 2 см). Главная точка «0» аэрофотоснимка находится в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки аэрофотоаппарата, изображения которых располагаются в середине каждой из четырех сторон аэрофотоснимка (рис. 2.1.).

Рис. 2.1. Определение главной точки аэроснимка

Образец бланка

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра геодезии и фотограмметрии

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКА

И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Аэроснимок № 034

Лист карты Y-35-38-А-в-3

Исходные данные

Масштаб карты 1:M = 1:10 000

Фокусное расстояние

аэрофотоаппарата f = 100 мм

$$m = \frac{L \cdot M}{\ell} \qquad H = m_{cp} \cdot f$$

допуст. $\Delta m = \frac{2 \cdot \Delta d \cdot M}{\ell_{cp}}$

M = 10 000

Схема расположения отрезков на аэроснимке

Измерение длины отрезков

на аэроснимке	на карте
ℓ_1 = 178,7 мм	L_1 = 195,2 мм
ℓ_2 =148,3 мм	L_2 = 217,0 мм
m_1 = 10926	m_2 = 10943

$\Delta m = m_1 - m_2 = 17$ доп. $\Delta m = 280$

$m_{ср} = 10934$

Высота фотографирования

H = 1093 м

Преподаватель МД-94-1

Иванов

Опознав выбранные точки аэрофотоснимка на топографической карте, измеряют отрезок с помощью измерителя и линейки. Вычисления выполняют в бланке (стр. 19). Разность знаменателей масштаба Δm аэрофотоснимка, полученная из определений по двум отрезкам, не должна превышать величины:

допустимая $\Delta m = \frac{2\Delta d \cdot M}{\ell_{ср}}$, $\Delta m = m_2 - m_1$

где: Δd - допустимая ошибка положения контуров на топографической карте ($\Delta d = \pm 1 мм$).

В качестве окончательного значения знаменателя масштаба аэрофотоснимка принимают его среднее значение из двух определений:

$$m_{ср} = (m_1 + m_2) : 2 \quad .$$

Высоту фотографирования определяют по формуле:

$$H = f \cdot \frac{L \cdot M}{\ell} \quad \text{или} \quad H = f \cdot m_{ср} \ ,$$

где f - фокусное расстояние аэрофотоаппарата, которым была выполнена аэрофотосъемка.

Фокусное расстояние задается преподавателям.

Высоту фотографирования вычисляют в метрах.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

По данным топографической съемки необходимо составить топографический план местности в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

Составление плана выполняют в такой последовательности:

построение координатной сетки;

нанесение точек съемочного обоснования по координатам;

нанесение ситуации, точек рельефа на план и проведение горизонталей;

вычерчивание топографического плана.

3.1. Построение координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги размером 289 х 210 мм (формат А 4). Стороны координатной сетки принимают равными 5 х 5 см.

Для построения сетки на листе бумаги карандашом проводят диагонали (относительно углов листа). Из точки пересечения диагоналей откладывают на них циркулем-измерителем 4 равных отрезка (полудиагонали) длиной 12 – 13 см (рис. 3.1.), получают точки а,б,в,г. Соединив эти точки на диагоналях, получают стороны вспомогательного прямоугольника а,б,в,г, на которых, начиная от точки г, измерителем откладывают равные отрезки (по 5 см) – стороны сетки квадратов. Общий размер сетки 20 см по оси *X*, 15 см – по оси *У*.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должны превышать 0,2 – 0,3 мм. После контроля все вспомогательные построения (на рис. 3.1.показаны пунктиром) убирают.

3.2. Нанесение точек съемочного обоснования по координатам

Для нанесения точек съемочного обоснования по координатам сетку координат оцифровывают через 100 метров. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. Координаты юго-западного угла сетки выбирают

так, чтобы точки съемочного обоснования разместились примерно в середине сетки. От юго-западного угла к северу подписывают абсциссы Х, к востоку – ординаты У.

Координаты, высоты точек съемочного обоснования и горизонтальные проложения приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Номера точек	Координаты		Высоты, м	Горизонт. проложен., м
	Х	У		
I	5319,8	2490,0	148,2	
				169,2
2	5488,8	2481,6	156,6	
				155,8
3	5469,6	2636,3	154,7	
				159,2
4	5311,2	2619,8	146,5	
				130,1

в примере координаты юго-западного угла удобно взять равными Х = 5,2 км, У = 2,4 км (рис. 3.4). Нанесение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля – измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате располагается данная точка. Затем значение абсциссы циркулем-измерителем откладывают по обеим сторонам квадрата, наколы соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты У. Делают накол, полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом слева подписывают номер точки, справа отметку до 0,1 м. Накладку точек съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения

между двумя точками циркулем - измерителем берут по масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Расхождение между этими величинами допускается 0,2 мм на плане (рис. 3.4.).

3.3. Нанесение ситуации, точек рельефа и проведение горизонталей

Ситуацию наносят на план по данным полевых измерений и абрисов (рис. 3.2 табл. 3.2).

Съемочные пикеты, снятые полярным способом, наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления по ходу часовой стрелки, а горизонтальное проложение по линейке или циркулем-измерителем в заданном масштабе. Полученную точку обводят кружочком, рядом подписывают номер и отметку. Руководствуясь абрисом и записями, сделанными в примечании, вычерчивают условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями (рис. 3.2.).

Нанесение съемочных пикетов, снятых на местности способом прямоугольных координат (перпендикуляров), производят с помощью линейки и треугольника, откладывая по линейке расстояния, указанные в абрисе, вдоль начального направления и перпендикулярно к нему в масштабе 1:2000 (рис. 3.2 а., начальное направление линия 3 – 4).

Рис. 3.2. а) Съемка способом перпендикуляров

Таблица 3.2

Исходные данные к составлению
топографического плана
станция 1 H_1 = 148,2
начальное направление на т.2

Пикет	Гориз. угол ^{0}	Гориз. пролож.	Высоты Н, м	Примечание
1	350	20,0	150,0	гран. пашни
2	5	92,0	155,0	гран. пашни
3	27	64,5	153,2	шосс. дор.
4	44	94,0	153,7	шосс. дорога (шир. 5 м, гравий)
5	53	52,6	151,5	точка рельефа
6	355	70,0	154,0	столб ЛЭП

Проводят горизонтали по отметкам точек с высотой сечения 1 м путем линейного интерполирования отметок по линии ската. в результате интерполирования находят на плане точки, отметки которых кратны принятому сечению. (На рис. 3.3 проведены горизонтали и отметками 154 и 153 м).

Рис. 3.3. Проведение горизонталей: а) графическим интерполированием, б) с помощью палетки

Горизонтали можно провести с помощью палетки. Для изготовления палетки берут восковку размером примерно 7 х7 см. На восковке проводят

ряд параллельных линий через равные интервалы (0,5 см или 1,0 см), подписывают их значениями отметок через 1 метр, начиная с минимальной отметки (например 151, 152 и т.д. (рис. 3,3 б). Затем палетку накладывают на 2 соседние А и Б точки на плане таким образом, чтобы эти точки заняли на палетке соответствующее положение по высоте (152,4 и 154,4). Направление линии АБ пересекает линии палетки в точке «а» с отметкой 153 м, в точке «б» с отметкой 154 м. Точки «а» и «б» перекалывают на план и подписывают их отметки. Таким же образом находят положение горизонталей между другими точками на плане. Соединяя точки с одинаковыми отметками плавными линиями, проводят горизонтали.

3.4. Вычерчивание топографического плана

План оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500».

Вычерчивают план в следующей последовательности:

пункты съемочного обоснования;

здания, постройки, отдельные местные предметы;

дороги, линии электропередач, просеки, границы контуров и другие элементы линейной протяженности;

надписи объектов и отметки высотных точек.

Вычерчивают горизонтали, выделяют утолщенные горизонтали краткие 5 метрам, размещают надписи горизонталей;

почвенно-растительный покров (условные знаки угодий, лес, луг и пр.);

рамку и зарамочное оформление.

Топографический план вычерчивают в карандаше.

Образец топографического плана приведен на рис. 3.4.

Рис. 3.4. Вычерчивание топографического плана

4. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Трассой называют ось проектируемого линейного сооружения: дороги, канала, трубопровода и др. Профиль трассы является основным графическим, по которому выполняется проектирование высотного положения будущего инженерного сооружения. Строят профиль по результатам технического нивелирования пикетов, закрепленных на трассе через 100 м, промежуточных точек и поперечников.

4.1. Обработка результатов нивелирования

По результатам технического нивелирования по пикетажу трассы (рис. 4.1.) разбитой между пикетами 0 и 6 с известными отметками (H_0 = 127,410 м, H_6 = 133,446 м), получены превышения $h_{изм.}$, которые выписаны в специальную ведомость вычисления отметок в графу 2 (табл. 4.1., стр. 29).

Сначала вычисляют невязку нивелирного хода f_h и допустимое значение невязки доп. f_h по формулам:

$$f_h = \sum h_{изм.} - (H_6 - H_0) ,$$

доп. $f_h = 50мм\sqrt{L_{км}}$, где: f_h - полученная невязка нивелирного хода, $\sqrt{h_{изм.}}$ - сумма измеренных превышений по всему нивелирному ходу H_6 – отметка конечного пикета (ПК 6), H_0 - отметка начального пикета (ПК 0), L – длина хода в км (0 . 6 км.).

f_h = + 6016 – (133,446 – 127,410) = 6016 – 6036 = - 20 мм;

доп. $f_h = 50мм\sqrt{0{,}6_{км}} = 40мм$.

Если полученная невязка меньше допустимой, то ее распределяют с обратным знаком на все измеренные превышения, для чего находим поправки δ_h к превышениям ($h_{изм}$).

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}, \text{ где n – число превышений.}$$

Поправки округляют до целых миллиметров, распределяют так, чтобы сумма поправок была равна невязке с обратным знаком. В примере $\delta_h = -(-\frac{20мм}{9}) = +2мм$ (и остаток 2 мм). Остаток 2 мм распределяют еще по 1 мм на 2 превышения Таким образом, в нашем примере два превышения получили поправку по 3 мм, а семь превышение – по 2 мм.

Контроль: $\sum \delta_h \cdot 7 + 3мм \cdot 2 = +20мм$

Поправки выписывают в графу 2 над значениями $h_{изм.}$ В графу 3 записывают исправленные превышения ($h_{испр.}$), которые вычисляют по формуле.

$h_{испр.} = h_{изм.} + \delta_h$ = + 8800 +2 = + 0802; - 2100 + 2 = - 2098 и т.д.

Контроль: $\sum h_{испр.} = H_6 - H_0$

Рис. 4.1. Схема нивелирного хода

Далее вычисляют отметки пикетов плюсовых точек оси трассы, отметки поперечного профиля.

Отметки пикетов и плюсовых точек трассы вычисляют по формуле;

$H_n = H_{n-1} + h_{испр.}$,

где: H_n -отметка определяемого пикета

H_{n-1} - отметка предыдущего пикета

$h_{испр.}$ - исправленное превышение между предыдущим и определяемым пикетами.

В нашем примере:

$H_1 = H_0 + h_{испр.} = 127,410 + 0,802 = 128,212$,

$H_2 = H_1 + h_{испр.} = 128,212 - 2,098 = 126,114$.

Контролем правильности вычисления отметок является полученная в результате вычисления отметка конечного пикета (ПК 6), (H_6 = 133,446 м). Отметки всех точек записывают в графу 4 используя полученные отметки пикетов оси трассы, вычисляют отметки точек поперечника.

В ведомости вычисления отметок нивелирного хода выписаны превышения между пикетом 5 и точками поперечного профиля.

Отметки точек поперечного профиля вычисляют по формуле:

$$H_1 = H_5 + h_i ,$$

где: H_1 - отметка определяемой точки;

H_5 - отметка пикета 5;

h_i - превышение между ПК 5 и точкой поперечного профиля.

Таблица 4.1.

Ведомость вычисления отметок

Номер точек	Превышения, мм		Отметки Н м
	$h_{изм.}$	$h_{испр.}$	
1	2	3	4
ПК 0	+2		127,410
	+0800	+0802	
ПК 1	+2		128,212
	- 2100	- 2098	
ПК 1+ 40	+ 2		126,114
	- 0190	- 0188	
ПК 2	+2		127,618
	+2412	+ 2414	
X	+ 2		130.032
	+ 1408	+ 1410	

ПК 3	+ 2		131,442
	+ 2598	+ 2600	
ПК 4	+ 3		134,042
	- 1202	- 1199	
ПК 5	+ 3		132,843
	+ 0600	+ 0603	
ПК 6			133,446
$\sum h$	+ 6016	+ 6036	$H_6 - H_0 = +6036$

Поперечный профиль

Номер точек	Превышения $h_{испр.}$	Отметка H м
ПК 5		132,843
	+0810	
Л + 5		133,653
	- 1588	
Л + 10		131,255
	- 1342	
П + 10		131,501

В примере: $H_{Л+5} = 132 \cdot 843 + 0{,}810 = 133{,}653 м$

$$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1{,}588 = 131{,}255 м$$

$$H_{Л+10} = 132 \cdot 843 - 1{,}342 = 131{,}501 м$$

Вычисленные отметки записывают в ведомость в графу «отметки» против соответствующей точки.

4.2. Построение профиля

По вычисленным отметкам пикетов и промежуточных точек на миллиметровой бумаге строят продольный профиль трассы и профиль поперечника. Профили строят в масштабах:

Продольный профиль:

горизонтальный масштаб 1:2 000;

вертикальный масштаб 1:200;

Поперечный профиль:

горизонтальный масштаб 1:200;

вертикальный масштаб 1:200;

На листе миллиметровой бумаги размером 400 х 400 мм вычерчивают сетку профиля. Названия граф и размеры их в миллиметрах показаны на рис. 4.2.

В графе «расстояния» отмечают положение пикетов (через 5 см) и плюсовых точек в заданном масштабе. Между пикетами и плюсовыми точками выписывают расстояния. Икс – точки не строят. Ниже этой графи подписывают номера пикетов.

В графе «фактические отметки» выписывают из ведомости нивелирного хода отметки пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и подписывают отметку условного горизонта профиля, которая должна быть на 5 – 8 метров меньше самой низкой отметки по трассе. (В примере минимальная отметка ПК 1 + 60 Н = 125,93, следовательно отметку условного горизонта можно взять 120,0 м).

От линии условного горизонта на перпендикулярах, проведенных пунктирными линиями через точки трассы, откладывают отметки точек в масштабе 1:200. Полученные точки последовательно соединяют прямыми линиями, в результате чего получают продольный профиль местности по оси трассы.

Над продольным профилем строят сетку для поперечного профиля. Заполняют графи «расстояния» и «фактические отметки» так же, как и при построении продольного профиля. Под сеткой подписывают пикетажные обозначения точек поперечника (рис. 4.2.).

Выбрав условный горизонт, по вычисленным отметкам строят положение точек поперечника и, соединив эти точки, получают поперечный профиль местности.

4.3. Проектирование по профилю

Вдоль продольного профиля проектируют положение оси будущего инженерного сооружения. Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

проектную отметку нулевого пикета принимают равной фактической отметке этого пикета;

уклоны отдельных участков проектной линии не должны превышать 0,050;

шаг проектирования (длину отдельного участка) принимают от 200 м до 600 м;

объем земляных работ должен быть минимальным, а объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковыми, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

изменение уклона проектной линии производят на пикетах или плюсовых точках.

На рис. 4.2. проектная отметка ПК 0 равна фактической отметке (127,41). Намечено три участка проектной линии с разными уклонами. Длина каждого участка 200 м. Вычисляют уклон участка проектной линии по формуле:

$$i = \frac{h}{D} = \frac{H_{кон.} - H_{нач.}}{D},$$

где: i - уклон участка проектной линии,

h - превышение участка проектной линии,

D - горизонтальной проложение участка проектной линии,

$H_{нач.}$ - проектная отметка начального пикета участка проектной линии,

$H_{кон.}$ - проектная отметка конечного пикета участка проектной линии.

В примере уклоны равны:

$$i_1 = \frac{H_2 - H_0}{200} = \frac{127{,}62 - 127{,}41}{200} = \frac{0{,}21}{200} = 0{,}001 ,$$

$$i_2 = \frac{H_4 - H_2}{200} = \frac{134.04 - 127{,}61}{200} = \frac{6.43}{200} = 0{,}032 ,$$

$$i_3 = \frac{H_6 - H_4}{200} = \frac{133{,}45 - 134{,}01}{200} = \frac{-0{,}64}{200} = -0{,}003 .$$

Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» над диагональю. Под диагональю выписывают горизонтальное проложение участка с данным уклоном. Направление диагонали показывает знак уклона:

- уклон положительный;
- уклон отрицательный;
- уклон нулевой (горизонтальный участок).

Вычисляют проектные отметки точек продольного профиля по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + i \cdot d ,$$

где: H_{n+1} - проектная отметка определяемой точки,

H_n - проектная отметка предыдущей точки,

i - уклон данного участка,

d - горизонтальное проложение между соответствующими точками.

В примере

$$H_1 = H_0 + i \cdot d = 127{,}41 + 0.001 \cdot 100 = 127{,}51м$$

$$H_{1+40} = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 40 = 127{,}55м$$

$$H_{1+60} = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 60 = 127{,}57м$$

$$H_2 = H_1 + i \cdot d = 127{,}51 + 0.001 \cdot 100 = 127{,}61м$$

Полученные проектные отметки выписывают в графу «Проектные отметки». Таким же образом вычисляют проектные отметки для второго участка.

$$H_3 = H_2 + i \cdot d = 127{,}61 + 0.032 \cdot 100 = 127{,}61 + 3{,}20 = 130{,}81$$ и т.д.

Контролем вычислений служат проектные отметки концов участка проектной линии (ПК 2, ПК 4, ПК 6).

Вычисляют рабочие отметки по формуле

$$H_{раб.} = H_{проект.} - H_{фактич.}$$

$$H_{раб.} = 127{,}51 - 128{,}21 = -0{,}70$$ и т.д.

Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше линии, отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

На поперечном профиле по вычислено проектной отметке пикета 5 (H_5 = 133,71) от которого был разбит поперечник, наносят положение проектной линии. Ее проводят горизонтально по 6 метров влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы, (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав 45 ^{0}. Ширина дна кюветов 0,6 м., глубина 1 м.

Над проектной линией выписывают ее отметку (в примере 133,71).

Все проектные данные – проектные линии, уклоны, проектные отметки, рабочие отметки вычерчивают на профиле красным цветом.

Слева над продольным профилем вычерчивают штамп. (Размеры произвольные рис. 4.2).

5. РАБОТА С ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ПРИБОРАМИ

Работа с геодезическими приборами включает измерение горизонтальных углов, вертикальных углов, расстояний теодолитом (рис. 5.1) и измерение превышений нивелиром (рис. 5.5.).

Для выполнения измерений теодолит или нивелир приводят в рабочее положение – горизонтируют и фиксируют. Для горизонтирования теодолита поворотом алидады (8) устанавливают уровень (13) по направлению двух подъемных винтов прибора (5). Вращая эти винты в разные стороны выводят пузырек уровня на середину (в нольпункт). Открепив алидаду, поворачивают ее на 90 ^{0}, устанавливая уровень по направлению третьего подъемного винта. Вращением этого винта приводят пузырек уровня на середину. Затеи вращением диоптрийного кольца (14) устанавливают резкое изображение сетки нитей (рис. 5.3).

5.1. Измерение горизонтальных и вертикальных углов

Устанавливают теодолит в вершине угла, горизонтируют его, вращением алидады (9) и трубы (10) при положении вертикального круга слева (КЛ) наводят ее с помощью визира (3) на левую визирную цель (рис. 5.2), устанавливают ее резкое изображение с помощью кремальеры (12).

Рис. 5.2. Расположение марок при измерении горизонтальных углов

Рис. 5.3. Сетка нитей теодолита

Далее наводящими винтами алидады (9) и трубы (11) точно совмещают центр сетки нитей с визирной целью и с помощью микроскопа (1) берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам и записывают в журнал (Табл. 5.1.), затем поворачивают алидаду, наводят сетку нитей на правую визирную цель и также берут и записывают отсчеты по кругам теодолита. Выполненные действия при «круге лево» (КЛ) составляют первый полуприем. Второй полуприем выполняют при «круге право» (КП), для чего трубу переводят через зенит и далее действуют аналогично первому полуприему (КЛ). Порядок записи результатов измерений показан в жернале цифрами с (1) по 8 .

Значение горизонтального угла получают дважды:

1 полуприем КЛ $\beta_л = 95^0 30' - 48^0 25' = 47^0 05'$ (9)

2 полуприем КП $\beta_п = 275^0 30' - 228^0 26' = 47^0 04'$ (10)

Допустимое расхождение угла КЛ – КП не должно превышать 2¶. За окончательное значение угла принимается его средняя величина

$$\beta_{ср} = (\beta_л + \beta_п) : 2 = 47^0 04'.5 \qquad (11)$$

Вертикальные углы вычисляют по формуле $\nu = КЛ - МО$

МО = (КЛ + КП – 180 ^{0}) : 2, где КЛ и КП отсчеты по вертикальному кругу теодолита, МО – место нуля вертикального круга.

МО = (16 ^{0} 32 ¶ + 163 ^{0} 27 ¶ – 180 ^{0}) : 2 = - 0¶.5 (12)

$$\nu = 16^0 32' - (-0,'5) = 16^0 32,'5 \quad (14)$$

Таблица 5.1.

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата 4 декабря исполнитель Иванов С. И.

Точки стояния	Круг	Точки визирования	Горизонтальный круг		
			Отсчет ° ′	Измеренный угол ° ′	Средний угол ° ′
1	2	3	4	5	6
В	КЛ	Д	48 25 (1)	(9) 47 05	(11) 47 04,5
		С	95 30 (3)		
	КП	Д	228 26 (5)	(10) 47 05	
		С	275 30 (7)		

Точки		Круг	Вертикальный круг			Длина линий
Стояния	Визирования		Отсчет	Место нуля	Угол наклона	Измеренн. Гориз. прол.
7	8	9	10	11	12	13
В	Д	КЛ	16 32 (2)	(12) - 0′, 5	(14) 16 32,5	17,6 (16)
		КП	163 27 (6)			
В	С	КЛ	351 18 (4)	(13) + 0,5	(15) -8 42,5	
		КП	188 43 (8)			
		КЛ				

5.2. Измерение расстояний нитяным дальномером

Измерение расстояний нитяным дальномером производят по рейке с сантиметровыми шашечными делениями (рис. 5.4), для чего труба теодолита наводят на рейку и наводящим винтом трубы (11) совмещают верхнюю дальномерную нить сетки нитей с ближайшим целым дециметровым делением рейки (например 10 дц.). Затем берут отсчет n_2 по нижней нити с точностью до 1 мм.

На рис. 5.4 n_1 = 1000 мм n_2 =1176 мм

Измеренное расстояние $S = K\,(n_1 - n_2)$, где К – коэффициент дальномера. $K = 100$

$S = 100\ (1176\text{-}1000) = 17{,}6$ м

Результат записывают в графу 13 журнала (табл. 5.1). (16)

5.3. Измерение превышений

Нивелир (рис. 5.5) приводят в рабочее положение – горизонтируют, приводя на середину пузыре круглого уровня (7) подъемными винтами (11), фокусируют сетку нитей (1). Затем наводят трубу на заднюю рейку, добиваются ее резкого изображения с помощью кремальеры (5). Элевационным винтом (8) приводят пузырек цилиндрического уровня (9) на середину, берут отсчет по черной стороне рейки средней горизонтальной нитью до 1 мм (рис. 5.6), затем – по красной стороне рейки. Отсчеты записывают в графу 3 журнала ((1) (2) табл. 5.2). Затем рейку устанавливают на переднюю точку и действуя аналогично, берут отсчеты по черной и красной сторонам передней рейки (3) и (4), записывая их в графу 4 журнала.

Превышение вычисляют по формуле $\boldsymbol{h = a - в}$

где : a - отсчет по задней рейке,

$в$ – отсчет по передней рейке.

Превышение вычисляют дважды: по черным и красным сторонам рейки

$h_ч = 1171 - 1793 = -622$ (5)

$h_к = 5854 - 6478 = -624$ (6) $h_ч - h_к = 2$ мм

Расхождение между $h_к$ и $h_к$ не должно превышать 5 мм. В графе 7 вычисляют среднее превышение (7)

$h_{ср.} = (h_ч + h_к) : 2 = -623$ мм.

Рис. 5.5. Основные части нивелира Н-3

1 – диоптрийное кольцо; 2 – зрительная труба; 3 – визир; 4 – объектив; 5 – кремальера; 6 – наводящий вид; 7 – круглый уровень; 8 – элевационный винт; 9 – цилиндрический уровень; 10 – закрепительный винт; 11 – подъемный винт; 12 – подставка.

Рис. 5.6. Поле зрения зрительной трубы нивелира

Таблица 5.2

Журнал нивелирования

№№ станций	Номер точек наблюдений	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм	
		Задней а	Передний в	Промежуточный	Вычисленный	Средние
1	2	3	4	5	6	7
	1	1171 (1)				
1		5854 (2)			- 622 (5)	
	2		1793 (3)			- 623 (7)
			6478 (4)		- 624 (6)	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»

специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

форма обучения: очная, заочная

Автор: Земцов Н.С. к.г.-м.н.

Екатеринбург
2020

Петрофизика-это одна из наук о Земле, изучающая физичекие свойства минералов, горных пород и руд. Целью изучения
петрофизических характеристик является установление состава,
структуры и состояния пород, особенностей дифференциации физических свойств горных пород, околорудных зон и полезных ископаемых
при решении задач поисков и разведки МШИ, геологического картирования, геотектоники, геодинамики, инженерной геологии геологии.

Петрофизические исследования позволяют обосновать возможность применения отдельных геофизических методов и комплекса геофизических исследований. Наряду с этим петрофизика позволяет решать широкий класс задач прикладного и теоретического характера,
от изучения состава и генезиса рудных и акцессорных минералов
(магнитная минералогия, петрофизика полупроводниковых минералов)
до опробования полезных ископаемых (скважинная и шахтная геофизика), от стратиграфии осадочных комплексов (палеомагнитология)
до прогнозирования состояния вещества в глубинных частях Земли
(экспериментальная и теоретическая петрофизика).

Современная петрофизика изучает широкий спектр Физических
свойств минералов, горных пород и полезных ископаемых:
коллекторские (пористость, проницаемость, влажность, влагоемкость, нефте - и газонасыщенность), плотностные, магнитные (магнитная восприимчивость, остаточная намагниченность, температура
Кюри), электрические (Удельное сопротивление, диэлектрическая
проницаемость, вызванная поляризация, диффузионно-адсорбционная
активность, терма—ЭДС), тепловые (теплоемкость, теплопровод—
ность), ядернофизические (естественная радиоактивность, сечения
взаимодействия и параметры переноса излучений), упругие (упругие
модули, скорости распространения упругих волн).

Малый
объем часов (около 40 лекционных) не позволяет подробно изложить
все традиционные разделы петрофизики, обычно рассматриваемые в
учебниках. Поэтому автор рассматривает физические свойства, лежащие в основе гравиразведки, магниторазведки, электроразведки,

сейсморазведки. Главное внимание уделяется факторам, определяющим петрофизические характеристики горных пород, связям физических свойств с петрографическими характеристиками. Петрофизические модели месторождений полезных ископаемых рассмотрены на отдельных примерах, методики и аппаратура петрофизических исследований вынесены на лабораторный практикум и учебно-методическую практику,

1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Когда ставится задача изучения каких—либо физических свойств

(например, плотности или магнитной восприимчивости) массива магматических или определенного горизонта осадочных горных пород, то из этих объектов (обнажении, горных выработок, керна буровых скважин) отбирается некоторое количество образцов, у которых измеряются соответствующие Физические характеристики. При этом оказывается, что измеренные значения у разных образцов различны.

Эти различия не связаны с погрешностями измерений, а есть результат вариаций физических свойств изученных образцов, т.е. следствие неоднородности объекта исследования. Дело в том, что формирование горных пород (и соответственно их физических свойств) происходит под воздействием большого числа факторов внутренних и внешних. Например, при образовании массивов магматических пород состав и структура будет определятся такими главными факторами:

1.Изменением глубины кристаллизации расплава.
2.Неоднородностью распределения давления и температуры в пределах магматического тела.
3.Фракционной и гравитационной дифференциацией.
4.Перемешиванием расплава.
5.Вааимодействием магмы с вмещающими породами различного состава.

Каждый из перечисленных факторов в свою очередь является сложной функцией от координат и времени. Результатом будет неоднородность состава, размера зерен, структуры и текстуры в пределах массива и как следствие, неоднородность физических свойств. Многообразие действующих факторов, их неопределенность во времени и пространстве позволяют рассматривать их как случайные события, а физические свойства — как случайные величины, к которым может быть применен аппарат математической статистики.

При образовании осадочных (например, обломочных) пород главными факторами являются:

1. Вещественный состав пород источника сноса, характер и степень их выветривания

2.Удаленность бассейна осадконакопления, глубина его, гидродинамические характеристики.

3.Химический состав и степень минерализации вод, окислительно-восстановительный потенциал, РН и т.д.

В процессе Формирования породы эти факторы изменяются в связи с изменениями источников сноса, глубин, гидродинамических и гидрохимических условий, что приводит к изменениям состава обломков, размеров и степени отсортированности зерен, количества и типа цемента и т.д. Возникает первичная неоднородность физических свойств.

На первичную неоднородность может накладываться вторичная, связанная с процессами преобразования: выветриванием, трещиноватостью, метаморфизмом, привносом и выносом вещества и т.д.

Учитывая, что студентам будет читаться специальный курс "Теоретические основы обработки результатов геофизических измерений", ниже приводятся только самые элементарные сведения по статистической обработке результатов изучения физических свойств горных пород, необходимые для понимания последующих разделов.

Предположим, что мы имеем М измерений некоторого физического параметра X, среди которых присутствуют максимальное X_{max} и минимальное X_{min} значения. Разобьем весь диапазон измеренных значений на п интервалов с шириной каждого АХ:

$$\Delta X = (X_{max} - X_{min})/n \text{ , (1.1)}$$

Количество интервалов т связано с объемом выборки N и обычно определяется формулой Старджеса:

$$n = 3.3 * lgN + 1$$

где n округляется до целого числа.

Подсчитаем N_i -число измерений, параметр X которых попадает в 1-й интервал (1=1,2...n). Строится график зависимости N_i или $(N_i/N)*100^2$ от X. В каждом интервале рассчитанное значение изображается в виде отрезка горизонтальной линии (гистограмма). На рисунке 1.1 приведен пример гистограммы для N=40, n=5.

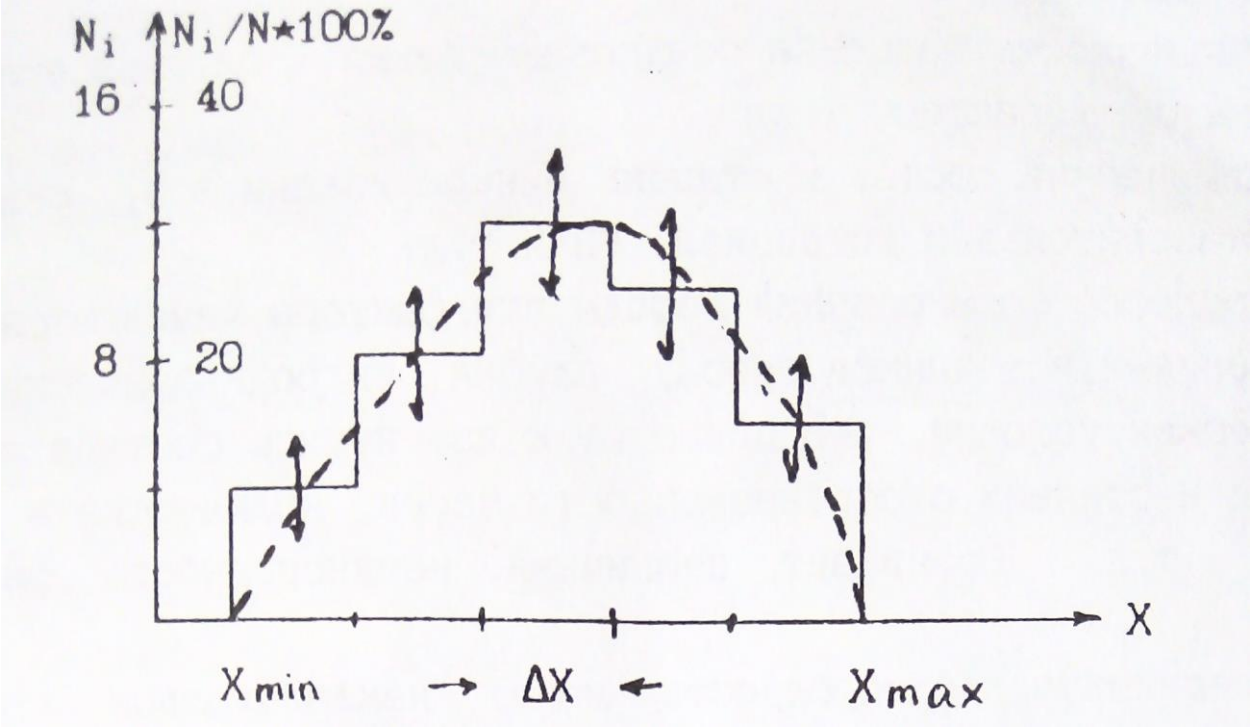


Рис.1.1. Гистограмма распределения параметра X

Гистограмма содержит в себе все статистические характеристики объекта исследования. В частности, величина $(N_i/N)*100\%$
представляет вероятность (в %) для данного объекта существования значении параметра X в пределах 1-го интервала. При построении реальных гистограмм не следует абсолютизировать полученный результат. Дело в том, что мы всегда имеем дело с ограниченными выборками и каждое значение N_i получено с погрешностью, вероятное значение которой приближенно оценивается как $\pm\sqrt{N_i}$ (на рис. показано стрелками).

При неограниченном возрастании объема выборки ($N \to \sim$), число интервалов (n) также стремится к бесконечности, а ширина интервала (ΔX) к нулю и мы получаем непрерывную кривую распределения, КОТОРУЮ часто называют вариационной кривой. Приближенно вариационную кривую можно получить путем визуального сглаживания гистограммы таким образом, чтобы площади между осью абсцисс и гистограммой и осью абсцисс и вариационной кривой были равны (изображено пунктирной линией).

Опыт Изучения физических свойств показывает, что часто распределения их подчиняется двум законам: нормальному и логнормальному — ПРИ нормальном законе кривая распределения P(X) описывается выражением:

$$F(X) = \frac{\exp[-\frac{(X_K - MX)^2}{2\sigma^2}]}{\sigma\sqrt{2\pi}}, \quad (1.2)$$

где MX—мода параметра или значение его в максимуме распределения (для нормального закона совпадает со средним значением параметра: $MX = \bar{X} = \frac{\sum X_k}{N}$ k=(1,2...N).

σ-среднеквадратичное отклонение (σ^2—называют стандартом).
Нормальному закону подчиняется обычно распределение плотности, пористости, скорости продольных волн. На рис.1.2 приведен пример нормального распределения с двумя различными значениями стандарта.

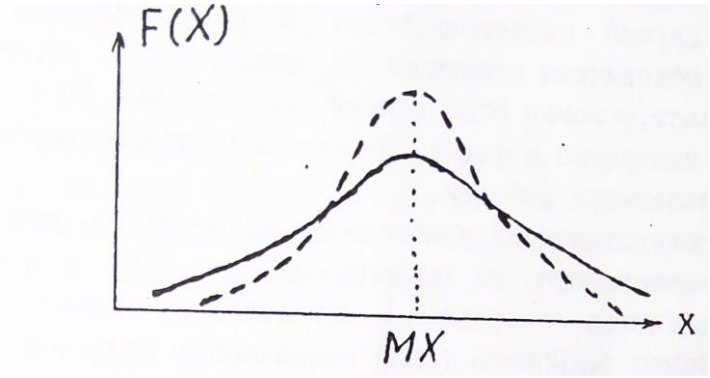


Рис.1.2. Нормальное распределение параметра X

Кривая характеризуется симметрией относительно моды и полностью определяется двумя величинами MX и σ. Логнормальныи закон соответствует случаю, когда нормальному закону подчиняется логарифм параметра (logX). Этому закону обычно подчиняется распределение магнитной восприимчивости, удельного электрического сопротивления, нефтенасыщенности. Для практического построения гистограмм или вариационных кривых в предположении существования лог-нормального закона измеренным значениям $X_к$ вычисляются значения $\log X_к$, которые обрабатываются способом, описанным выше.

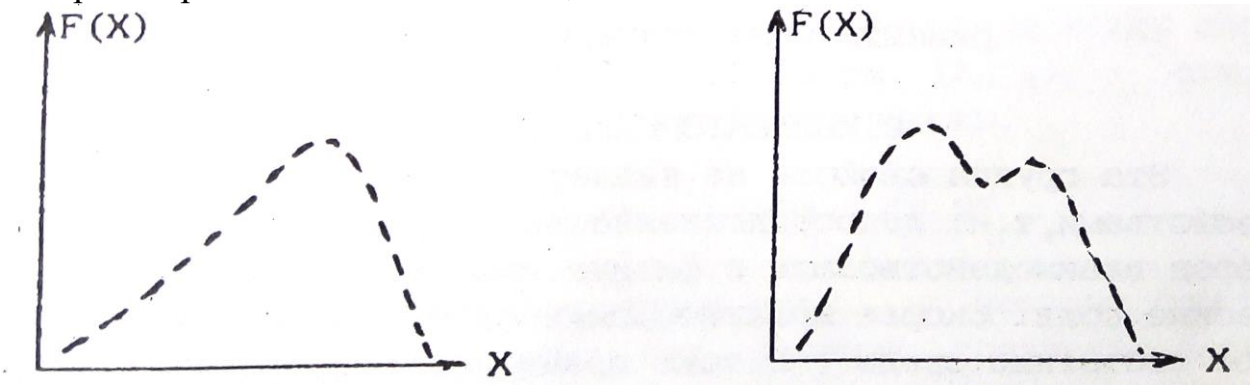


Рис.1.3.Примеры реальных кривых распределения

Реальные кривые распределения часто отличаются от теоретических
Они могут быть асимметричными и даже иметь два и более максимумов (рис. 1.3).

В первому случае появляются новые характеристики распределения (одна или более), например параметр асимметрии. В любом случае выборки считаются статистически одинаковыми если все (!) статистические параметры их одинаковы. Асимметрия обычно связана со
вторичными процессами изменения физических свойств в результате выветривания, регионального или локального метаморфизма и т.д.

Второй случай свидетельствует о неоднородности выборки; в
одну группу объединены различные по каким—либо характеристикам
породы (возраст, условия образования, минеральный состав, структура, степень изменения и т.д.). Необходимы дополнительные исследования для разделения выборки.

Важным следствием из изложенного является то, что все петрофизические зависимости не функциональные, а статистические,
то есть выполняются в среднем с определенной вероятностью отклонения от среднего. Пример такой зависимости приведен на рис.1.4.

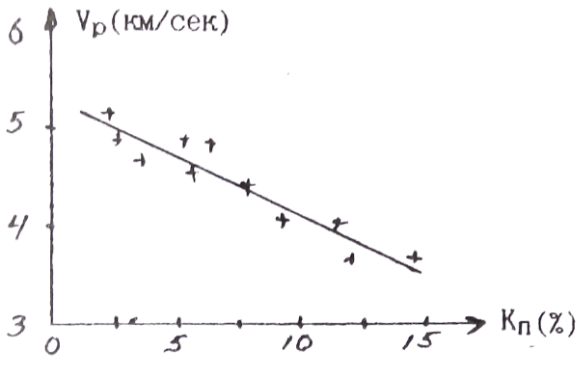


Рис.1.4. Зависимость скорости продольных волн (Vp)
от коэффициента пористости ($К_п$)(+ - экспериментальные значения)
2.КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА
Эта группа свойств не является в строгом смысле физическими
свойствами, т.к. непосредственно не определяет способности горных

пород взаимодействовать с физическими полями или создавать физические поля. Скорее коллекторские свойства характеризуют физическое состояние среды. В тоже время коллекторские свойства влияют
на другие Физические свойства (плотностные, электрические. Упругие) и определяют корреляционные связи между ними. С другой стороны,

коллекторские свойства, такие как пористость, проницаемость.
водо-, нефте- и газонасщенность. это важнейшие характеристики решенных месторождений углеводородов и подземных вод, определяющие запасы и условия эксплуатации этих месторождений сведения 0 коллекторских свойствах могут быть получены через плотностные, электрические и упругие свойства. Поэтому коллекторские
свойства рассматриваются во всех учебниках и курсах петрофизики.

2. 1. ПОРИСТОСТЬ

Пористостью называется совокупность пространства в горной
породе, не занятого твердой фазой. Оно заполнено газами, жидкостями (вода, нефть) или их смесями. Количественно пористость выражают через коэффициенты пористости К: отношение объема пор (Vпор) к
объему горной породы (Vг.п.) в процентах. Общий объем горной породы равен сумме объемов пор и твердой фазы ($V_{\text{г.п.}} = V_{\text{пор}} + V_{\text{т.ф}}$). При всем этом выделяют:

а) Коэффициент общей пористости ($К_{п}$) — отношение объема всех
пор (Vпор) к объему породы:

$$К_{п} = (V_{\text{пор}}/V_{\text{г.п.}}) * 100\%, \quad (2.1)$$

б) Коэффициент открытой пористости ($К_{п.о}$) .- отношение объема открытых пор (Vо.пор) к объему породы:

$$К_{п.о.} = (V_{\text{о.пор}}/V_{\text{г.п.}}) * 100\%. \quad (2.2)$$

Открытыми порами называются поры, сообщающиеся между собой.
в) Коэффициент динамической пористости ($К_{п.д}$) - отношение

объема динамических пор ($V_{д,пор}$) к объему породы.

$$К_{п.д} = (V_{\text{д.пор}}/V_{\text{г.п.}}) * 100\%. \quad (2. 3)$$

динамическими порами называются поры, по которым происходит движение жидкостей или газов при наличии градиента-давления. Часть открытых пор может быть представлена тупиковыми порами или водой, прочно связанной с поверхностью твердой фазы, и не участвует в переносе жидкостей или газов. Очевидно, что Кп > Кп.о) Кп.д.

2.1.1. Классификация пор.

1) По происхождению поры подразделяются на первичные и вторичные. Первичные возникают при образовании породы и представлены структурными порами — промежутками между частицами обломочных „о-род (грубообломочных, песчанистых, алевритовых, глинистых), межкристаллическими промежутками магматических и метаморфических пород и т. д. При уплотнении цементации, перекристаллизации, мета-морфизме форма и размеры первичных пор могут меняться. Вторичные поры образуются при последующих воздействиях на породы процессов выветривания, выщелачивания, кристаллизации, тектонических нагрузок и т.д.

2) По форме поры могут быть близкими к **ромбоздальным** (рыхлые отсортированные обломочные осадочные породы), близкими к **тетраэдрическим** (те же, но уплотненные породы), **щелевидным** (порода состоит из пластинчатых минералов: слюды, глины), в виде **канальцев** переменного сечения (плохо отсортированные обломочные породы), **трещеновидные** (магматические, метаморфические, плотные оса-дочные породы, испытавшие воздействие сильных тектонических нагрузок), **каверновидные** (карбонатные породы, подвергшиеся процессам растворения и выщелачивания), **пузырчатые** (магматические породы), **ячеистые** (известковые и кремнистые туфы), **каналовидные** (лёссы).

3) По размерам выделяют а) **сверхкапиллярные** - эффективный (средний) диаметр сечения пор $d_{э.ф.}$ более 0,1 мм. (грубообломочные породы типа галечников и гравия, крупно— и среднезернистые пески, оолитовые известняки, выщелоченные карбонаты). В сверхкапиллярных порах доля воды, связанной с поверхностью твердой фазы, не велика, вода в основном свободная и перемещается по законам гидродинамики. б) Капиллярные - эффективный диаметр пор $d_{э.ф.}$ $1*10^{-4}$-$1*10^{-1}$ мм. (мелкозернистые, менее отсортированные, сцементированные пороли: мелкозернистые пески и песчаники, некоторые карбонатные породы)-

В **Капиллярных** порах более высокое содержание связанной воды И возможен ее подъем в силу поверхностного натяжения. в) **Субкапиллярные** - $d_{э.ф.}$<1*10^{-4} мм. (глины, микрокристаллические известняки, туфы). Практически вся вода перового пространства связана на поверхности твердой фазы, перемещения воды почти нет.

2.1.2. ПОРИСТОСТЬ ОБЛОМОЧНЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основными факторами определяющими пористость обломочных пород являются: 1) форма и размер обломков, 2) степень отсортированности 3) степень уплотнения и цементации.

1) Влияние Формы и размера частиц иллюстрируется таблицей, в которой приведены значения Кп (%) для искусственных пород:

Таблица 1

Размер частиц (мм.)	Кварц окатанный	Кварц остроуг.	Ортоклаз остроуг.	Слюда
2-1	33	38	45	80
0.5-0.25	33	41	49	72
0.1-0.06	39	45	52	68

Отмечается малое влияние размера частиц и существенно большее формы (пористость возрастает в 2-2.5 раза при переходе от изометричных зерен к пластинчатым).

2) Степень отсортированности характеризует распределение обломков по размерам и количественно выражается через коэффициент отсортированности G_f:

$$G_f = \frac{d_{\text{ср}} - \sum V_i \delta d_i}{d_{\text{ср}}}, \quad (2.4)$$

где $V_i -$ объемное содержание частиц диаметра d_i в породе,

δd_i—отклонение от среднего диаметра 1-й группы, '

$d_{\text{ср}}$- средний диаметр частиц.

Коэффициент отсортированности меняется от 1 (хорошо отсортированная порода, все частицы одного размере) до 0 (плохо отсортированная порода. размеры частиц равномерно распределен от о до d_{max}).
присутствие в породе частиц разного размера приводит к тому, что
мелкие частицы заполняют промежутки между крупными и уменьшение коэффициента G_f (ухудшение отсортированности) ведет к уменьшению коэффициента пористости.

На рис.2.1 приведен пример такой зависимости.

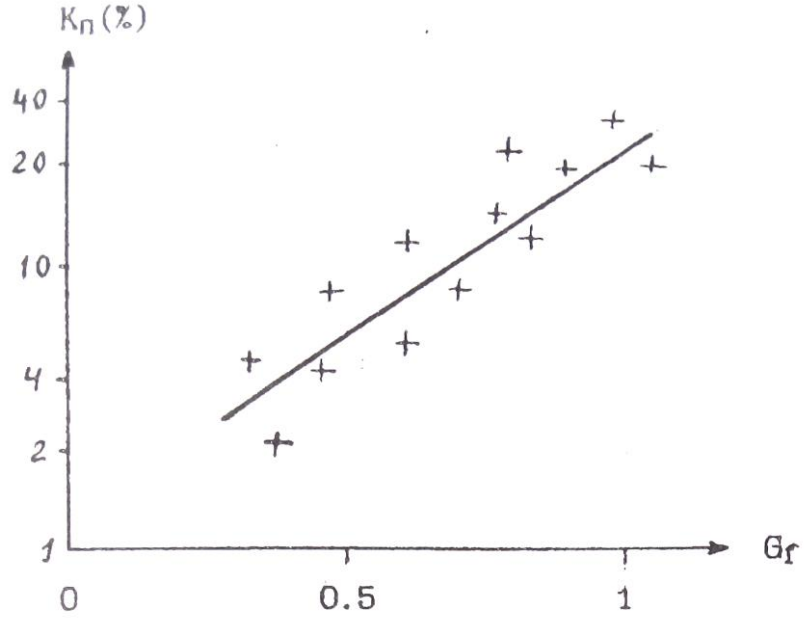


Рис.2.1. Зависимость коэффициента пористости от
коэффициента отсортированности песчаников
и алевролитов Туймазинской площади

Изменение отсортированности может приводить к изменение пористости на порядок. В связи с этим интересно рассмотреть изменение пористости песчано—глинистых образований в зависимости от
состава (рис.2,2). . '

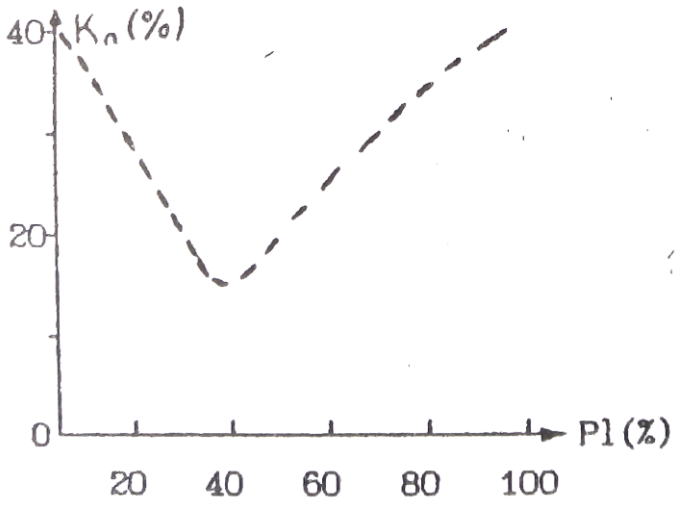


Рис.2.2. Зависимость коэффициента пористости от глинистости (P1) песчано—глинистых отложении (теоретическая зависимость)

Положим, что песчаная и глинистая фракции представлены однородными по размерам частицами каждая (песчаная крупными, глинистая мелкими). Коэффициенты пористости каждой фракции около
40%. При увеличении глинистости (P1) в породе будет происходить уменьшение пористости в результате частичного заполнения глинистыми частицами промежутков между крупным песчинками. При достижении 40% глинистости все эти промежутки (поры) будут заполнены
глинистым материалом (минимальная отсортированность), а Кп равен
0.4*0.4=0.16 (16%). При дальнейшем увеличении глинистости отсортированность и коэффициент пористости будут возрастать.

3) Под действием нагрузки вышележащих пород первичные рыхлые осадки уплотняются, что приводит к уменьшению их пористости. В начале уплотнение связано с перемещением отдельных частиц и более компактным их взаимным расположением. Затем происходит частичное разрушение и сшивание обломков (ухудшение отсортированности).
Этот процесс идет при нагрузках, превышающих несколько тысяч кг/см2. Наиболее сильно уплотняются глины, коэффициент пористости которых под нагрузкой может меняться от 50%. до 5%. В результате для многих районов, сложенных обломочными породами, наблюдается корреляционная связь Кп и глубины залегания породы:

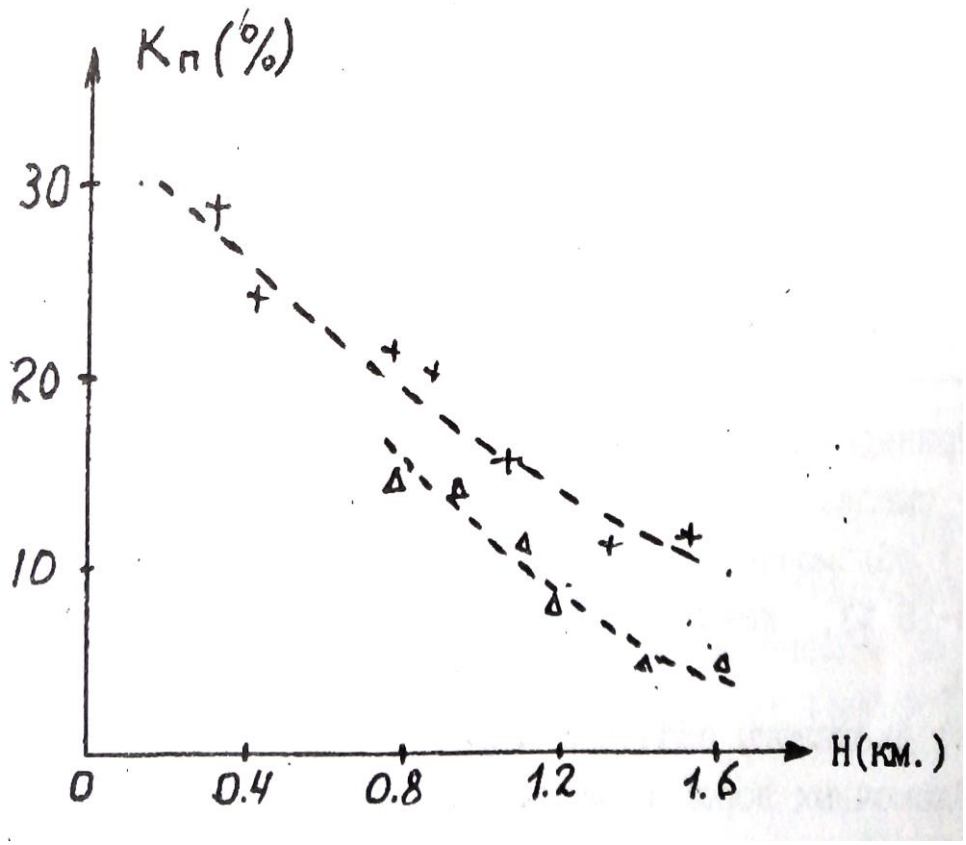


Рис.2,3. Зависимость Кп от глубины залегания Н;
+-глины, Δ- алевролиты

$$К_п(H) = К_п(0) * \exp(-\beta H), \quad (2.5)$$

где $К_п$ (0) — коэффициент пористости вблизи поверхности,
β - константа, зависящая от типа отложений (β=0.05).
Уравнения типа (2.5) позволяют прогнозировать изменения пористости с глубиной, что очень важно при интерпретации результатов геофизических съемок, т.к. величина пористости определяет ряд других
физических свойств: плотность, удельное электрическое сопротивление, скорость упругих волн.

Процесс цементации заключается в выпадении вторичных минералов (карбонаты, опал, глинистые минералы и т.д.) в поровом пространстве из поровых вод. В результате пористость уменьшается
вплоть до нескольких процентов.

В заключение приведем данные по пористости некоторых типов
обломочных пород.

Таблица 2

Порода	Кп(%)	
	Пределы	Наиболее вероятные

Пески	5-55	20-35
Песчаники	0.5-40	5-30
Лессы	40-55	40-55
Алевролиты	1-40	3-25
Глины	1-75	20-50
Аргиллиты	1-30	1.5-15

Приведенные в таблице данные позволяют сделать следующие основные выводы:

1) обломочные породы обычно характеризуются средней (Кп=10-15 %), повышенной (Кп=15-20 %) и высокой (Кп>20 %) пористостью.

2) диапазоны значений коэффициентов пористости различных типов обломочных пород в значительной степени перекрываются. Следует подчеркнуть, что данные таб.2 обобщают сведения о пористости пород всей страны в целом. В конкретных районах, у конкретных пластов диапазон колебания Кп может быть существенно уже. Например,

пласты – коллекторы AB_{2-5} одного из нефтяных районов Тюменской области имеют Кп=20-30 %

2.1.3. ПОРИСТОСТЬ КАРБОНАТНЫХ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

первичные карбонатные осадки (известковые и доломитовые илы) имеют высокую пористость (Кп=60-80 %). По мере их уплотнения пористость резко уменьшается (Кп=0.5—15 %). В дальнейшем появляется вторичная пористость, обусловленная перекристаллизацией, трещиноватостью и выщелачиванием карбонатных пород. Характерная особенность карбонатных пород - неравномерность распределения пористости в пространстве. Поэтому. при изучение карбонатных коллекторов необходимо отбирать - большое количество образцов с различных интервалов по глубине и площади. Значения пористости основных типов карбонатных пород приведены в таблице 3.

Таблица 3

Порода	Кп(%)	
	пределы	Наиболее вероятные
Известковый ил	65-85	-

Известняки	0.5-48	1.5-15
Известковый туф	20-30	-
Мел	10-55	40-50
Доломиты	0.1-37	3-20

2. 1.4 ПОРИСТОСТЬ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ОСАДОЧННХ ГОРНЫХ ПОРОД.

В отличие от двух предыдущих групп пород, гидрохимические

осадки характеризуются пониженными и низкими значениями коэффициентов пористости. Так у ангидритов Кп=0.2—15 % у гипсов 1-25 %,

У каменной соли 0-5 %.

2.1.5 ПОРИТОСТЬ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Для этой категории пород характерна низкая пористость. Исключение составляют кайнотипные эффузивы, которые в силу особенности образования (быстрое остывание, не полный отход летучих
компонент), могут иметь повышенную и высокую пористость. Таблица 4 иллюстрирует значения коэффициента общей пористости магматических и метаморфических пород.

Таблица 4

Порода	Кп(%)
	Пределы
Граниты	0.3-4
Габбро	0.3-3
Пироксенит	0.2-2
Базальт	0.5-40
Диабаз	0.2-3
Порфирит	0.4-6
Гнейс	0.2-6

Сланец хлорит.	0.2-1
Амфиболит	0.1-6

данные относятся к невыветрелым породам. В процессе выветривания пористость возрастает (образование вторичной пористости)
и может достигать 20 - 40 %.

Другая особенность данной группы пород состоит в существенном преобладании закрытой пористости над открытой.

2.1.6 ПОРИСТОСТЬ ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД

К гидротермально измененным породам приурочены месторождения
рудных полезных ископаемых. Многочисленные исследования показали.
что зоны развития этих пород характеризуются повышенными значениями пористости по сравнению с неизмененными ,породами. Вероятно
это связано с тем, что гидротермальные растворы могут перемешаться в средах с повышенной пористостью и проницаемостью. Таким образом, зоны повышенной пористости являются своеобразным индикатором

гидротермальных процессов и, косвенно, признаком оруденения.
На рисунке 2.4 приведен пример распределения пористости в районе медноколчеданного оруденения.

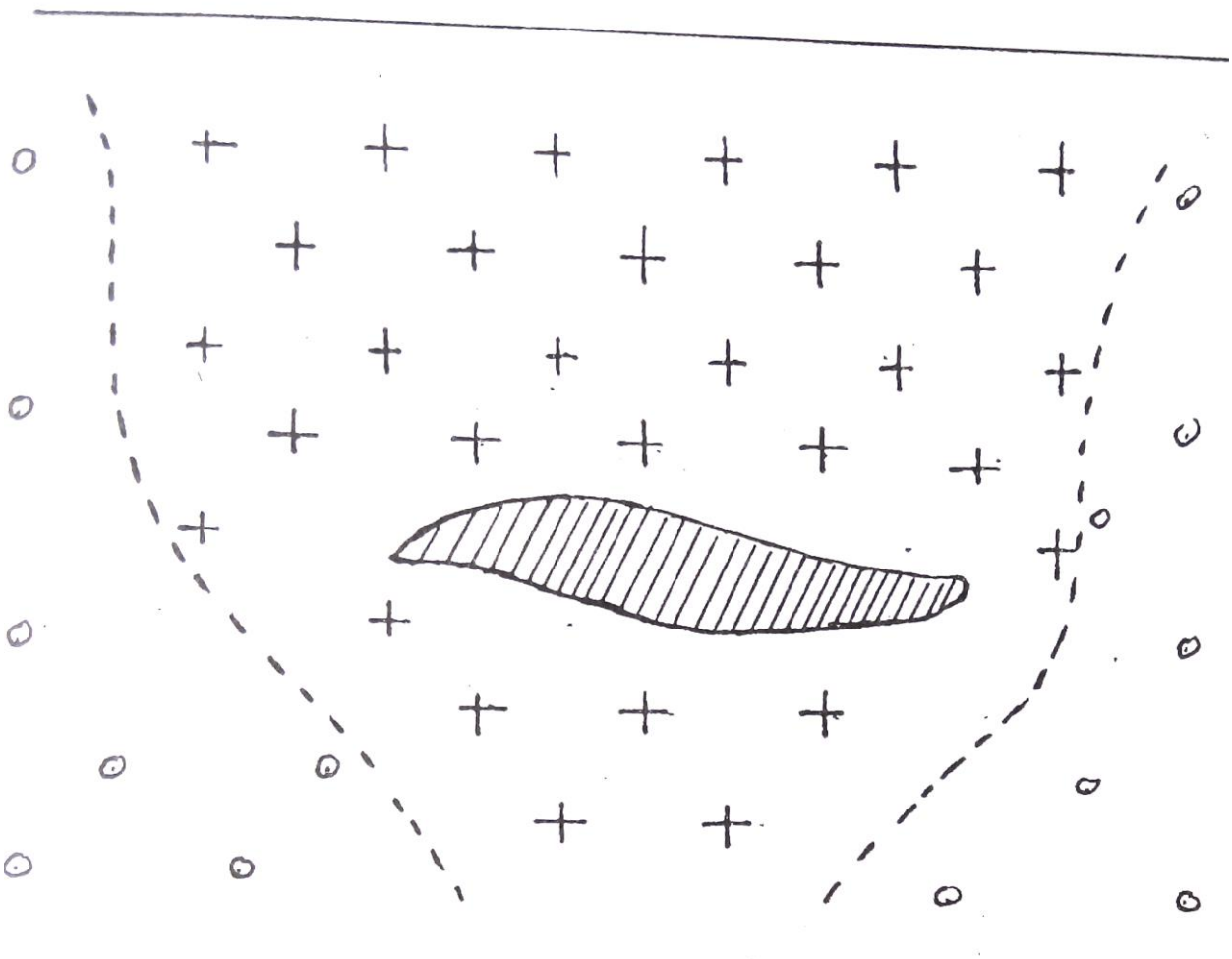


Рис.2.4. Распределение коэффициента открытой пористости
на месторождении Абеи-Саз (Башкирия)
-рудное тело
-Кп.о=0.5-3 %
-Кп.о<0.2%

2.2. ВЛАЖНОСТЬ. ВЛАГОЕМКОСТЬ

Влажность определяется, как количество воды в горной породе, а **влагоемкость**, как способность горной породы удерживать воду. Вода в горных породах может присутствовать в различных видах:

а) **Прочно связанная вода** - слои воды толщиной в несколько молекул. непосредственно примыкающий к стенке перового канала. Эта вода силами Ван-дер—Ваальса прочно связана с твердой фазой породы, Не может перемешаться, обладает аномальными физическими свойствами

(плотность до 2 г/см3, температура замерзания до -78 C^o, повышенная вязкость, плохая растворимость солей).

б) **Рыхло связанная вода** - непосредственно примыкает к слою прочно связанной воды, менее прочно связана с твердой фазой. В частности, образуется в углах пор в силу поверхностного натяжения (стыковая вода). Толщина слоя рыхло связанной воды составляет десятки и более молекул, она имеет повышенную плотность и пониженную температуру замерзания.

в) **Свободная вода** - обычная вода, которая свободно перемещается в поровом пространстве по законам гидродинамики.

Выделяют несколько типов влагоемкости:

а) **Машинальная гигроскопическая влагоемкость** ($W_{мг}$) - максимальное количество парообразной влаги (в процентах к весу абсолютно сухой породы), которое способна поглотить порода из воздуха влажностью 94%. Эта влагоемкость включает в себя прочно связанную и часть рыхло связанной воды.

б) **Капиллярная влагоемкость** — полное количество воды, которое присутствует в породе в силу явления капиллярного подъема.

в) **Полная влагоемкость** - максимальное количество связанной и свободной воды, которое может присутствовать в горной породе.

Соотношение между связанной и свободной водой при полном заполнении перового пространства определяется сечением поровых каналов и составом твердой фазы породы. Относительное количество свободной воды уменьшается с уменьшением сечения пор и увеличением содержания глинистых минералов. В случае чистых глин в норах присутствует только связанная вода, а в грубообломочных породы (галечники, крупнозернистые пески) почти вся вода представлена свободной.
Двойной электрический слой.
Поверхность твердой фазы перового пространства адсорбирует ионы одного знака из поровых растворов. Эти ионы удерживаются на ней силами Ван—дер—Ваальса, создавая слой не компенсированных зарядов (слой потенциал-определяющих ионов). В результате электростатического взаимодействия из перового раствора к нему будут притягиваться ионы противоположного знака (слой противоинов).
что в совокупности создает двойной электрический слой. Противоионы образуют сложную пространственную структуру. На расстоянии порядка размера молекулы противоионы прочно удерживается силами электростатического взаимодействия и не могут перемещаться, образуя плотную часть двойного слоя. Дальше от поверхности твердой

фазы их концентрация убывает и они не столь сильно связаны с потенциал-определяющим слоем. Эта область называется диффузионной частью двойного слоя и может перемещаться при движении жидкости в поровом пространстве примерная структура двойного слоя приведена на рис. 2.5.

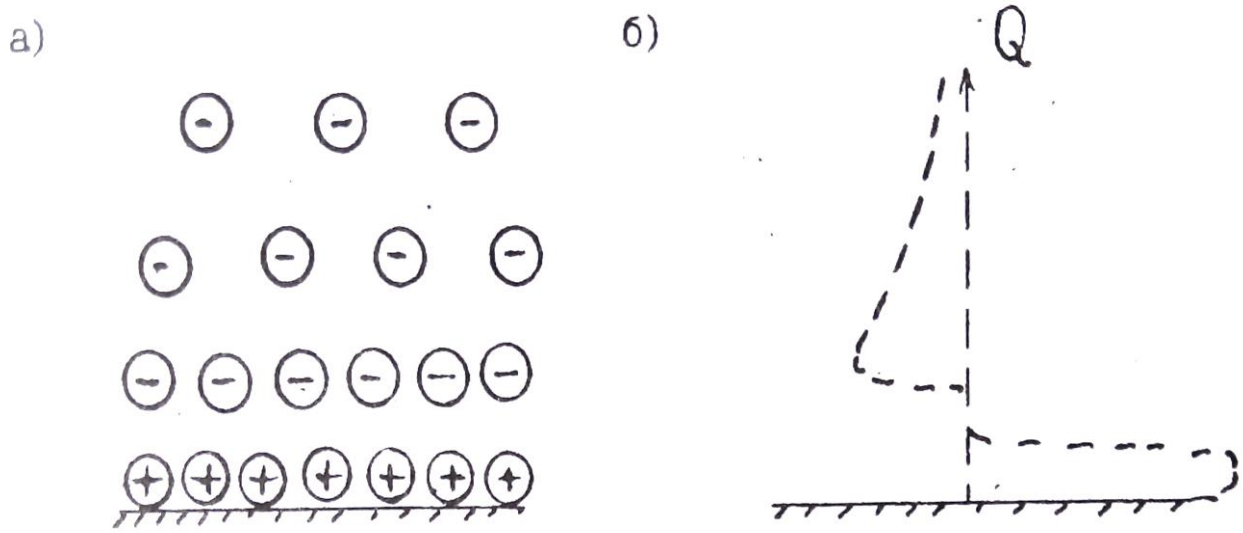


Рис.2.5. Строение двойного электрического слоя (а) и распределение заряда Q в пределах двойного слоя (б)

Область, занятая двойным слоем, примерно соответствует или несколько больше слоя прочно и рыхло связанной воды.

2. 3. ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Проницаемостью называется способность горной породы пропускать жидкости, газы или их смеси при наличии градиента давления. Выделяют физическую или абсолютную и фазовую проницаемости.

2.3. 1. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРОНИПАШОСТЬ

Это способность горных пород пропускать **однородные** жидкости или газы. Представим себе трубку, в которую помещен образец цилиндрической формы (Рис.2.б). На верхней грани образца давление P_1 на нижней P_2. Градиент давления равен $\frac{\Delta P}{L}$, где $\Delta = P_1 - P_2$, L-длина образца. Через нижнюю границу будет вытекать жидкость. раскол которой

равен Q ($см^3$/сек). Обозначим площадь поперечного сечения образца через S и введем удельный расход V=Q/S (расход через единицу площади поперечного сечения). Соотношение между этими величинами описываются законом Дарси: V прямо пропорционален градиенту давления и обратно пропорционален вязкости (μ).

$$V = К_{пр} \frac{\frac{P_1 - P_2}{L}}{\mu} (2,6)$$

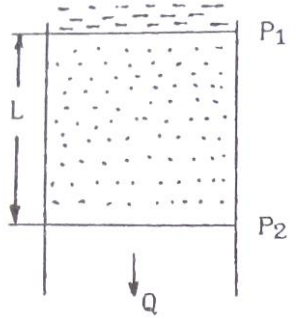


Рис.2.6. К определению коэффициента проницаемости

Коэффициент пропорциональности в этом уравнении (кпд) называется коэффициентом проницаемости, он является количественно характеристикой физической проницаемости. Единицей Кпр в системе СИ служит мг. Существует вне системная единица - Дарси, которая соответствет проницаемости породы, у которой удельный расход води равен 1 смз/сек при градиенте давления 1 атм/см. $1м^2 \approx 1 * 10^{12}$ Д или $1Д \approx 1 * 10^{-12}$ $м^2 = 1$ $мкм^2$.

Дарси крупная единица, обычно для характеристики проницаемости горных пород используют тысячную долю Дарси – 1мД, 1 мД=1 $фм^2$

2.3.2. СВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЗИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ С КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОРИСТОСТИ И СТРУКТУРОЙ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

Для простейшей модели строения перового пространства в виде трубчатых капилляров (рис.2.7) выведено простое соотношение -

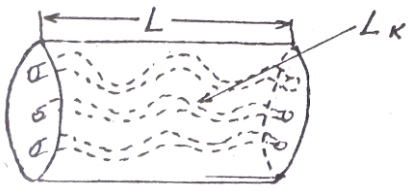


Рис.2.7. К пояснению формулы Козени—Кармана

формула Козени-Кармана

$$К_{пр} = \frac{К_{пд}^3}{S_ф^2 * T^2 * f}$$, (2.7)

Где $К_{пд}$ – коэффициент динамической пористости.
$S_ф$ – удельная поверхность порового пространства (площадь поверхности пор в единице объема горной породы.
$T=L_к/L$ -удельная извилистость поровых каналов (отношение средней длины перового канала Lк в пределах образца, к длине образца L. .
f - некоторый параметр, зависящий от формы сечения порового канала (лежит в пределах от 2 до 3).
(**Предупреждение**. В литературе в формулах типа 2.7 часто используют обозначение Кп или термин пористость вместо динамической пористости необходимо представлять, что движение флюидов возможно только по динамическим порам.)

Из формулы 2.7 следует сильная зависимость коэффициента проницаемости от коэффициента пористости (третья степень) и структуры перового пространства, которая для данной модели определяется величинами T и $S_ф$.
На рис. 2.8 приведены примеры зависимости $К_{пр}$ от $К_{пд}$ (экспериментальные данные)

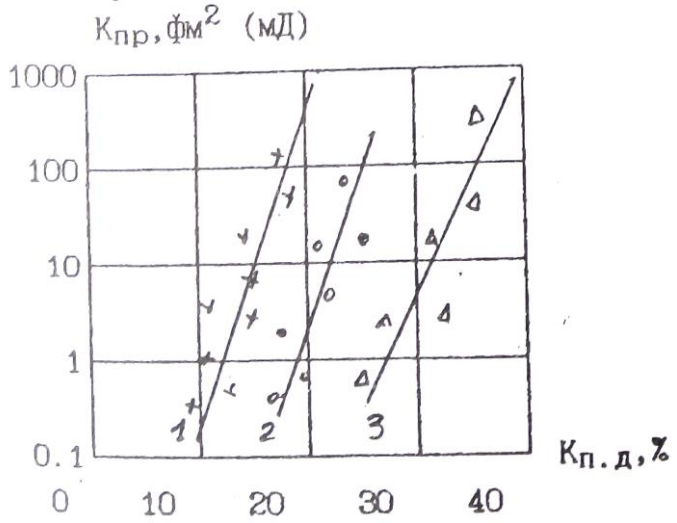


Рис.2.8. Зависимость коэффициента проницаемости от коэффициента динамической пористости 1 - песчаник, нижний вилькокс, 2 – песчаник слабо сцементированный, 3 - песчаник тонкозернистый

Линейный вид зависимостей в полулогарифмическом масштабе и угол наклона подтверждают зависимость $К_{пр}$ от третьей степени $К_{пд}$- Смещение линий в горизонтальном направлении обусловлено влиянием структуры порового пространства. Величина удельной по-

нием поровых каналов, и возрастает с уменьшением сечения. У обломочных пород сечение каналов связано с размером зерен. Например в случае отсортированной породы с изометричными обломками со средним диаметром d:

$$S_{\text{ф}} \approx 3.6/d \quad (2.8)$$

Таким образом, уменьшение размера верен приводит к уменьшению проницаемости. Это объясняет непроницаемость глин (тонкодисперсные породы), хотя коэффициент пористости у них составляет десятки процентов. Рис. 2.9 иллюстрирует подобную зависимость.

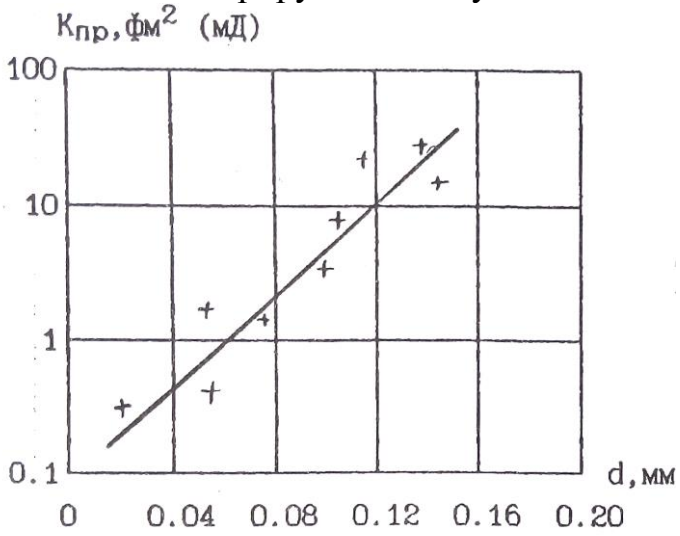


Рис. 2.9, Зависимость коэффициента проницаемости от среднего диаметра и зерен песчано—алевритово—глинистых пород

В случае трещинной пористости проницаемость определяется приближенным выражением:

$$\text{К}_{\text{пр}} \approx 8.45\ b^2 \quad (2.9)$$

где b — средний размер поперечного сечения трещин (раскрытость трещин) в мкм,
Кпт - коэффициент трещиной пористости в %.
По величине коэффициента проницаемости все породы подразделяются на три группы:

1. **Проницаемые** — грубообломочные породы (галечники, гравии), хорошо отсортированные, слабо сцементированные песчано—алевритовые породы, кавернозные и трещиноватые карбонатные породы, трещиноватые магматические породы, Это породы с высоким коэффициентом пористости (20-40%). сверхкапиллярными и капиллярными порами, существенным преобладанием свободной воды в поровом пространстве, Коэффициент проницаемости их лежит в пределах 10 - 10^6 фм^2 (мД).

2.**Полупроницаемые** — менее отсортированные песчано-алевритово-глинистые породы, мелкотрещинные меловидные карбонатные породы. поровое пространство представлено субкапиллярными порами, преобладает связанная вода. Кпр в пределах 0,1-10 фм^2 (мД).

3. **Практически непроницаемые** - глины, аргиллиты, сильно сцементированные песчаники и алевролиты, невыветрелые кристаллические карбонатные и магматические породы. Кпр < 0_1 фм^2 (мД).

2. 3. 3. ФАЗОВАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Это способность горной породы, насыщенной неоднородной жидкостью или смесью жидкостей и газов, пропускать ту или иную фазу при наличии градиента давления. Для обычных в горных породах фаз (вода, нефть, газ) количественно фазовая проницаемость характеризуется коэффициентами Фазовой проницаемости для воды (Кпр.в), нефти (Кпр.н) и газа (Кпр.г), которые являются коэффициентами пропорциональности в аналогах уравнения Дарси:

$$V_B = \text{К}_{\text{пр.в}} \frac{\frac{\Delta P}{L}}{\mu_{\text{н}}} \qquad V_{\text{Н}} = \text{К}_{\text{пр.н}} \frac{\frac{\Delta P}{L}}{\mu_{\text{н}}} \qquad V_{\Г} = \text{К}_{\text{пр.г}} \frac{\frac{\Delta P}{L}}{\mu_{\text{н}}}, (2.10)$$

где V_B, $V_{\text{Н}}$, $V_{\Г}$ - удельные расходы воды, нефти и газа соответственно.

Часто используют коэффициенты **относительной** фазовой проницаемости, которые определяют как отношение коэффициента фазовой проницаемости к коэффициенту абсолютной проницаемости в процентах. Например, коэффициент относительной Фазовой проницаемости воды ($\overline{\text{К}}_{\text{пр.в}}$) запишется: $\overline{\text{К}}_{\text{пр.в}} = (\frac{\text{К}_{\text{пр.в}}}{\text{К}_{\text{пр}}})$ 100 %.

Фазовая проницаемость отличается рядом особенностей, которые мы проиллюстрируем примером двухфазной смеси вода-нефть (Рис.2.10). На рис. Представлены зависимости коэффициентов относительной фазовой проницаемости ($\overline{\text{К}}_{\text{пр.в}}, \overline{\text{К}}_{\text{пр.н}}$) от соотношения фаз.
Последнее выражено через коэффициент вод насыщенности порового пространства ($\text{К}_{\text{В}}$) — отношение объема воды в поровом пространстве к объему пор. Полагаем, что все поровое пространство заполнено смесью вода—нефть, следовательно коэффициент нефтенасыщенности $\text{К}_{\text{Н}}$=1 -$\text{К}_{\text{В}}$. Отметим:

1) Графики зависимостей имеют в целом вогнутость вниз, т.е.

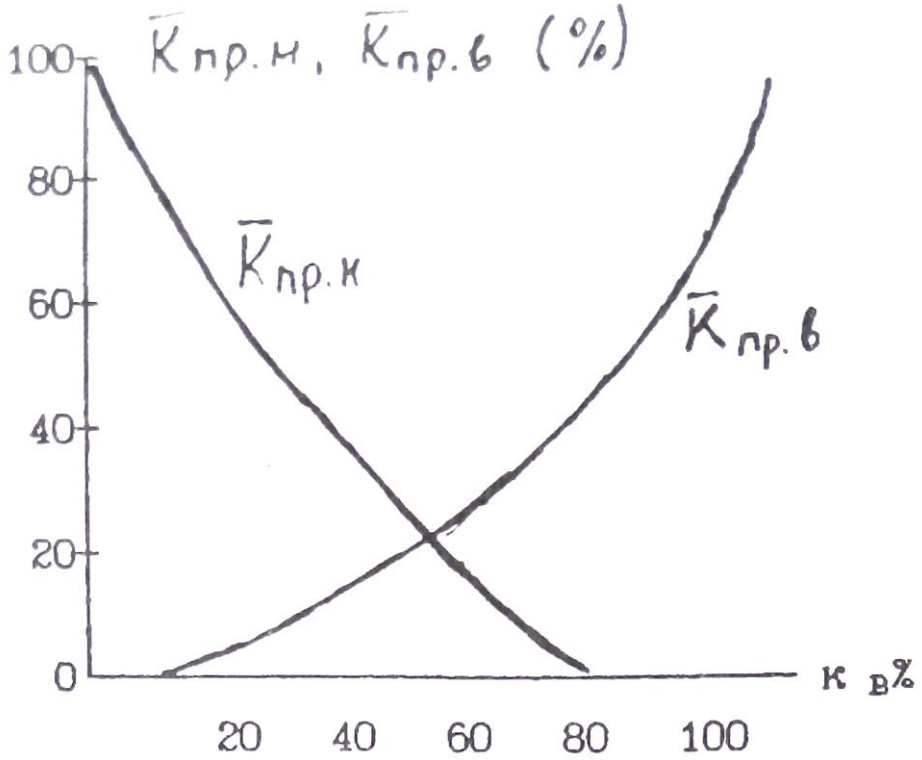


Рис.2.10. Зависимость коэффициентов относительной проницаемости по воде (Кпр.в) и нефти (Кпр.н) от соотношения фаз в смеси вода нефть

сумма Кпр.в+кПр.н<100. Смеси фильтруются хуже, чем однородные жидкости.

2) При определенном соотношении фаз возможен расход какой-либо одной фазы (при $К_В$ < 20% вода не фильтруется через породу, а при $К_В$ > 80%; не Фильтруется нефть).

3. ПЛОТНОСТНИЕ СВОЙСТВА

Эта группа свойств определяет возможность применения ряда геофизических методов. Например, гравиразведки для изучения геологических структур, поисков и разведки полезных ископаемых, ядерно-геофизическиих методов (гамма—гамма-каротаж) для расчленения разрезов скважин.

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЁДШНИЯ

Плотность - это масса единицы объема вещества. **Удельный вес** - вес единицы объема вещества. По определению плотность (δ):

$$\delta = \frac{m}{V}, (3.1)$$

Удельный вес (Δ):

$$\Delta = \frac{P}{V}, \quad (3.2)$$

где m, P, V - соответственно масса, вес и объем вещества. Так как P=mg (g- ускорение силы тяжести), то плотность это константа а удельный вес зависит от силы тяжести. В системе си единицей плотности является кг/м^3 удельного веса - Н/м^3. В системе СГС единица массы — грамм (г), внесистемная единица веса граммсила (Г) единицы объема - см^3. Плотности в системе СГС (г/см^3) и удельный вес во внесистемных единицах (Г/см^3) численно совпадают на поверхности Земли с точностью до 0.2-0.4% (изменения удельного веса связаны с изменениями ускорения силы тяжести по поверхности Земли).

Понятия плотность и удельный вес, строго говоря, применимы для однородных сред. Для неоднородных сред вводятся усредненные характеристики — объемная плотность (δ) и объемный вес (d), которые определяются также по Формулам (3.1 и 3.2). Следует иметь в виду, что при определении объемных параметров размер изучаемого объекта должен быть много больше размеров неоднородностей. Соотношение между единицами в различных системах:

1г/см^3 =1000 кг/м^3, 1Г/см =9810 Н/м^3.

Используют так же понятие **минеральная плотность** (δ_M) — масса единицы объема твердой фазы минерала или горной породы. Следует отметить, что наряду с системой СИ в литературе при описании плотностных свойств широко используется и система СГС, которую мы будем использовать при дальнейшем изложении материала. Кроме того общепринятым является использование терминов плотность и удельный вес вместо объемная плотность и объемный вес.

3. 2 ПЛОТНОСТЬ МИНЕРАЛОВ

Плотность минералов определяется химическим составом, строением электронных оболочек атомов, составляющих различные минералы. а также условиями их образования. Эти факторы определяют соотношение в минералах атомов с различными атомными массами, характер кристаллической связи, конституцию кристаллов. Большая часть породообразующих минералов имеет ионную или ковалентную

форму кристаллической связи, состоят из атомов с низкими средними атомными массами и имеют плотность порядка 2.2 – 3.5 г/см^3,
Среди рудных минералов преобладает ионно-металлическая и ковалетно-металлическая форма связи, часто присутствуют элементы с высокими атомными массами, ЧТО обуславливает повышение плотности до 3.5 — 7.5г/см^3.

Средняя атомная масса основных породообразующим минералов (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы, карбонаты) почти постоянна и несколько повышается в пироксенах и железистых оливинах. В связи с этим главным фактором определяющим плотность этих минералов является плотность упаковки атомов в кристаллической решетке. Например каркасные структуры силикатов (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы) обуславливают низкую плотность. У цепочечных силикатов (пироксены) плотность выше. Еще выше плотность минералов с островной структурой (оливины). Для породообразующих минералов характерны явления **изоморфизма** и **полиморфизма**. Изоморфизм это изменение состава без изменения структуры кристаллической решетки. Целые группы минералов магматических и метаморфических пород (плагиоклазы, амфиболы, пироксены, оливины, гранаты) образуют непрерывные изоморфные ряды. Например плагиоклазовый ряд начинается с альбита ($NaAl_2Si_3O_8$) с плотностью 2.61г/см^3 и заканчивается анортитом ($CaAlSi_2O_8$) с плотностью 2.76г/см. Соотношение между NA и Ca в ряду может быть любым, при этом образуется непрерывный ряд минералов (олигоклаз, андезин, лабрадор, битовнит) с промежуточными значениями плотности. Увеличение плотности от альбита канортиту связано с более высокой атомной массой Ca (40) по сравнению с Na (23). В тоже время при замещении Na в альбите на К имеем минерал ортоклаз (КА151308) с меньшей плотностью (2.57), хотя атомная масса К (39) выше, чем Na. Это связано с большим ионным радиусом К, что обуславливает менее плотную пространственную епаковку атомов. Полиморфизм - это изменение структуры кристаллической решетки без изменения состава. Классическим примером полиморфизма являются минералы графит (плотность 2.2) И алмаз (плотность 3.52). Оба минерала имеют одинаковый состав (С), но графит имеет рыхлую слоистую структуру кристаллической решетки, а алмаз кубическую центрогранную. Полиморфизм особенно характерен для минералов метаморфических горных пород.

Плотность некоторых минералов приведена в таблице 5.

Таблица 5

Минерал	Состав	$\delta\ (\frac{г}{см^3})$
Кварц	SiO_2	2.65
Альбит	$Na[AlSi_3O_8]$	2.61
Анортит	$Ca[Al_2Si_2O_8]$	2.76
Ортоклаз	$K[AlSi_3O_8]$	2.57
Нефелин	$Na[AlSiO_4]$	2.62
Роговая обманка	$NaCa_2(Mg,Fe)_4(Fe,Al)^*$ $(OH,F)_2Al_2Si_6O_{22}$	3.25
Пироксены:		
Авгит	$Ca(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)_2O_6]$	3.4
Геденбергит	$CaFe[Si_2O_6]$	3.55
Эгирин	$NaFe[Si_2O_6]$	3.53
Оливин	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	3.35
Мусковит	$KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$	2.85
Биотит	$K(Mg,Fe)_3[Si_3AlO_{10}][OH,F]_2$	3.05
Серпентенит	$Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$	2.55
Кальцит	$CaCO_3$	2.715
Магнезит	$MgCO_3$	2.96
Доломит	$CaMg[CO3]_2$	2.87
Барит	$BaSO_4$	4.5
Гипс	$CaSO_4*2H_2O$	2.3
Ангидрит	$CaSO_4$	2.96
Магнетит	Fe_3O_4	5.11
Ильменит	$FeTiO_3$	4.79
Хромит	$FeCr_2O_4$	4.2
Пирит	FeS_2	5.1
Халькопирит	$CuFeS_2$	4.2
Сфалерит	ZnS	3.95
Галенит	PbS	7.57
Циркон	$ZrSiO_4$	4.68

Приведены средние значения плотности наиболее чистых разновидностей минералов. Можно сделать следующие выводы:

1)Плотности основных породообразующих минералов ниже плотности рудных.

2) Темноцветные породообразующие минералы (пироксены, оливины. роговые обманки) имеют более высокую плотность по сравнению со светлыми минералами (кварц, полевые шпаты, плагиоклазы)

3.3 ПЛОТНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Общее выражение для плотности горной породы можно записать в виде:

$$\delta = \frac{m_T + m_{\text{ж}} + m_{\text{г}}}{V_{\text{Т}} + V_{\text{Ж}} + V_{\text{г}}}, (3.3)$$

где $m_{\text{Т}}$— масса твердой фазы, $m_{\text{Ж}}$— масса жидкой фазы. $m_{\text{Г}}$- масса газовой фазы породы, $V_{\text{Т}}, V_{\text{Ж}}, V_{\text{Г}}$— объемы твердой, жидкой и газовой фаз. Сумма объемов жидкой и газовой фаз равна объему порового пространства. Масса твердой фазы равна сумме масс слагающих породу минералов, а массы жидкой и газовой фаз сосредоточены в поровом пространстве. Тогда выражение (3.3) можно преобразовать к ВИДУ:

$$\delta = (1 - \text{К}_{\text{п}}) \sum \delta_i V_i + \sum \text{К}_{\text{П}} \text{К}_{\text{жк}} \delta_{\text{жк}} + \delta_{\text{г}} \delta_{\text{г}} \qquad (3.4)$$

где $\text{К}_{\text{П}}$ коэффициент пористости, δ_i и V_i - минеральная плотность и объемное содержание в твердой фазе i—го минерала, $\delta_{\text{жк}}$ плотность к—й жидкости. $\text{К}_{\text{ЖК}}$—объемное содержание к—й жидкости в поровом пространстве, δ_{Γ}- плотность газа, К_{Γ}- объемное содержание газа в поровом пространстве. Из 3.4 следует, что плотность горной породы зависит от минерального состава. заполнения порового пространства. Факторов может быть различной.

3.3.1 МАГМАТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Общим для магматических пород является их образование путем остывания магматического расплава. Классификация этих пород основана на двух основных признаках: а) условия образования, б) состав. По условиям образования выделяют; 1) **интрузивные** -породы, образовавшиеся при медленном остывании расплава на значительной глубине при низком теплообмене с вмещающими породами. При этом

первичный расплав теряет большую часть летучих компонентов (жидкая и газовая фазы). Формируются низкопористые полнокристаллические породы (см. Таб №4). 2) **Эффузивные –** породы, образовавшиеся при быстром остывании расплава в приповерхностных условиях (на поверхности, под водой, на малых глубинах). Расплав не успевает терять значительную часть летучих. Формируются пористые породы со стекловатой или частично кристаллической структурой. Среди эффузивов выделяют **кайнотипные** – сравнительно молодые породы в значительной степени сохранившие свой первичный облик и **палеотипные** – древние породы, подвергшиеся значительным изменениям (широко известно зеленокаменное изменение эффузивов) минерального состава и структуры. В частности типичными является уменьшение пористости с образованием миндалекаменных структур.

Состав определяется содержанием SiO_2 и номером плагиоклазов (соотношение Ca и Na). Нормальный (щелочноземельный) ряд магматических пород представлен всеми разновидностями от кислых (содержание SiO_2 около 70%), до ультраосновных (содержание SiO_2 около 40%). Щелочной ряд представлен ограниченным набором пород типа сионитов с составом, соответствующим средним -основным породам.

Таблица 6

Порода	$\delta\ (\frac{г}{см^3})$	Порода	$\delta\ (\frac{г}{см^3})$
Гранит фанерозоевский	2.57	Сиенит	2.62
Гранит докембрийский	2.59	Сиенит нефелиновый	2.66
Гранодиорит	2.69	Липарит	2.35
Диорит кварцевый	2.75	Кварцевый порфир	2.60
Диорит	2.81	Андезит	2.49
Габбро	2.95	Андезит-й порфирит	2.73
Пироксенит	3.2	Базальт	2.54
Перидотит	3.2	Диабаз	2.79

В таб. 6 приведены средние значения плотности основных типов магматических пород. По этим данным составлена диаграмма (рис. 3.1) зависимости средней плотности от состава магматических пород. Состав выражен через содержание SiO_2. В нижней части диаграммы приведены названия интрузивных, кайнотипных эффузивных и палеотипных эффузивных пород соответствующего состава.

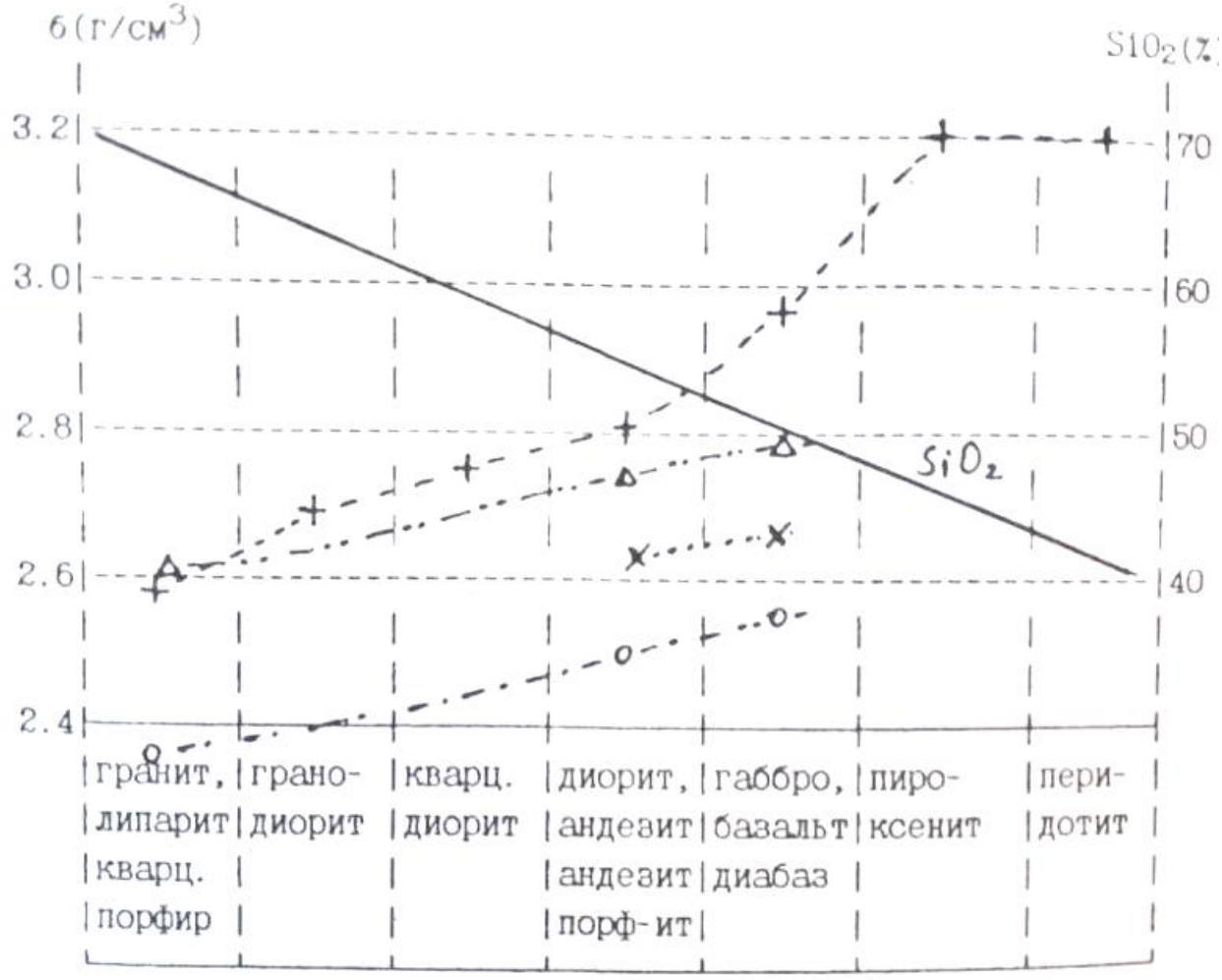


Рис.3.1. Зависимость средней меткости магматических пород от состава. (+ интрузивнне породы щелочноземельного ряда, х интрузивные породы щелочного ряда, о кайнотипные эффузивы, Δ палеотипные эффузивы).

Сделаем основные вывод:

1.Из таблицы и диаграммы следует закономерное возрастание плотности по мере увеличения основности (уменьшения содержания SiO_2), что обусловлено возрастанием количества плотных темноцветных минералов.

2. Разница в средних плотностях между соседними группами по основности составляет около ± 0.1 г/см^3. т.е. является **значимой** (например, позволяет разделять эти породы по уровню гравитационного поля над ними).

3.Графики зависимости плотности от состава интрузивных и палеотиных эффузивных пород практически совпадают. Причина этого – близость составов и пористости. Исключение составляют породы основного

ионного состава. причины этого будут рассмотрены ниже.

4. Бросается в глаза существенно меньшие плотности кайнотипных зффузивов. Причина — высокая пористость.

Вероятные отклонения от средних значений в каждой группе интрузивных и палеотипных зффузивных пород составляют 0.1Г/см^3, у кайнотипных зффузивов 0.15г/см^3. Эти отклонения связаны с влиянием двух основных факторов;

1. В каждой петрографической группе объединены по сути различные породы. Например. среди гранитов выделяют аляскитовые, мусковитовые, двуслюдяные, роговообманковые и т.д. Таким образом, в пределах группы возможны вариации состава породообразующих, минералов и, следовательно, плотности. Так, среди пород типа габбро есть и анортозиты (состоят на 90-95%. из плагиоклаза — лабрадора) с плотностью 2.69 г/см^3, и оливиновое габбро (плагиоклаз и до 20 % оливина) с плотностью 3.07г/см^3.

2.Любая порода, кроме породообразующих, содержит и акцессорные (второстепенные) минералы. В кислых породах это апатит ($\delta = 3.19$), циркон ($\delta = 4.7$), магнетит ($\delta = 5.1$), ильменит ($\delta = 4.79$). В породах основного состава это магнетит, титаномагнетит ($\delta = 4.72$), сульфиды ($\delta = 4.7 - 4.9$). В ультраосновных - магнетит, титаномагнетит. Количество акцессорных минералов может меняться от тысячных долей процента до нескольких процентов, что и приводит к вариациям плотности для ряда районов установлено увеличение содержания акцессорных минералов в рудоносных магматических комплексах, что может служить поисковым признаком.

Процессы автометаморфизма (серпентинизация, амфиболизация) Оказывают существенное влияние на плотность магматических пород. При серпентинизации массивов ультраосновных пород пироксены и оливин преобразуются в серпентин — минерал, содержащий гидроксильную группу. с плотностью 2.55 г/см^3. На рис. 3.2 представлен график зависимости плотности от степени серпентинизации. Нацело серпентинизированные породы имеют плотность, соответствуют кислым магматическим породам, это обстоятельство приходится учитывать при интерпретации данных гравиразведки. дальнейший процесс метаморфизма связан с карбонатизацией, при которой плотность возрастает.

Амфиболизация характерна для пород основного состава и проявляется в преобразовании пироксена в амфиболы и плагиоклазы с выделением хлорита, эпидота, серицита — минералов с меньшей плотностью.

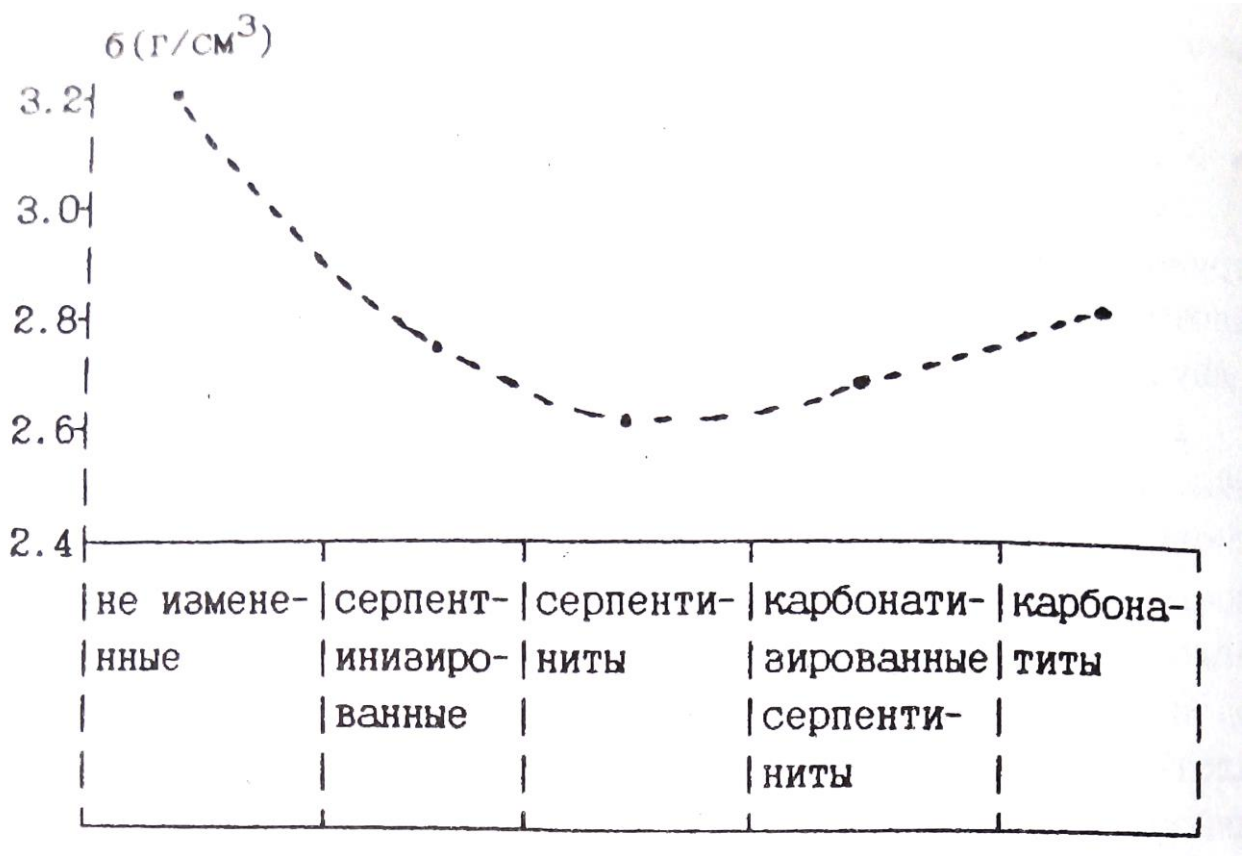


Рис 3.2. Изменение плотности ультраосновных перед
пород в процессе серпентинизации и карбонатизации

Таким образом, амфиболизация сопровождается уменьшением плотности. Обратите внимание, что на рис. 3.1 плотность диапазон меньше плотности их интрузивного аналога — габбро. Диабаз это порода, претерпевшая метаморфические изменения, и её плотность соответствует амфиболизированному габбро. Процессы локального метаморфизма (метасоматоза) могут сопровождаться как уменьшением, так и увеличением плотности. В таблице 7 приведены данные по изменению плотности для типичных процессов.

Таблица 7

Порода	$\delta\left(\frac{г}{см^3}\right)$ измененных	Процесс	$\delta\left(\frac{г}{см^3}\right)$ не измененных
Гранодиорит	2.65	Серицитизация	2.55
Гранодиорит	2.67	Хлоритизация	2.61
Порфирит	2.76	Окварцевание	2.65
Диорит	2.8	Альбитизация	2.63
Гранит	2.6	Грейзенизация	2.77
Порфирит	2.7	Эпидотизация	2.85

Локальные изменения плотности используются как поисковый признак, так как процессы рудообразования сопровождаются локальным метасоматозом.

3.3.2. ОСАДОЧННЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

ОБЛОМОЧНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

В таблице 8 приведены значения минеральной плотности (плотность твердой Фаза) основных типов обломочных пород.

Порода	$\delta_{\text{ср}}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{min}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{max}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$
Песчаник	2.67	2.58	2.76
Алевролит	2.69	2.62	2.76
Аргилит	2.68	2.69	2.78
Глина	2.68	2.58	2.78

Отметим близкие значения бар, из чего следует зависимость плотности в основном от пористости и характера заполнения порового пространства. Для водонасыщенных и газонасыщенных пород плотность ($\delta_{\text{В}}, \delta_{\text{Г}}$) соответственно равна:

$$\delta_{\text{В}} = (1 - \text{К}_{\text{П}})\delta_{\text{Т}} + \text{К}_{\text{П}}\,\delta_{\text{Т}} \quad (3.5)$$

$$\delta_{\text{Г}} = (1 - \text{К}_{\text{П}})\delta_{\text{Т}} \quad (3.6)$$

где $\text{К}_{\text{П}}$ - коэффициент пористости, $\delta_{\text{Т}}$- плотность твердой фазы, плотность воды. Учитывая постоянство минеральной плотности, в Обоих случаях имеем линейную зависимость плотности от пористости. На рис. 3.3 приведены зависимости, рассчитанные для $\delta_{\text{Т}}$=2.68г/см^3 и результаты изучения плотности реальных пород. Расчетные и экспериментальные данные достаточно близки. Изменение пористости на 1% приводит к изменению плотности на на 0.03 и 0.02 г/см^3, соответственно для газонасыщенных и водонасыщенных пород. Эти цифры полезно запомнить поскольку они определяют требования к точности измерения плотности геофизическими методами (гамма—гамма каротаж, акустический каротаж) с целью оценки пористости коллекторов.

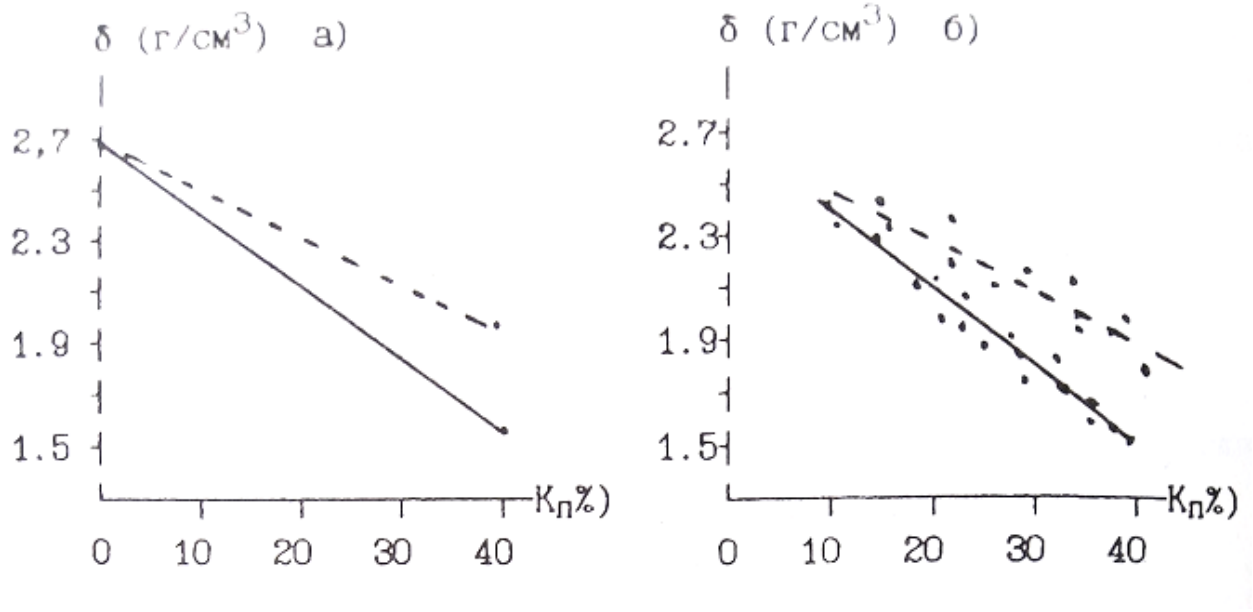


Рис. 3.3. Зависимость плотности обломочных осадочных пород от пористости, а) расчет, б) экспериментальные данные для песчано-глинистых отложении. - водонасыщенные - газонасыщенные

Как отмечалось ранее, в результате уплотнения под нагрузкой вышележащих слоев происходит закономерное уменьшение пористости обломочных пород. Если в выражении 3.5 и 3.6 подставить значения пористости из 2.5, то получим зависимость плотности от глубины залегания:

$$\delta_{\Gamma}(H) = \delta_{\text{Т}}(1 - \text{К}_{\text{П}}(0) * \exp(-0.45\,H)) \qquad (3.7)$$

$$\delta_{\text{В}}(H) = \delta_{\text{Т}} + \text{К}_{\text{П}}(0) * (1 - \delta_{\text{Т}}) * \exp(-0.45\,H) \qquad (3.8)$$

где $\text{К}_{\text{П}}(0)$ - пористость на поверхности, Н — глубина в км.

Таблица 9

Порода	$\delta\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ пределы	$\delta\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ наиб. вероят.
Глины	1.20-2.40	-
Аргилиты	1.70-2.90	2.30-2.40
Пески	1.30-2.00	1.50-1.70
Песчаники	2.00-2.90	2.50-2.65
Алевролиты	1.80-2.80	2.30-2.50
Конгломераты	2.10-3.00	-

В таблице 9 приведены значения плотности обломочных осадочных пород. Основные выводы:

1) Плотность обломочных осадочных горных пород (вероятные значения) ниже плотности магматических пород.
2) Плотность меняется в широких пределах. что связано с широким диапазоном возможных значении пористости.
3) Интервалы плотности основных типов обломочных пород в значительной степени перекрываются.

КАРБОНАТНЫЕ ОСАДОЧННЕ ПОРОДЫ

В таб.10 приведены значения минеральной плотности карбонатных пород.

Таблица 10

Порода	$\delta_{\text{ср}}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{min}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{max}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$
Мел	2.69	2.56	2.80
Известняк	2.72	2.62	2.80
Доломит	2.80	2.76	2.88
Мергель	2.70	2.58	2.80

Отмечаются значимые различия средних плотностей. Поэтому плотность карбонатных пород будет определяться минеральным составом, пористостью и характером заполнения перового пространства. Представления о плотности этих пород иллюстрируются таб. 11.

Таблица. 11

Порода	$\delta\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ пределы	$\delta\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$ наиб. вероят.
Известняки	1.80-2.90	2.60-2.70
Доломиты	1.90-3.00	2.60-2.80
Мергели	1.50-2.80	2.20-2.40

Для этой группы пород остаются справедливым пункты 2 и 3 выводов, которые получены для обломочных пород. Дополнительно отметим более высокую плотность известняков и доломитов, которая близка к плотности кислых и средних магматических пород.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ ,

Для этих пород характерна низкая пористость, и их плотность в основном определяется минеральным составом. Плотность гипсов лежит в пределах 2.10 — 2.50 г/см^3, ангидритов 2.50—2.90 г/см^3, каменной соли 2.15 — 2.30 г/см^3. Приведем пример соотношения плотностей осадочных комплексов с вытекающими из этого особенностями геофизических полей. Среди структур, вмещающих углеводородное сырье. существуют так называемые диапировые структуры или структуры протыкания. Они образуются в результате выжимания ("Всплывания") соляных куполов сквозь толщ обломочных осадочных пород. Соотношение плотностей приведено на рис. 3.4 а).

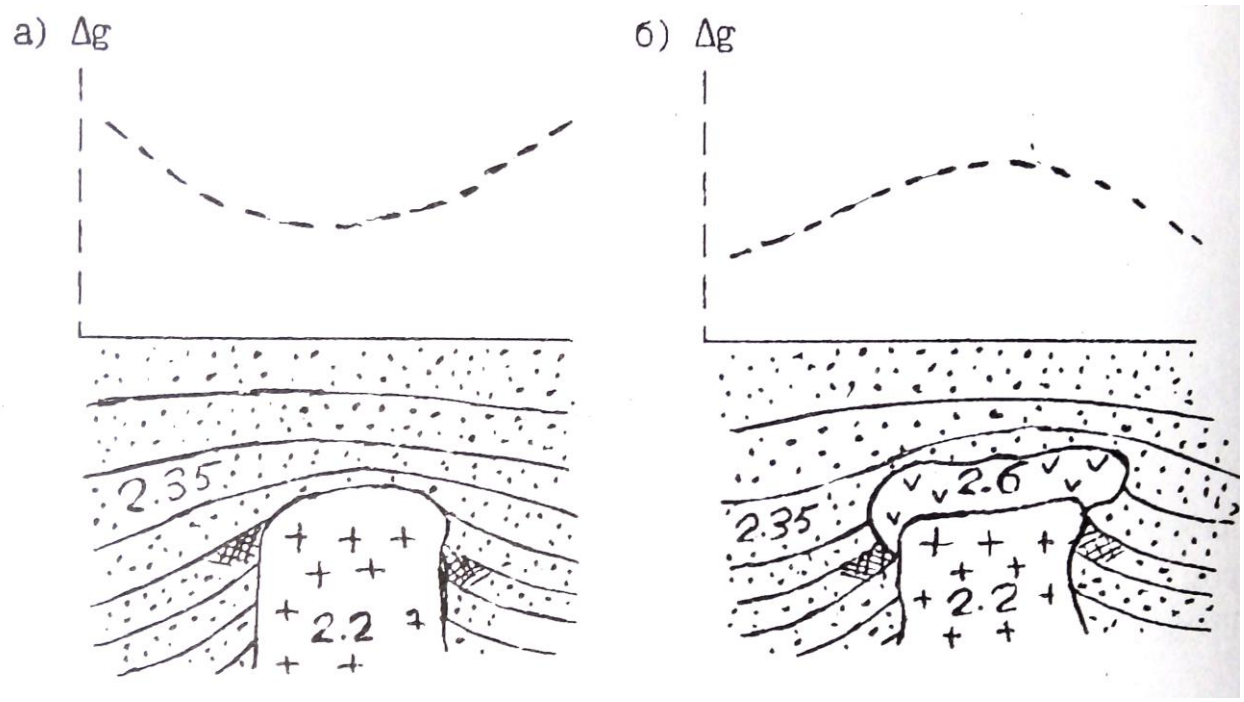


Рис. 3.4. Характер распределения плотности и ускорение силы тяжести над соляно-купольными структурами (песчано-глинистые отложения, + - каменная соль, — ангидритн, - приращениеускорения силы тяжести, - нефтеносность)

Плотность каменной соли (2.20 г/см^3) меньше плотности песчано-глинистых отложении (2.35 г/см^3). Это обуславливает недостаток масс соляного куполам над структурой наблюдается Уменьшение силы тяжести (Кривая Δg,рис.3.4. а)). Однако, возможно и более сложное строение соляных куполов (рис.3.4. б)). В верхней части купола образуется покрышка сложенная ангидритами ("каменная шляпа") с плотностью 2.60 г/см^3.

Избыток масс покрышки может превосходить действие недостатка масс соляного купола, и над структурой наблюдается увеличение силы тяжести. Возможно ситуация баланса этих двух факторов, и над структурой существенного изменения гравитационного поля не будет.

3.3.3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Метаморфические породы образуются в результате регионального (охватывающего значительные площади и объемы пород) преобразования магматических и осадочных пород под действием высокой температуры и давления. В основу классификации метаморфических пород положены условия (фация) метаморфизма, структурно-текстурные особенности и состав породы. В порядке возрастания термодинамических условии выделяют следующие фации: зеленых сланцев. эпидот-амфиболитовую, амфиболитовую, гранулитовую, эклогитовую. В начальный этап регионального метаморфизма происходит уплотнение первичных осадочных пород в результате уменьшения пористости под действием давления (катагенеза). В фацию зеленых сланцев наблюдается некоторое разуплотнение исходных магматических и подвергнутых катагенезу осадочных пород в результате образования минералов, содержащих кристаллизационную и конституционную воду. Дальнейший метаморфизм сопровождается увеличением плотности за счет полиморфных преобразовании минералов. Образуются новые минералы с уплотненными кристаллическими решетками. данные о плотности метаморфических пород Приведены в таблице 12. При общем закономерном возрастании плотности с увеличением степени метаморфизма, в пределах каждой отмечаются существенные колебания плотности, что отражает влияние минерального состава пород. Интересно отметить, что при так называемом ультраметаморфизме (протекает в условиях относительно пониженного давления и высоких температур, сопровождается полной перекристаллизацией и частичным расплавлением пород) отмечаются существенное уменьшение плотности. Так амфиболиты (3.0 г/см^3) преобразуются в метасоматические граниты (2.6 г/см^3). Процесс гранитизации сопровождается кремний-калиевым метасоматозом с преобразованием плотных минералов (амфиболы, гранаты, биотит) в менее плотные (кварц, микроклин).

Таблица 12

Фация	Порода	$\delta_{\text{ср}}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{min}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$	$\delta_{max}\ \left(\frac{\text{г}}{\text{см}^3}\right)$
Зеленых сланцев	Филит	2.45	2.40	2.70
	Сланец:			
	Кварцево-серицитовый	2.57	2.50	2.64
	Кремнистый	2.60	2.58	2.62
	Хлоритовый	2.76	2.72	2.80
	Слюдистый	2.65	2.60	2.75
Эпидот-амфиболитовая	Сланец кристаллический:			
	Биотитовый	2.63	2.62	2.63
	Роговообманковый	2.77	2.75	2.80
	Кварцит	2.64	2.62	2.65
	Мрамор	2.70	2.68	2.72
Амфиболитовая	Гнейс:			
	Биотитовый	2.63	2.60	2.68
	Амфиболовый	2.78	2.75	2.82
	Амфиболит:			
	Полевошпатовый	2.87	2.80	2.95
	Гранатовый	3.10	3.00	3.20
Гранулитовая	Гранулит гиперстеновый	2.72	2.60	2.85
	Сланец	3.05	2.90	3.25
Эклогитовая	Эклогит	-	3.20	3.40

3.3.4. ВЛИЯНИЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД.

Процессы гипергенеза в результате химического и механического выветривания приводят к существенному изменению состава и состояния пород. Образуется вторичная пористость в результате растрескивания и выщелачивания, которая достигает 20-30%.

Образующиеся коры выветривания глинисто-слюдистого и хлорито-гюдрослюдистого состава с гидроокислами железа, обломками кварца, микроклина, биотита имеют пониженную плотность порядка 2.1-2.5 г/см^3.

Вопросы для самопроверки:

1. *Какие причины создают неоднородность физический свойств горных пород?*
2. *Как строятся гистограммы распределения физический свойств горных пород?*
3. *Типы пористости.*
4. *Какие факторы определяют пористость обломочных пород?*
5. *Назовите группы пород с низкой и повышенной пористостью.*
6. *Как изменяется пористость с глубиной?*
7. *Что такое влажность и влагоемкость?*
8. *В каком виде присутствует вода в горных породах?*
9. *Какими особенностями обладает связанная вода?*
10. *Что такое проницаемость?*
11. *Отличие физической проницаемости от фазовой?*
12. *Как классифицируются породы по проницаемости?*
13. *Как образуется двойной электрический слой?*
14. *Каким параметром характеризуется нефтенасыщенность?*
15. *Что такое плотность и минеральная плотность?*
16. *От чего зависит плотность минералов?*
17. *Назовите основные факторы, определяющие плотность магматических (инрузивных и эффузивных) и осадочных (обломочных, карбонатных и гидрохимических) пород.*
18. *Рассчитайте плотность водонасыщенного и газонасыщенного печсчаника с коэффициентом пористости 25%.*

Литература:

1. В.М. Добрынин, В.Ю. Вендельштейн, Д.А. Кожевников. Петрофизика: Учебник для вузов. -М: Недра, 1991.
2. В.Н. Кобранова. Петрофизика: Учебник для вузов -М: Недра, 1986.

Оглавление

Введение……..... 3
1. Статистическая природа физических свойств……..... 4
2. Коллекторские свойства……..... 8
2. 1. Пористость..... 9
2.1.1. Классификация пор……..... 10
2.1.2. Пористость обломочных осадочных пород……..11
2.1.3. Пористость карбонатных осадочных пород……....14
2.1.4. Пористость гидрохимических осадочных пород.....15
2.1.5. Пористость магматических и метаморфических пород.....15
2.1.6. Пористость гидротермально измененных пород….....16
2.2. Влажность, влагоемкость…….....17
2. 3. Проницаемость 19
2.3.1. Физическая проницаемость 19
2.3.2. Связь коэффициента проницаемости с коэффициентом пористости и структурой перового пространства……..20
2.3.3. Фазовая проницаемость 23
3. Плотностные свойства 24
3.1. Основные понятия и определения 24
3.2. Плотность минералов 25
3.3. Плотность горных пород 28
3.3.1. Магматические породы 28
3.3.2. Осадочные породы 33
3.3.3. Метаморфические породы 37
3.3.4. Влияние выветривания на плотность пород 38
Вопросы для самопроверки 39
Литература 39

Игорь Иванович Бреднев

ПЕТРОФИЗИКА

Часть 1. Коллекторские и плотностные свойства горных пород

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Петрофизика» для студентов профилизации «Геофизические методы поисков и разведки МПИ» (РФ)направления 650200 «Технологии геологической разведки»

Конспект лекций

Корректура кафедры геофизики

Подписано в печать 09.09.2004г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60х84 1/16.Печать на ризографе.
Печ.л. 2,8. Уч-изд. л. 2,39. Тираж 100 экз. Заказ №130.

Издательство УГГГА
620144. г. Екатеринбург. УЛ- Куйбышева 30
Уральская государственная горно-геологическая академия
Лаборатория множительной техники

ФГБОУ ВО
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра технологии и техники разведки МПИ

Усов Г.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ БУРОВЫМ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Учебно-методическое пособие
по самостоятельной работе для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки

Екатеринбург, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД 4

1.1. Общая характеристика механических способов разрушения горных пород при бурении скважин……4

1.2. Формирование зоны предразрушения при механическом разрушении горных пород……

1.3. Экономическая оценка эффективности разрушения горных пород при бурении……

1.4. Разрушение горных пород буровым инструментом с резцами из твердого сплава…….

1.4.1. Твердые сплавы и их свойства……

1.4.2. Основные типы бурового инструмента, вооруженного твердосплавными резцами……

1.4.3. Разрушение горных пород буровым инструментом с резцами из композиционных алмазосодержащих и поликристаллических алмазов…..

1.4.4. Буровые инструменты с резцами из твердых материалов с поликристаллическими алмазами……..

1.5. Разрушение горных пород алмазным буровым инструментом……

1.5.1. Общие сведения об алмазном буровом инструменте…….

1.5.2. Разработки алмазных инструментов компаний Atlas Copco и Boart Longyear…….

1.5.3.Динамические нагрузки на алмазы в процессе разрушения горных пород……...

1.6. Разрушение горных пород шарошечными долотами…….

1.6.1.Конструкции и вооружение шарошечных долот……

1.6.2.Системы очистки забоя и интенсификация процесса разрушения при бурении шарошечными долотами……

1.7.Разрушение горных пород при вращательно-ударном, ударно-вращательном и ударном способах бурения…….

1.7.1.Разрушение горных пород при вращательно-ударном способе бурения……

1.7.2.Разрушение горных пород алмазным инструментом в режиме вращательно-ударного бурения……

1.7.3.Разрушение горных пород шарошечными долотами в режиме вращательно-ударного бурения……..

1.7.4.Разрушение горных пород при ударно-вращательном способе бурения…..

1.7.5.Разрушение горных пород при ударном способе бурения……..

1.8.Взрывное разрушение……..

1.8.1.Понятие о взрыве……..

1.8.2.Механизм разрушения пород взрывом……

2. БУРОВОЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ…….

2.1. Классификация породоразрушающих инструментов .....

2.2. Конструкции породоразрушающих инструментов.....

2.2.1. Лопастные породоразрушающие инструменты.....

2.2.2. Шарошечные породоразрушающие инструменты.....

2.2.3. Вооружение шарошечных породоразрушающих инструментов.....

2.2.4. Системы очистки забоя и элементов вооружения шарошечных породоразрушающих инструментов.....
2.2.5. Опоры шарошек шарошечных породоразрушающих инструментов.....
2.2.6. Система герметизации маслонаполненных опор шарошечных породоразрушающих инструментов.....
2.2.7. Типы и основные размеры шарошечных долот по ГОСТ 20692−75.....
2.2.8. Лицензионные шарошечные долота производства ОАО «Волгабурмаш» ...
2.2.9. Одношарошечные долота.....
2.2.10. Система кодирования износа шарошечных долот, принятая в России.....
2.2.11. Кодирование износа шарошечных породоразрушающих инструментов по кодам IADC.....
2.3. Алмазные долота, долота ИСМ и PDC.....
2.3.1 Алмазные долота.....
2.3.2. Кодирование износа алмазных (классических) долот.....
2.3.3. Долота ИСМ.....
2.3.4. Долота PDC.....
2.3.5. Кодирование износа долот PDC.....
2.4. Бурильные головки.....
2.4.1. Шарошечные и лопастные бурильные головки по ГОСТ 21210−75.....
2.4.2. Алмазные бурильные головки и бурильные головки ИСМ и PDC.....
2.5. Фрезерный инструмент…….
2.5.1. Фрезеры забойные и торцевые…….
2.5.2. Фрезеры забойно-кольцевые…….
2.5.3. Фрезеры кольцевые……..
2.5.4. Фрезеры пилотные……
2.5.5. Фрезеры колонные конусные (райберы)……..
2.5.6. Фрезеры-ловители магнитные……..
2.6. Элементы бурильной колонны……..
2.6.1. Калибраторы……...
2.6.2. Калибраторы-расширители……..
2.6.3. Переводники……
Литература.....

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО

РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

1.1. Общая характеристика механических способов разрушения горных пород при бурении скважин

Вращательное бурение резцовым твердосплавным инструментом (лопастными долотами, твердосплавными коронками).

Данный способ и инструменты предназначены для бурения мягких и средних по твердости горных пород как при роторном (с вращением бурильной колонны) бурении, так и бурении забойными двигателями – турбо-, электробурами, винтовыми забойными двигателями.

Реализуются резание и скалывание под действием: $P_{ос}$ – осевого усилия и $F_р$ – усилия резания (рис. 1.1).

Параметры резца: α – угол приострения резца; $\gamma_п$ -передний угол резца; $\gamma_з$ – задний угол резца; $\beta_р$ – угол резания.

Основные формы резцов: I – с положительным передним углом; II – с отрицательным передним углом; III – самозатачивающийся резец.

Вращательное бурение буровым инструментом с резцами из композиционных алмазосодержащих материалов и поликристаллических алмазов. Применяется для бурения мягких, горных пород средней твердости с пропластками твердых при роторном бурении и бурении турбо -, электробурами, винтовыми забойными двигателями.

Элементом вооружения являются вставки из композиционного материала славутич или алмазно-твердосплавные пластины *PDC (policristalline diamont cutters) Stratapax* (*General Electric*, США*), Sindit* (*De Beers*, ЮАР), алмазно-твердосплавные пластины – АТП (ИСМ и ВНИИалмаз).

Пластинами *PDC* оснащают резцы бурового инструмента, предназначенные в основном для бурения мягких пород и пород средней твердости. Передний угол резцов с *PDC* $\gamma_п$ изменяется от –5 до –25° (рис.1.2).

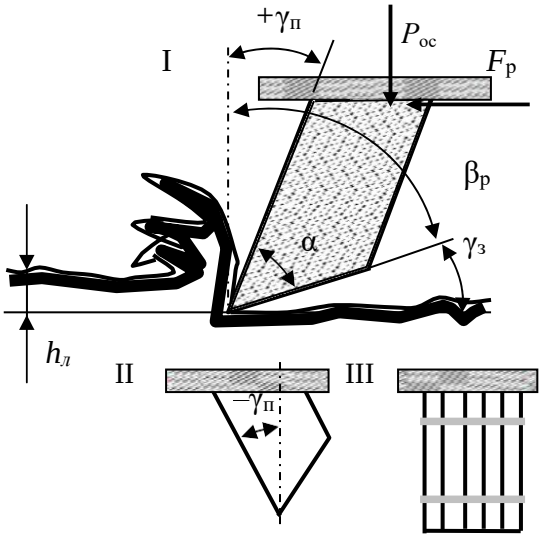


Рис. 1.1. Схема параметров вооружения твердосплавного инструмента

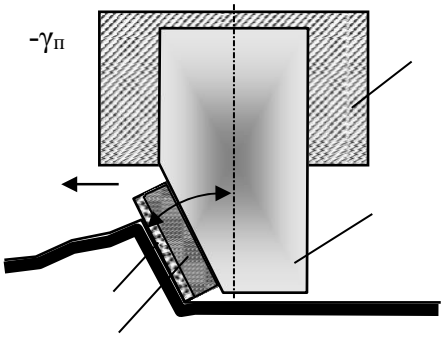


Рис. 1.2. Резец с пластиной PDC: 1 – слой поликристаллических алмазов; 2 – подложка из твердого сплава; 3 – твердосплавная опора; 4 – корпус коронки

При бурении пластично-хрупких пород разрушение осуществляется вдавливанием, резанием и сдвигом. При бурении хрупких пород (твердых) наблюдается раздавливание и скалывание породы алмазными резцами пластинки.

Вращательное бурение алмазным однослойным инструментом (алмазные долота, головки, коронки). Применяется для бурения горных пород средней твердости и твердых.

При бурении алмазным инструментом реализуются смятие, раздавливание, резание, скалывание породы.

Основная форма резцов:

- дробленый (необработанный) алмаз (по мере износа приобретает овальную форму);
- округлый – овализованный алмаз;
- округлый – полированный алмаз.

Размер резцов определяется зернистостью используемых алмазов. Зернистость алмазов изменяется в основном от 5–10 до 150–200 шт. на карат (1 карат = 0,2 г). Соответственно размер зерен от 3–2,5 мм до 0,8 и менее.

Овализованные и полированные алмазы реализуют в основном раздавливание, необработанные алмазы с острыми гранями резание-скалывание. Для повышения эффективности разрушения алмазы в коронках могут устанавливаться ориентированно наиболее твердыми гранями в направлении резания-скалывания.

При повышении размера алмаза процесс разрушения видоизменяется от резания к скалыванию, далее к раздавливанию и к упругому деформированию.

Более крупные и дробленые алмазы применяют для бурения менее твердых горных пород, более мелкие, овализованные и полированные, для бурения твердых и крепких горных пород.

Алмазный резец закреплен в твердосплавной матрице (WC+Co) и для эффективного разрушения может выступать из матрицы на высоту, в основном, не превышающую ⅓ диаметра алмаза.

Алмазный инструмент характеризуется разновысотностью резцов ($h_1 \neq h_2 \neq h_3$ на рис. 1.3), которая максимальна на начальном этапе бурения – приработке инструмента.

Для повышения эффективности разрушения горных пород алмазный инструмент изготавливают с заданным выступанием алмазов из матрицы.

Для эффективного разрушения горной породы необходимы высокие значения частоты вращения инструмента (800–1 000 мин$^{-1}$).

Вращательное бурение алмазными импрегнированными коронками. Бурение твердых и очень твердых горных пород. При бурении реализуется истирание, микрорезание.

Для эффективного разрушения горной породы необходимы высокие значения частоты вращения инструмента (1 000 мин$^{-1}$и более).

Для изготовления инструмента применяют природные и искусственные алмазы минимальных размеров. Размер зерна 0,9–0,5 мм (зернистость 150 и более шт./кар.).

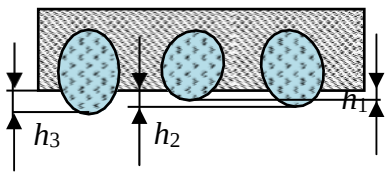


Рис. 1.3. Овализованные алмазы в матрице коронки.

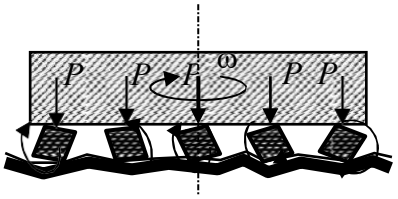


Рис.1.4. Схема работы дробовой коронки

Вращательное бурение дробовыми коронками (дробью). Бурение твердых и очень твердых горных пород (рис. 1.4). Реализуется смятие, раздавливание, скалывание.Дробовое бурение в значительном объеме применялось до периода широкого использования алмазного инструмента.

Вращательное бурение шарошечными долотами. Инструмент дробящее-скалывающего действия показан на рисунке 1.5.

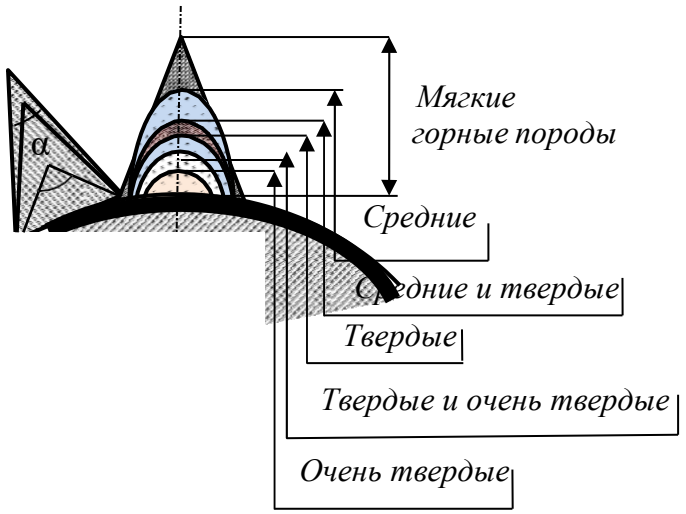


Рис.1.5. Геометрические размеры породоразрушающих элементов шарошечных долот для бурения различных по твердости горных пород

Способ предназначен для бурения горных пород как мягких, так и средней твердости, твердых и самых твердых. При бурении реализуются раздавливание, дробление, скалывание, резание породы при проскальзывании шарошек.

Этапы разрушающего действия:

- косой удар – скалывание породы под действием усилия P_y;
- раздавливание породы иуглубление лунки под действием усилия P_z;
- скалывание и подрезание породы при проскальзывании в направлении вращения шарошки.

По мере увеличения твердости горных пород от мягких до средних угол приострения α клиновидных зубьев увеличивается от 30–40 до 80–90°, а размер породоразрушающих зубьев и вставок уменьшается (рис. 1.5). Для бурения твердых и очень твердых пород используются овальные и шарообразные твердосплавные вставки.

Инструмент безударного раздавливающего действия. При бурении дисковые долота, вращаясь, перекатываются по забою и острыми ребрами шарошек раздавливают породу под действием осевого усилия и развиваемых в породе контактных напряжений.

Инструмент с зубчато-дисковыми шарошками. Реализует разрушение мягких и средней твердости горных пород резанием-скалыванием зубьями дисковых шарошек *1*, установленных в радиальном направлении относительно корпуса долота (рис. 1.6, 1.7). Вращение и перекатывание шарошек по забою происходит за счет зацепления зубьев с образовавшейся криволинейной поверхностью у стенки скважины.

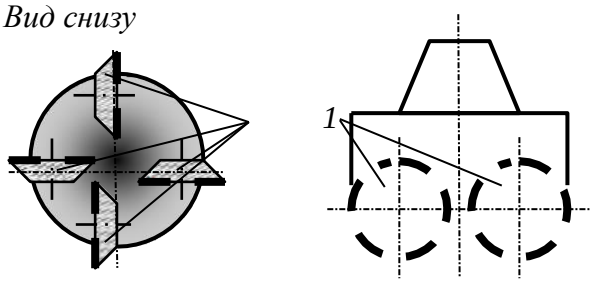


Рис. 1.6. Схема долота с зубчато-дисковыми шарошками

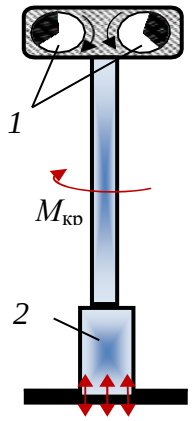


Рис. 1.7. Схема вибрационного бурения

Ударное бурение. Реализуется дробление и скалывание упругохрупких горных пород под действием удара.

Для бурения используются ударные способы разрушения горных пород под действием энергии сбрасываемого с определенной высоты бурового снаряда, например ударно-канатное бурение (способ применялся для бурения нефтяных скважин до 1900 г.) или забивной способ с помощью устройства ударного действия.

Комбинированное (с вращательным) механическое разрушение горных пород. Ударно-вращательный способ бурения. Реализуется разрушение за счет удара высокого уровня энергии, а вращение инструмента носит вспомогательный характер, определяя схему поражения забоя породоразрушающими вставками долота или коронки. Для бурения используются гидро-, пневмоударники и буровой инструмент с резцами в основном клиновидной и шарообразной формы. Способ успешно применяется для бурения горных пород самой различной твердости и при сооружении скважин различного назначения – взрывных, гидрогеологических, инженерно-геологических, геологоразведочных и др., диаметра и глубины.

Вращательно-ударный способ бурения. Способ применяется для бурения твердых горных пород алмазным инструментом при сооружении в основном геологоразведочных скважин.

При бурении реализуется разрушение породы за счет действия осевой силы и усилия резания. Ударное воздействие на породу с высокой частотой, но малой энергией дополняет породоразрушающее воздействие на породу основных факторов, характеризующих врашательное бурение – осевая нагрузка и частота вращения. Для бурения используются алмазный однослойный буровой инструмент или шарошечные долота и высокочастотные гидроударники.

Гидромеханический способ бурения. Реализуется при вращательном способе бурения скважин, при котором горные породы разрушаются под воздействием стационарных высоконапорных тонких струй промывочной жидкости (воды или бурового раствора) и механических породоразрушающих элементов (резец, шарошка).

Струями воды формируются щели в породе, а механическим инструментом производится скалывание ослабленных межщелевых блоков. При гидромеханическом разрушении осуществляется непрерывное динамическое и статическое воздействие на забой. Давление жидкости, необходимое для гидромеханического разрушения рыхлых пород, 20–50 МПа, мягких и средней твердости – 70–100, очень твердых – более 150 МПа. Рациональные окружные скорости перемещения насадок 10–40 см/с.

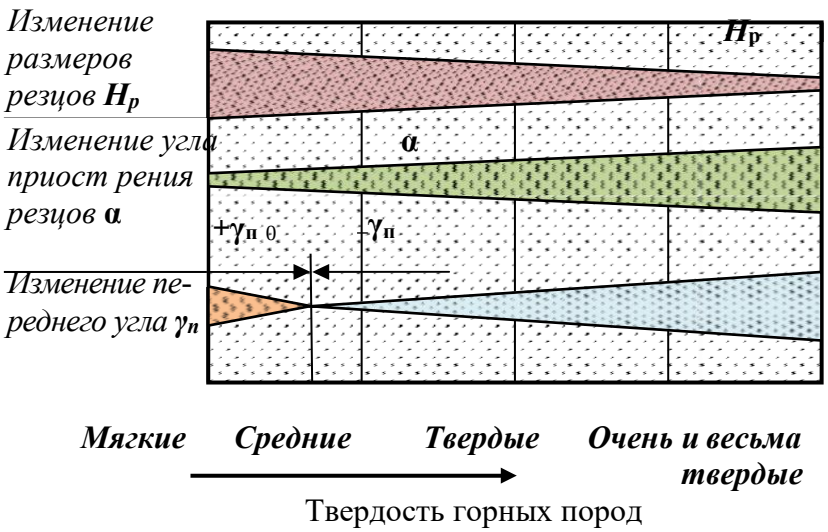
Термомеханический способ бурения. Вращательный способ бурения горных пород твердосплавным или алмазным буровым инструментом с одновременным нагреванием до высокой температуры торца инструмента и горной породы на забое.

Нагревание породы снижает ее твердость и упругость, повышает пластичность.

Вибрационное бурение. При вибрационном бурении используются приостренные наконечники (грунтоносы), которые соединяются через бурильные трубы с вибратором (рис. 1.7). Применяется для бурения преимущественно несвязных горных пород (пески). Углубление скважины происходит практически без разрушения горной породы за счет разуплотнения вследствие уменьшения сил трения между слабосвязанными частицами породы.

Компания *Sonic Samp Drill* разработала технику бурения на основе ударного бурения и высокочастотных вибраций для бурения самых прочных пород. Применение вибрационной установки колонкового бурения (рис. 1.7) позволяет в 1,5–2 раза увеличить производительность по сравнению с традиционными видами бурения. В зависимости от модели буровой установки колонкового бурения вибрационная мощность импульса составляет до 350 кН. В основе системы *Sonic* заключены два эксцентрика *1*, которые приводятся в движение двумя высокоскоростными (12 000 мин$^{-1}$) гидромоторами. Гидромоторы генерируют высокочастотные (до 180 Гц) вибрации, которые непосредственно передаются на буровой башмак *2* и вызывают активное разупрочнение и разрушение горной породы.

На рис. 1.8 приведены схемы, поясняющие связь основных параметров резцов буровых инструментов, таких как размер, угол приострения и передний угол, с твердостью горных пород.



Схема, обозначающая параметры резцов $H_р$, α, $\gamma_п$.

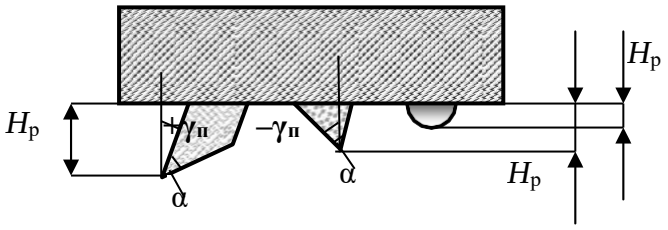


Рис. 1.8. Схемы, показывающие связь размеров резцов H, угла их приострения α и переднего угла $\gamma_п$ с твердостью горных пород.

Как следует из схемы на рис. 1.8, с увеличением твердости горных пород размеры резцов $H_р$ уменьшаются, угол приострения α возрастает, передний угол $\gamma_п$ из положительного становится отрицательным, а его отрицательное значение увеличивается по мере повышения твердости горных пород.

Наиболее производительным из механических способов бурения скважин в твердых породах является процесс бурения забойными пневмоударниками в режиме ударно-вращательного бурения при высоком значении давления подаваемого воздуха (механическая скорость более 20 м/ч по самым твердым породам).

Вращательное и вращательно-ударное бурение алмазным инструментом, шарошечными долотами твердых пород значительно уступают по производительности пневмоударному бурению.

При соударении шаров с твердой горной породой со скоростью порядка нескольких десятков метров в секунду она разрушается. Продукты разрушения частично циркулируют с инжектируемой жидкостью, измельчаются и выносятся из скважины восходящим потоком промывочной жидкости.

При бурении скважин на нефть и газ в настоящее время основными инструментами остаются шарошечные долота, реализующие дробяще-скалывающее воздействие на горную породу и долота режуще- скалывающего действия с резцами типа *PDC*. Если для современных шарошечных долот проходка на долото может составлять 100–200 и даже несколько сотен метров при скорости бурения 10–20 м/ч, то до- лота с резцами *PDC* показывают выдаю щиеся результаты при разрушении мягких и горных пород средней твердости: проходка может достигать 1 000 и более мет- ров, а механическая скорость 20–40 м/ч.

Например, в Эвенкии в июле 2012 г. успешно произведена отработка матричного *PDC* долота 215,9 мм серии *Tornado* производства компании *DDI*, США (рис. 1.9). Бурение осуществлялось ротором и винтовым гидродвигателем. Проходка на долото составила 1 150 м до первой реставрации при средней скорости бурения 20 м/ч, максимальная скорость достигала 40 м/ч.



Рис. 1.9. Долото PDC Tornado после проходки 1150 м.

1.2. Формирование зоны предразрушения при механическом разрушении горных пород

При механических способах бурения одновременно с отделением от массива продуктов разрушения горной породы в призабойном пространстве формируется особый слой породы, который ослаблен развитой системой микротрещин. Академик П. А. Ребиндер назвал этот слой породы зоной предразрушения [22].

Зона предразрушения горной породы имеет распространение по поверхности забоя, ствола скважины и керна. С точки зрения интенсификации процесса бурения и снижения энергоемкости разрушения горной породы наиболее продуктивна зона предразрушения забоя скважины.

Причинами появления зоны предразрушения являются напряжения и деформации горной породы, которые распространяются равномерно во все стороны от точек приложения разрушающих усилий со стороны породоразрушающих резцов и вставок бурового инструмента.

Таким образом, образование зоны предразрушения – закономерность процесса механического разрушения горных пород, проявляющаяся при всех механических

способах бурения.

Закономерности формирования зоны предразрушения исследовались с применением метода люминесцентной дефектоскопии. Зона предразрушения изучалась в призабойных участках пробуренных алмазным импрегнированным инструментом стволов скважин. Бурение осуществляли при различных осевых нагрузках и фиксировали углубление за один оборот инструмента на забое. После бурения производилась обработка призабойной зоны ствола люминесцентными жидкостями, обладающими высокой смачивающей и проникающей способностью. Полученные срезы призабойной зоны в дальнейшем исследовались на люминесцентном дефектоскопе. По свечению люминесцентной жидкости определяли область распространения трещин зоны предразрушения.

Результаты замеров глубины развития зон предразрушения, образовавшихся при бурении гранит-порфира, габбро и кварцито-песчаника, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты исследования зоны предразрушения

Порода	Показатели	Осевая нагрузка, даН				
		250	500	750	1 000	1 250
Гранит-порфир	Глубина зоны предразрушения $h_з$, мм;	1,8	2,5	2,85	3,0	3,1
	Углубление за оборот h, мм;	0,024	0,039	0,051	0,056	
	$h_з/h$	75	64	56	53	
Габбро	Глубина зоны предразрушения $h_з$, мм;	0,18	0,35	0,4	0,51	0,55
	Углубление за оборот h, мм;	0,0175	0,0335	0,039	0,055	0,0645
	$h_з/h$	10,2	10,4	10,2	9,2	8,5
Кварцито-песчаник	Глубина зоны предразрушения $h_з$, мм;	1,2	1,65	1,87	2,1	2,1
	Углубление за оборот h, мм;	0,0075	0,0125	0,0185	0,0215	0,024
	$h_з/h$	160	132	101	97	87

Как следует из полученных данных, зона предразрушения по своей глубине значительно превышает величину проходки за один оборот инструмента на забое (рис. 1.10). Это соотношение особенно велико в хрупких горных породах, а минимально у более пластичного габбро. С ростом осевого усилия в диапазоне 250–750 даН величина зоны предразрушения возрастает, а при дальнейшем повышении осевого усилия глубина развития зоны предразрушения увеличивается незначительно.

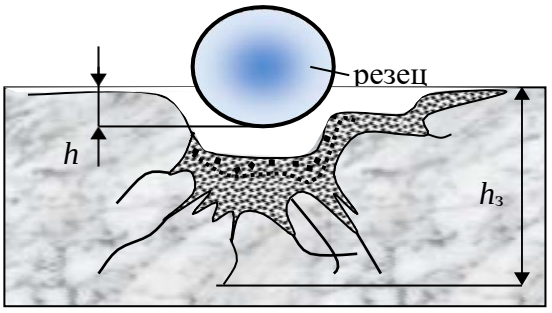


Рис. 1.10. Борозда разрушения и зона предразрушения, образовавшиеся при разрушении гранита резцом.

Исследование зоны предразрушения в тех же горных породах после бурения твердосплавными резцами показало, что наблюдаются выявленные при алмазном бурении закономерности, но глубина развития зоны предразрушения в сравнении с глубиной разрушения породы резцом значительно уменьшилась, особенно у габбро, что связано со значительным увеличением размеров резцов, снижением удельных контактных напряжений на породу и размеров ядра сжатия породы в сравнении с

глубиной внедрения резцов.

Таким образом, в результате экспериментов удалось установить:

- при взаимодействии бурового инструмента с породой помимо зоны разрушения формируется образованная системой микротрещин зона предразрушения;
- зона предразрушения образуется при всех рассмотренных видах взаимодействия инструмента с породой – резании, резании-скалывании, раздавливании и смятии;
- зона предразрушения способствует разрушению горной породы при дальнейших циклах нагружения;
- глубина развития зоны предразрушения при разных способах бурения и применяемых инструментах различна, но при этом сохраняются общие закономерности развития образующих зону предразрушения трещин;
- в пластичных горных породах и мягких минералах зона предразрушения не образуется.

Зона предразрушения в упруго-хрупком долерите и упругопластичном анизотропном спекшемся туфе изучалась визуально в процессе экспериментальных работ.

Из образцов забоев скважин, полученных после разбуривания блоков пород, были изготовлены шлифы для изучения в отраженном свете под микроскопом *Polam C-111*.

Для изготовления шлифов использованы штуфы забойных зон долерита и спекшегося туфа, полученные при бурении алмазным однослойным инструментом с водой и водным раствором 0,3 % сульфонола.

В процессе изучения шлифов под микроскопом сделаны фотографические снимки зон предразрушения горных пород.

С учетом вычисленных значений увеличения микроскопом и фотографическим аппаратом рассчитаны приближенные значения мощностей зон предразрушения горных пород.

На рис. 1.11 представлен фотографический снимок зоны предразрушения в образце долерита. На снимке показано, что зона предразрушения в твердой породе, в данном случае долерите, состоит из двух областей (границы областей на рис. 1.11 обозначены пунктирными линиями): чрезвычайно разрушенной и ослабленной трещинами. При этом мощность первой составляет 0,17 мм, а мощность второй 1,7 мм (см. рис. 1.11). Можно отметить, что форма зоны предразрушения практически повторяет форму забоя.

В спекшемся туфе, упругопластичной анизотропной породе зона предразрушения представлена также двумя областями (рис. 1.12): чрезвычайно разрушенной и пластических деформаций. Область чрезвычайно разрушенной (смятой, разрыхленной) породы расположена на глубине 0,12 мм от забоя породы. Область пластических деформаций охватывает призабойную область и область стенки скважины. Примерная мощность данной области – 0,42 мм.

Образец, фотографический снимок которого приведен на рис. 1.12, получен при бурении с осевым усилием – 600 даН, частотой вращения – 150 мин$^{-1}$ с применением эмульсионного промывочного агента.

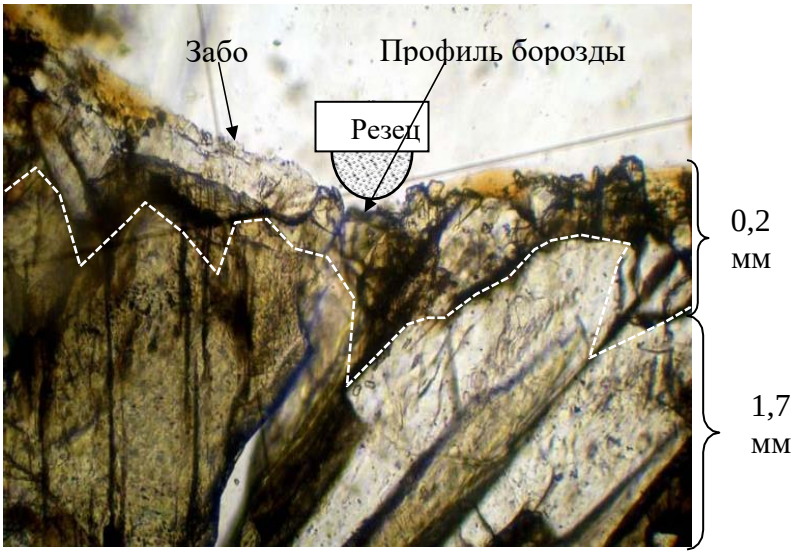


Рис. 1.11. Фотографический снимок зоны предразрушения в образце долерита с указанием областей, составляющих зону предразрушения: 0,2 мм – чрезвычайно разрушенной породы; 1,7 мм – ослабленной трещинами

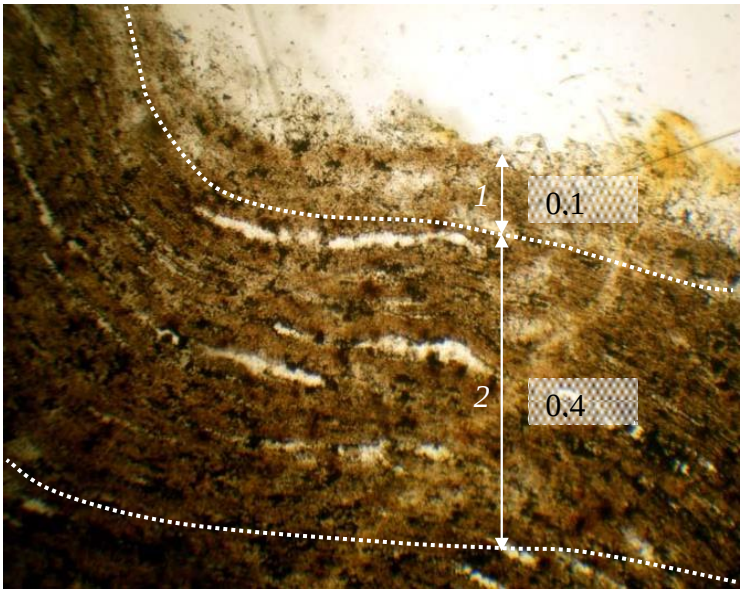


Рис. 1.12. Фотографический снимок зоны предразрушения в образце спекшегося туфа с указанием размеров областей, составляющих зону предразрушения: *1* – разрушенной породы; *2* – пластических деформаций.

По результатам проведенного исследования на данной стадии работ можно сделать следующие выводы:

- размеры зоны предразрушения увеличиваются при повышении осевого усилия и несколько снижаются с ростом частоты вращения бурового инструмента;
- зона предразрушения в упруго-хрупком долерите представлена чрезвычайно разбитой трещинами породы, при этом трещины развиваются, как правило, между минеральными зернами, разрушению также подвергаются более хрупкие кристаллы;
- в породах более пластичных (спекшийся туф) зона предразрушения развивается в виде «разрыхленной», смятой породы без образования явных трещин;
- трещины зоны предразрушения анизотропных пород развиваются преимущественно вдоль плоскостей слоистости, сланцеватости или флюидальности.

Зона предразрушения горной породы при бурении является объектом

технологического воздействия с целью интенсификации процессов разрушения, например за счет адсорбционного понижения прочности.

Цель подобного воздействия – развитие зоны предразрушения, ослабление поверхностного слоя забоя скважины и снижение энергоемкости разрушения горных пород при бурении.

1.3. Экономическая оценка эффективности разрушения горных пород при бурении

Экономическая оценка эффективности бурения оценивается стоимостью метра пробуренной скважины. Зависимость для расчета стоимости метра имеет следующий вид:

$$C_м = \frac{C_{ст}}{T \cdot v_м}\left(1 + \frac{T - T_б}{l_р}\right) + \frac{Ц}{L}, \qquad (1.1)$$

где: $C_т$ - стоимость станко-смены, руб.; T – длительность станко-смены, ч;

$T_б$ - время, затраченное непосредственно на углубление ствола скважины, ч;

Ц – стоимость бурового инструмента, руб.;

$v_м$ – механическая скорость бурения, м/ч;

$l_р$ – длина рейсовой проходки, м; L – проходка буровым инструментом (ресурс инструмента), м.

При бескерновом бурении длина рейсовой проходки равняется проходке буровым инструментом.

При колонковом бурении длина рейса ограничивается длиной керноприемной трубы, что при бурении снарядом со съемным керноприемником требует прекращения углубки ствола, подъема и последующего спуска керноприемника, что несколько снижает время, затрачиваемое непосредственно на углубление ствола скважины. Бурение снарядом без съемного керноприемника требует подъема всей бурильной колонны из скважины для извлечения керна, что еще более снижает долю времени $T_б$.

Из зависимости (1.1) следует, что стоимость метра бурения определяется такими параметрами, как механическая скорость бурения, стоимость бурового инструмента и его ресурс.

Анализ зависимости показывает, что на стоимость метра пробуренной скважины наиболее значительно влияет ресурс инструмента, а повышение механической скорости бурения будет оправдано при условии сохранения эффективного ресурса бурового инструмента.

На рис. 1.13 приведена кривая, равная стоимости 1 м проходки скважины, в координатах проходки на буровой инструмент и механической скорости бурения, по данным И. Ф. Вовчановского, для долот типа ИСМ. Из приведенных зависимостей следует, что одинаковую стоимость 1 м бурения скважины можно получить как путем увеличения механической скорости бурения, уменьшив при этом стойкость бурового инструмента, так и в результате повышения стойкости инструмента, но снижения механической скорости бурения. Выбор оптимального варианта сочетания стойкости бурового инструмента и механической скорости бурения следует производить с учетом глубины скважины.

При возрастающей глубине скважины более важной характеристикой будет большая стойкость инструмента, что позволит повысить время, затраченное на углубление скважины в балансе общих затрат времени на производство работ.

При бурении неглубоких скважин, когда спуско-подъемные операции занимают сравнительно малую долю в общем балансе производительного времени, можно допустить вариант форсированного бурения на высоких механических скоростях, но с несколько ограниченным ресурсом инструмента.

Поиск оптимальных условий производства буровых работ, параметров режима бурения, ориентированных на минимальную стоимость метра пробуренной скважины, является типичной задачей оптимизации.

При решении этой задачи опытным путем можно получить зависимости, отражающие влияние параметров режима бурения на ресурс бурового инструмента и значения механической скорости бурения при определенных постоянных значениях глубины скважины, горно-геологических условиях бурения и применяемых типах бурового инструмента. Полученные данные позволяют рассчитать стоимость метра проходки для каждого варианта сочетания параметров режима бурения и выбрать, таким образом, оптимальные параметры режима бурения для определенных условий производства работ.

На рис. 1.14 приведены подобные кривые, отражающие многосложную связь условий и параметров, определяющих себестоимость бурения шарошечными долотами большого диаметра. Как следует из графиков, по минимуму стоимость метра проходки следует выбрать из следующих параметров режима бурения: частота вращения долота 400 мин$^{-1}$, осевая нагрузка около 180 кН, так как повышение частоты вращения долота приводит к снижению проходки на долото и повышению стоимости метра бурения.

Оптимальные параметры режима бурения, выбор которых осуществляется по минимуму стоимости метра проходки, как правило, соответствуют наиболее эффективному процессу разрушения горных пород, характери- зующимуся минимальными затратами энергии на разрушение, высокими значениями механических скоростей бурения и эффективным ресурсом бурового инструмента.

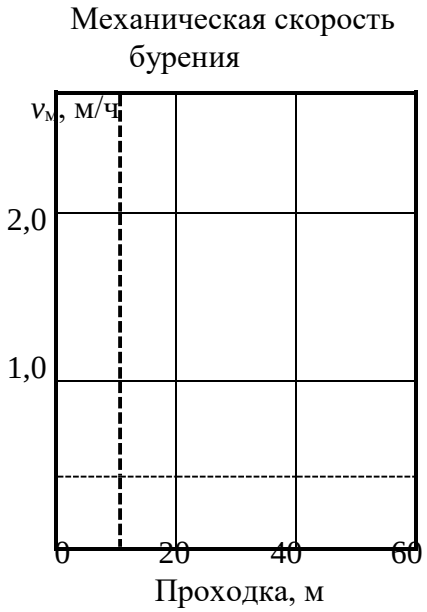


Рис. 1.13. Зависимость стоимости 1 м бурения от проходки и механической скорости бурения

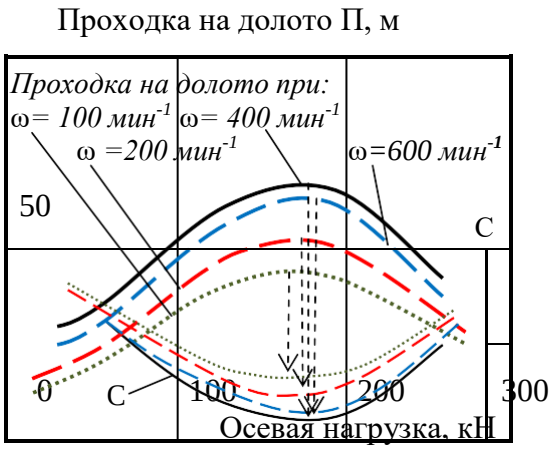


Рис. 1.14. Зависимости проходки на долото П и стоимости метра проходки на долото С от параметров режима бурения

Пример 1. При бурении на месторождении используются двухшарошечные долота типа ДДА-59 и трехшарошечные долота типа 3Ш-59К- ЦА. При равной стоимости – 3 000 рублей за долото, эти долота показывают различную механическую скорость – 12 и 9 метров в час и ресурс – 9 и 12 м соответственно. Стоимость станкосмены продолжительностью 8 ч – 32 000 руб. Время бурения в общем балансе затрат времени на производство работ – 50 %.

Рассчитаем стоимость метра бурения долотом ДДА-59:

$$C = \frac{32\,000 \cdot 1}{8 - 4 \cdot \left(+ \frac{3\,000}{} + \right) + = 2\,52}$$

Аналогично рассчитаем стоимость метра бурения трехшарошечными долотами. В этом случае стоимость метра бурения составит 2 010 руб.

Для повышения эффективности бурения долотами ДДА произведена их модернизация путем размещения двух гидромониторных насадок (работы выполнены Иркутским отделением ВИТР). Стоимость долот, получив- ших обозначение ДДА-С, повысилась до 3 500 руб. Испытания показали, что достигнут рост механической скорости на 20 % – (14 м/ч) и проходки на долото на 40 % – (12 м).

Стоимость метра бурения долотом ДДА-С составила 1 897 руб., что подтвердило эффективность модернизации долот в сравнении со стандартным инструментом.

Пример 2. При бурении на месторождении применяют снаряд со съемным керноприемником (КССК). Длина керноприемника 4,5 м, что задает значение рейсовой проходки $l_р$ = 4,5 м. Ресурс буровой коронки 50 м, её стоимость 5 000 руб. Механическая скорость бурения 4,5 м/ч. При стоимости станко-смены 32 000 руб., длительности смены 8 ч и затратах времени непосредственно на бурение 6 часов стоимость метра скважины будет равна:

$$C = \frac{32\,000 \cdot 1}{8 - 6 \cdot \left(+ \frac{5\,000}{} + \right) = 2\,740 \text{ руб.}} \qquad \frac{\text{м}}{8 \quad 4{,}5 \quad 4{,}5 \quad 50}$$

Ограничение длины рейсовой проходки до 2,5 м в связи с заклиниванием и истиранием керна при бурении трещиноватых пород привело к повышению непроизводительных затрат и снижению времени, затрачиваемого на бурение до 5 ч, ресурса инструмента до 40 м и механической скорости бурения до 4 м/ч, что следующим образом отразилось на повышении стоимости метра:

$$C_м = \frac{32\,000 \cdot 1}{8} \cdot \left(+ \frac{}{4} \right) + \frac{8 - 5 \cdot \left(+ \right)}{2{,}5} + \frac{5\,000}{40} = 5\,925 \text{ руб.}$$

Таким образом, влияние рейсовой проходки и ресурса бурового ин- струмента наиболее значительно при формировании затрат на бурение.

При бурении скважины буровым снарядом без съемного керноприемника произойдет рост затрат времени на проведение спуско-подъемных операций (СПО) и

снижение доли времени $T_б$.

При бурении неглубоких скважин (до 200–250 м) при прочих равных условиях в сравнении с КССК или ССК это не приведет к значительному росту стоимости метра бурения, но может отразиться на качестве керна и, соответственно, на стоимости бурения, если, например, для повышения сохранности керна при бурении потребуется несколько ограничить длину рейсовой проходки.

При проходке более глубоких скважин (250–300 м) затраты на бурение снарядом со съемным керноприемником будут значительно ниже, даже при большей длине керноприемной части колонкового набора. Например, если время бурения $T_б$ будет равно 3 ч, при длине колонковой трубы 6 м, то при сохранении значений всех остальных данных, использованных в первом расчете, стоимость метра бурения

$$C_м = \frac{32\,000 \cdot 1}{8 \cdot 4{,}5} + \frac{8-3}{6} + \frac{5\,000}{50} = 4\,300 \text{ руб.}$$

Если для повышения сохранности керна в колонковой трубе потребуется ограничить длину рейсовой проходки, это приведет к еще более значительному росту стоимости метра бурения. Например, если длина рейсовой проходки будет равна рейсу при бурении КССК – 4,5 м, то стоимость метра бурения составит

$$C_м = \frac{32\,000 \cdot 1}{8 \cdot 4{,}5} + \frac{8-3}{4{,}5} + \frac{5\,000}{50} = 5\,2$$

руб.

При последних расчетах не учтено, то обстоятельство, что при проведении СПО, особенно в наклонных и искривленных скважинах, снижается ресурс как бурового снаряда, так и дорогостоящего бурового инструмента вследствие изнашивания о стенки скважины при подъеме и спуске. Опыт буровых работ показывает, что изнашивание буровых коронок и долот, расширителей, калибраторов в процессе спускаподъема может быть очень велик. Другой эффект от применения снарядов со съемным керноприемником состоит в том, что при спуско-подъемных операциях перепады давления промывочной жидкости, вызванные перемещением снаряда вызывают разрушение стенок скважины и их обваливание, соответственно сокращение операций СПО способствует сохранению ствола скважины без каких-либо дополнительных технологических операций. По этим причинам расчетная стоимость метра бурения снарядом без съемного керноприемника может быть еще выше. Соответственно, будут еще более значительны аргументы в пользу выбора для производства работ снарядов со съемным керноприемником, особенно если учесть, что в настоящее время отечественными и зарубежными производителями предлагаются буровые коронки, ресурс которых может составлять не десятки, а сотни метров.

1.4. Разрушение горных пород буровым инструментом с резцами из твердого сплава

При вращательном бурении разрушение рыхлых, мягких и горных пород средней твердости, пластичных и упругопластичных успешно осуществляется резанием или резанием-скалыванием буровыми коронками или долотами, вооруженными твердосплавными резцами.

При разрушении горных пород реализуются:

- резание, т. е. непрерывное отделение пластичной породы или стружки кромкой прижатого к забою резца;
- скалывание, т.е. периодическое отделение осколков породы от забоя прижатым к породе с достаточным осевым усилием резцом или путем приложения ударного импульса к резцу;
- резание-скалывание, т. е. отделение крупных частей породы скалыванием или отрывом передней гранью резца с последующим срезанием мелких выступов до нового акта скалывания.

1.4.1. Твердые сплавы и их свойства

Твердосплавный породоразрушающий инструмент армируют главным образом спеченными твердыми сплавами различной формы и размеров.

Наплавочные твердые сплавы используют для повышения износостойкости лопастных долот режущего типа, шарошечных долот для бурения мягких горных пород и средней твердости, специальных коронок для вращательного бурения и башмаков обсадных колонн. Преимуществом наплавочных материалов является возможность многократного восстановления бурового инструмента. Основной материал для наплавок – релит, который характеризуется невысокой, в сравнении со спеченными твердыми сплавами, твердостью и износостойкостью.

Для армирования бурового инструмента используют в основном спеченные вольфрамокобальтовые твердые сплавы типа ВК, которые имеют большую твердость, сочетающуюся с высокой износостойкостью при нагреве до 1000°. Сплавы ВК почти не подвергаются заметной деформации, имеют большую прочность на сжатие, но в то же время обладают невысокой прочностью на изгиб и растяжение, небольшой ударной вязкостью.

Спеченные твердые сплавы состоят из карбида вольфрама WC и кобальта Co в различных процентных отношениях. Карбид вольфрама придает сплаву значительную твердость и износостойкость. Он не магнитен, имеет высокую теплопроводность и весьма хрупок.

Кобальт – ковкий и вязкий металл, в расплавленном состоянии он хорошо смачивает зерна карбида вольфрама и при затвердении прочно связывает их.

Спеченный сплав типа ВК3, ВК6, ВК8, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25 изготавливают из порошковой смеси карбида вольфрама и кобальта путем прессовки в специальных графитовых пресс-формах и спекания при температуре ниже температуры плавления карбидов.

Цифры в марке сплава соответствуют процентному содержанию кобальта, в зависимости от которого сплавы отличаются прежде всего прочностью на изгиб, плотностью и твердостью.

Прочность на изгиб у сплава ВК3 составляет 1 100 МПа (минимальная), у сплава ВК25 – 2 000 МПа (максимальная). При этом более твердым является сплав ВК6 – 90 МПа. Твердость сплава ВК25 – 82 МПа.

Твердость сплава возрастает с увеличением содержания карбида вольфрама и уменьшением размеров его зерен. По структуре сплавы разделяются на мелко-, средне- и крупнозернистые. Мелкозернистые сплавы с размером зерен 1 мкм имеют индекс «М», крупнозернистые с размером зерен до 3–5 мкм индекс «В», среднезернистые – зерно 1–2 мкм не имеют индекса.

При увеличении содержания кобальта и зернистости возрастает ударная вязкость сплава. Предел прочности резцов из твердых сплавов может быть существенно повышен упрочнением, например охлаждением в азоте или алмазным шлифованием. Алмазное шлифование удаляет с поверхности резцов дефектный слой, что существенно повышает предел прочности сплава на изгиб и ударную вязкость на 20–50 %, ударную дол-

говечность в 10 раз.

С учетом основных физико-механических свойств среднезернистые и крупнозернистые сплавы с малым содержанием кобальта применяют для армирования инструмента, работающего в условиях безударных нагрузок, т. е. бурового инструмента для вращательного бурения. Сплавы со средним и высоким содержанием кобальта используют для армирования инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок, т. е. инструмента для ударно-вращательного бурения и шарошечных долот, предназначенных для бурения пород высокой твердости. Эти сплавы обладают наибольшей прочностью, но они менее износостойки.

Более высокие и сбалансированные характеристики имеют сплавы *DP* компании *Sandvik*. Они за счет слоистой структуры, при которой максимальной твердостью вставка обладает на поверхности и в центре, а средний слой характеризуется высокой вязкостью, сочетают высокую прочность, ударную вязкость и твердость поверхности.

Основной проблемой нанесения наплавочных твердых вольфрамкобальновых сплавов является так называемая *температурная деградация*, которая заключается в значительном снижении твердости покрытия вследствие действия высоких температур.

Решение данной проблемы связано с применением тонких электродов, расплавляющихся при меньшей температуре и за меньший временной интервал, что в результате снижает температуру и время наплавления твердого сплава на поверхность бурового инструмента. В результате применения такой технологии уменьшается отрицательное влияние высокой температуры на качество и прочность твердого сплава.

Другим направлением повышения качества упрочнения поверхностей буровых инструментов твердыми сплавами является применение технологии порошковой металлургии. В этом случае достигается качество покрытия, соответствующее прочностным характеристикам твердосплавных вставок.

1.4.2. Основные типы бурового инструмента, вооруженного твердосплавными резцами

Твердосплавные коронки предназначены для колонкового вращательного бурения скважин в мягких и средней твердости горных породах подразделяются на три типа:

- для бурения мягких пород (ребристые, крупнорезцовые) – тип М;
- малоабразивных пород средней твердости (гладкостенные резцовые) – тип СМ;
- абразивных пород средней твердости (гладкостенные, микрорезцовые или самозатачивающиеся) – тип СА.

Эффективность работы коронки во многом зависит от угла заточки α переднего угла $\gamma_п$, угла поворота резцов, их числа и расположения резцов относительно друг друга.

Угол α выбирают в зависимости от характера проходимых пород: чем тверже порода, тем этот угол больше (см. рис. 1.15). Для пород средней твердости рациональным является прямой угол резания α, для мягких – 75–80о. Выход резцов за пределы наружного f2 и внутреннего f1 контура корпуса зависит от твердости пород: 0,75–1,0 мм – при бурении пород средней твердости и твердых и 3–6 мм для бурения мягких пород.

Размер резца (выступание резца над торцом коронки) также зависит от твердости горных пород и для горных пород средней твердости и твердых составляет 1,5–2,5 мм и 3–7 мм – мягких пород.

Разворот резцов относительно радиуса коронки на угол $\varphi_р$ = 10–15^o повышает их сопротивляемость сколу вследствие динамических нагрузок, характерных для бурения трещиноватых, твердых горных пород и пород с включением обломков – брекчий и конгломератов. При этом внутренние резцы размещают с поворотом внутрь коронки, а наружные в направлении внешнего диаметра (рис. 1.15, *б*).

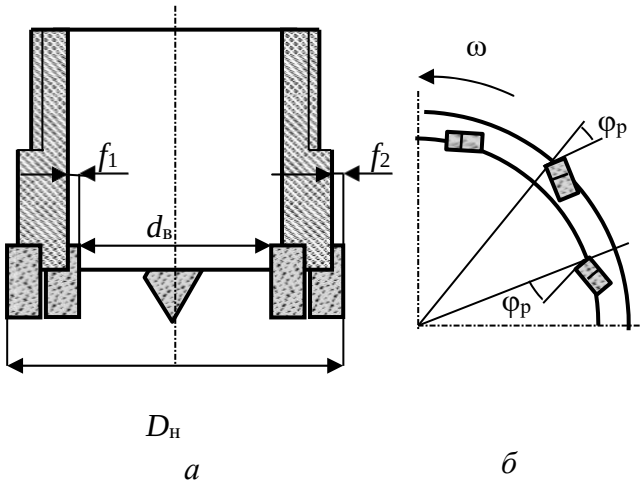


Рис. 1.15. Схема вооружения твердосплавной коронки: *а* – вид сбоку в разрезе; *б* – размещение резцов на торце коронки с поворотом на угол $\varphi_р$ в фронтальной плоскости резания-скалывания

Для бурения твердых и абразивных пород средней твердости применяют резцы с небольшой площадью сечения, которые в процессе работы самозатачиваются.

Эффективно работают резцы в коронке, конструкция которой обеспечивает ступенчатую форму разрушения забоя, так как наличие дополнительных обнаженных поверхностей забоя способствует более эффективному разрушению породы. Как следует из опытных данных, механическая скорость бурения при ступенчатом забое может быть в 1,9 раза выше, чем при плоском.

Коронка с плоскими поверхностями (рис. 1.16, *а*) используется с буровыми снарядами типа *GEOBOR S* для бурения в рыхлых породах. При бурении такими коронками разрушенная порода гранями резцов направляется в стороны, что, в свою очередь, приводит к снижению заклинивания керна.

Коронки с восьмигранными вставками (рис. 1.16, *б*) имеют угол наклона режущих поверхностей 10º. Вставки выполнены из износостойкого сплава ВК. В процессе эксплуатации они могут многократно затачиваться.

Коронка *Corborit* (рис. 1.16, *в*) имеет чрезвычайно шершавую многогранную рабочую поверхность, полученную при спекании матрицы, состоящей из зерен карбида вольфрама и специального сплава, который, расплавляясь, связывает зерна карбида W. Матрица коронки разделена промывочными каналами. Размер зерен карбида вольфрама от 2 до 5 мм. Матрица коронки разделена промывочными каналами. Размер зерен карбида вольфрама от 2 до 5 мм. Коронка предназначена для бурения мягких, средней твердости и твердых горных пород.



Рис. 1.16. Твердосплавные коронки компании *Atlas Copco*

В процессе бурения коронка с подобным вооружением обладает большим количеством режущих кромок, вступающих в контакт с породой, что позволяет снизить вибрирование в процессе резания-скалывания. Она может применяться для бурения горных пород средней твердости с пропластками твердых горных пород.

Лопастные долота предназначены для бурения в основном мягких и пластичных

горных пород. Лопастные долота подразделяются по количеству рабочих органов в виде лопастей: на одно-, двух-, трех-, четырех-, шести- и многолопастные.

Достоинствами лопастных долот является простота конструкции, отсутствие подшипниковых узлов, крайне уязвимых для абразива, сравнительно низкая стоимость долот при достаточно высоком ресурсе (в мягких породах сотни и тысячи метров).

Недостатки лопастных долот – это интенсивная потеря диаметра долота и износ режущих элементов, работающих при высокой температуре, а также необходимость приложения большого крутящего момента, что особенно сложно обеспечить при бурении забойными двигателями и большом диаметре долот.

Однолопастные долота подразделяются на долота типа Ц, Р и пикобуры.

Долота типа Ц предназначены для разбуривания цементных пробок после цементирования обсадных колонн.

Долота типа Р используют для расширения ствола скважины и его проработки.

Пикобуры для бурения неглубоких скважин в песчано-глинистых породах.

Двухлопастные долота – для бурения преимущественно пластичных и мягких горных пород при относительно небольшой мощности привода.

Долота этой разновидности изготавливаются обычно в малых размерах, диаметром от 93 до 165,1 мм.

Двухлопастные долота выпускают двух типов: М и МС.

Долото трехлопастной конструкции (рис. 1.17) наиболее широко используются при бурении и представлены в самом широком ассортименте.

Их применяют в скважинах различного назначения и с разными типами привода, как забойного, так и роторного (верхний привод). Трехлопастные долота могут выпускаться с обычными промывочными каналами (обычно тремя) и тремя каналами с гидромониторными насадками.

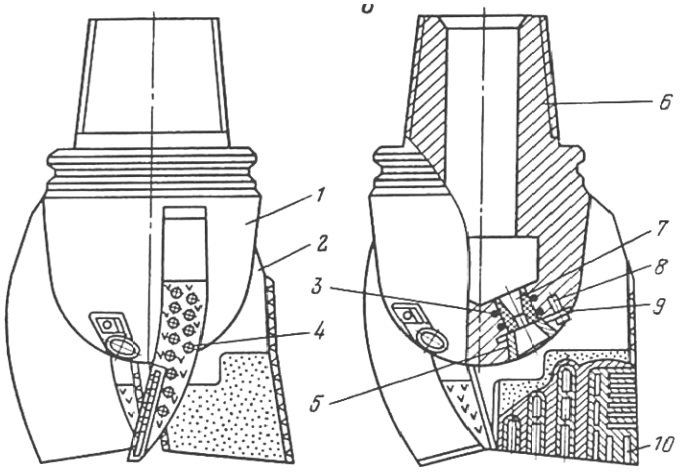


Рис. 1.17. Трехлопастное долото

Долото (рис. 1.17) имеет корпус *1*, лопасти *2*. Боковые поверхности лопастей *2* армируются твердосплавными штырями *3* и релитом, в проме

жутках между штырями. Сопло *7* гидромониторной насадки изготавливают из керамики и устанавливают, герметизируя уплотнительными резиновыми кольцами *4*. Сопло *7* удерживается в гнезде шайбой *5*, которая закрепляется стопорной шайбой *9* при помощи винта *8*. Для соединения с колонной у долота выполняется ниппельная резьба 6. В лезвиях лопастей *2* имеются пазы *10*, в которые укрепляются основные режущие элементы: твердосплавные пластины (долото типа М) или дробленые осколки (долото типа МС).

Долота типа М и МС в модификации с обычным промывочным каналом (пример обозначения 3Л-215,9 МС) выпускаются размером от 120,6 до 444,5 мм, а долота со струйной промывкой (пример обозначения 3ЛГ-244,5М) – диаметром от 190,5 до 444,5 мм.

1.4.3. Разрушение горных пород буровым инструментом с резцами из композиционных алмазосодержащих и поликристаллических алмазов

Для создания бурового инструмента резцового типа могут использоваться композиционные материалы, содержащие отдельные алмазные зерна в металлической и металлокерамической матрицах, к ним относится созданный в 1967 г. материал славутич.

Результаты испытаний показали, что с увеличением размеров алмазных зерен разрушающая нагрузка на них при бурении растет, а предел прочности резко снижается (рис. 1.18). Поэтому применение крупных алмазов, диаметр которых более 1,5 мм, может приводить к интенсивному разрушению резцов. Славутич представляет собой крупный алмазосодержащий резец, который обладает более высокой прочностью, чем крупный алмаз, так как состоит из мелких фракций алмаза, соединенных при спекании с порошковой шихтой твердосплавной основы.

Породоразрушающие вставки изготавливают формованием с последующим спеканием. На рис. 1.19, *а* показана отформованная композиция перед спеканием. Наружная оболочка вставки *1*, окружающая алмазосодержащую композицию *2*, не содержит алмазов. Спекание производится при температуре 1 400–1 460 ºС.

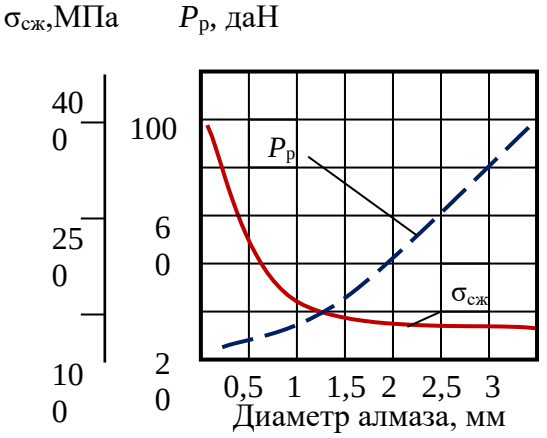


Рис. 1.18. Зависимости предела прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ и разрушающей нагрузки $P_р$ от размера алмазов

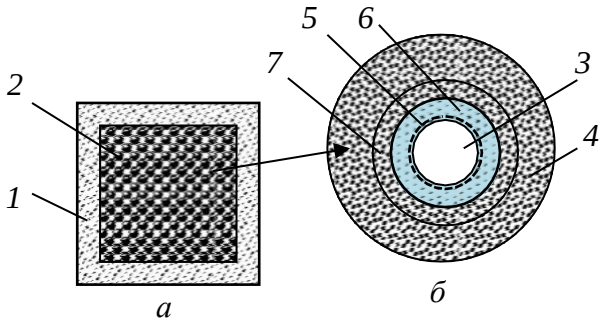


Рис. 1.19. Отформованная вставка славутича (*а*) и структура материала (*б*): *1* – твердо- сплавная оболочка; 2 – алмазосодержащая твердосплавная композиция; *3* – алмаз; *4* – твердый сплав; *5* – зона пластичного материала; *6* – зона контактного взаимодействия алмаза и твердого сплава; *7* – зона твердого сплава повышенной прочности

Выполненные исследования показали, что с увеличением температуры нагрева алмазы активно взаимодействуют с окружающими их металлами, образуя твердые растворы или карбиды. Поэтому при температуре спекания порошка твердого сплава *1*, в котором равномерно распределены алмазы *3*, образуется новая композиционная структура *2*. Алмаз при спекании частично растворяется по контакту с порошком твердого сплава, что приводит к образованию зон контактного взаимодействия 6, пластичного материала *5* и твердого сплава повышенной прочности *7* (рис. 1.19, *б*). Благодаря этому достигается прочное соединение алмаза с твердым сплавом и, таким образом, образуется новый сверхтвердый материал. Данные микроанализа позволили установить, что толщина зоны контактного взаимодействия составляет 4–5 мкм.

Внедрению славутича в промышленность способствовали его высокие эксплуатационные качества, в сравнении с крупными природными алмазами. Не уступая крупным природным алмазам в износостойкости, славутич значительно превосходит их по прочности. Стоимость славутича значительно ниже, чем стоимость крупных природных алмазов. При этом, если применение крупных алмазов для создания бурового инструмента имеет свои ограничения, ввиду их прочности (рис.1.18) и стоимости, то изделия из славутича могут быть изготовлены любых форм и размеров.

Для оснащения бурового инструмента изготавливаются вставки цилиндрической формы с плоским, сферическим и клиновидным рабочими торцами (рис. 1.20). С целью более рационального использования славутича породоразрушающие вставки выполняются с подложкой из твердого сплава. К корпусу бурового инструмента вставки славутича крепятся припаиванием специально подобранным припоем, включающим цинк, фосфор, железо и медь. Пайка осуществляется путем высокочастотного нагрева аппаратом СВЧ.

Для бурения скважин на нефть и газ выпускается различный буровой инструмент типа ИСМ. Это долота режущего (для мягких пород) и микрорежущего типа (для твердых пород), колонковые долота, калибраторы-стабилизаторы, долота для направленного бурения.

На рис. 1.21 показано долото ИСМ для бурения скважин большого диаметра, предназначенное для зарезания нового направления ствола скважины с искусственного (цементного) забоя при многоствольном бурении. На рис. 1.21 обозначено: *1* – корпус долота; *2* – вставки типа «славутич»; *3, 4, 5* – промывочные отверстия и каналы.

Для бурения геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые вставки из славутича могут использоваться в коронках для бурения твердых пород и средней твердости.

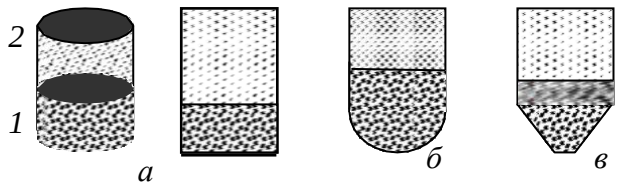


Рис. 1.20. Вставки из славутича:
а – цилиндрическая плоская,
б – сферическая и *в* – клиновидная;
1 – слой славутича;
2 – слой твердого сплава ВК.

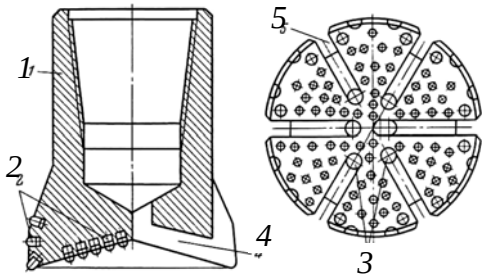


Рис. 1.21. Долото ИСМ с резцами из твердосплавноалмазного композита типа «Славутич».

Коронки типа БСС и БСИ оснащены вставками славутича в подрезном слое на торце коронки, а коронки БС как в торцевом, так и подрезном слое.

Коронки БС различных типов применяются для бурения горных пород средней твердости и твердых.

Кроме коронок с использованием славутича изготавливают также долота и расширители.

При бурении горных пород средней твердости и мягких резцы внедряются в горную породу на глубину, существенно превышающую величину выпуска алмазов из вставки, и единичным резцом следует считать вставку из материала славутич в целом.

Параметры режима бурения буровыми инструментами с резцами славутич выбирают аналогично методикам выбора параметров режима бурения резцовым инструментом при бурении мягких и средней твердости горных пород и определения параметров бурения твердых горных пород алмазным инструментом. Основными данными при выборе параметров режима бурения в данном случае будут физико-механические свойства горных пород и их состояние, а именно: твердость, трещиноватость, слоистость, абразивность и другие признаки, несколько ограничивающие значения частот вращения и осевых нагрузок на инструмент.

1.4.4. Буровые инструменты с резцами из твердых материалов с поликристаллическими алмазами

Другой вариант изготовления алмазосодержащих твердых материалов состоит в создании спеканием либо прессованием поликристаллических алмазов, которые отличаются от композиционных алмазосодержащих материалов типа славутич наличием жесткого каркаса из сросшихся алмазных зерен. К таким материалам, получившим название *PDC (poli- cristalline diamont cutters)*, относится созданный в 1976 г. компанией *Gen- eral Electric* (США) материал *Stratapax*. Компания *De Beers* (ЮАР) выпускает его под названием *Sindet*.

Эти материалы, как показали исследования, не уступают по эксплуатационным качествам крупным природным алмазам и получили широкое распространение. С применением сверхтвердых материалов изготавливаются долота, коронки, расширители, которые успешно заменяют шарошечные долота, твердосплавные коронки, традиционный алмазный инструмент с резцами из природных алмазов, обеспечивая высокий ресурс бурового инструмента. Резцы с пластинами *Stratapax* способны бурить как мягкие породы с высокой механической скоростью, так и твердые с удовлетворительными механической скоростью и стойкостью бурового инструмента. Именно поэтому буровые инструменты, армированные пластинами *Stratapax*, наиболее эффективны при бурении в разрезах, представленных породами перемежающейся твердости и при наличии высокоабразивных горных пород. Таким образом, с появлением резцов с пластинами *Stratapax* удалось получить универсальный буровой инструмент, удовлетворяющий достаточно противоречивым требованиям процесса разрушения мягких пород резанием и твердых пород резанием-скалыванием и раздавливанием. В бурении используются твердосплавные пластины *Stratapax* толщиной 3,5 мм с поликристаллическим покрытием алмазов 0,5 мм. Алмазный слой состоит из спеченных между собой кристаллов размером 60–150 мкм. Твердость пластин, измеренная на приборе ПМТ-3, составляет 50–80 ГПа. Твердосплавная подложка пластины состоит из твердосплавной шихты, содержащей 95 % карбида вольфрама и 5 % кобальта. Формование пластин осуществляется либо спеканием, либо прессованием.

Пластина *Stratapax* получается при совместной обработке отдельных заготовок поликристаллических алмазов и твердого сплава при температуре 1 500°, давлении 5 ГПа и выдержке 5–10 мин. В результате алмазный слой синтезируется в виде однородной поликристаллической массы, образующей целое с твердосплавной подложкой и

обладающей очень высокой твердостью, износостойкостью и ударной прочностью.

Фирма *De Beers* выпускает материал *Sindit* в виде двухслойных пластин, состоящих из алмазного слоя толщиной 1–1,5 мм и твердосплавной подложки. Специалисты ВНИИалмаз (Россия) разработали несколько марок поликристаллических алмазов на подложке. Материал АТП (алмазные твердосплавные пластины) применяется преимущественно для оснащения бурового инструмента.

Сравнение эксплуатационных свойств *PDC*, природных алмазов и твердого сплава с содержанием кобальта 6 % свидетельствует о том, что основные свойства поликристаллических алмазов сопоставимы с природными.

Существенное колебание твердости природных алмазов объясняется анизотропией их структуры, тогда как кристаллы искусственных поликристаллических алмазов изотропны, т. е. физико-механические свойства кристаллов одинаковы во всех направлениях. Это способствует повышению прочности и износостойкости синтетических алмазов. По сравнению с твердым сплавом прочность синтетических поликристаллических алмазов на сжатие выше на 70 %, а твердость на 250 %. Износостойкость пластин *Stratapax* выше, чем природных алмазов, и в 100–150 раз превышает износостойкость твердого сплава. Основные характеристики пластин типа *Stratapax*, природных алмазов и твердого сплава ВК6 приведены в табл.1.2.

Таблица 1.2

Сравнительные данные физико-механических
и эксплуатационных свойств сверхтвердых материалов

Свойства материалов	Поликристал-лический алмаз	Природный алмаз среднего размера	Твердый сплав ВК6
Модуль упругости, ГПа	841	964	630
Модуль жесткости, ГПа	345	400	250
Коэффициент Пуассона	0,32	0,2	0,2
Прочность на растяжение, ГПа	1,29	2,6	1,8
Прочность на сжатие, ГПа	7,61	8,68	4,5
Прочность на изгиб, ГПа	1,1	–	4,9
Твердость HRC, ГПа	50	30–80	20
Коэффициент относительной износостойкости	200–300	100–245	2

Резцы из поликристаллических алмазов состоят из слоя алмазов *1*, твердосплавной подложки *2* и корпуса резца *3* (рис. 1.22). Для повышения прочности соединения алмазного слоя *1* с твердосплавной основой *2* последняя выполняется не плоской, а рифленой, с насечками, а для снижения скалывания края пластин, кромки выполняются скошенными.

При изготовлении резцов пластины *PDC* крепятся диффузионной сваркой при высоких температуре и давлении. Перед соединением поверхность пластинок покрывают тонким слоем никеля.

В буровом инструменте резцы с поликристаллическими пластинами устанавливают с отрицательным передним углом $\gamma_п$ в пределах от –5 до –25° в зависимости от твердости горных пород. В инструментах, предназначенных для бурения более твердых горных пород, передний отрицательный угол задается бо́льшим, что позволяет снизить динамическую составляющую разрушения горной породы, возрастающую при резании-скалывании твердых горных пород.

В настоящее время долота со вставками *PDC* очень широко применяются при бурении скважин на нефтяных и газовых месторождениях всего мира, особенно при проходке вертикально-горизонтальных стволов по продуктивным горизонтам, бурении мягких и средней твердости горных пород с прослоями твердых.



Рис. 1.22. Виды пластинок и резцов PDC и возможные формы:
1 – поликристаллические алмазы; *2* – подложка из твердого сплава; *3* – корпус резца

Примером наиболее современных среди созданных в настоящее время инструментов, являются долота компании *Tough-Drill™ Varel PDC*. Диаметр долот варьирует от 88,9 до 469,9 мм и они изготавливаются как в матричном исполнении, так и со стальным торцом (диаметр от 215,9 до 660,4 мм). Данные долота разработаны для бурения различных по твердости горных пород, в том числе и твердых. Они обеспечивают высокую скорость бурения и высокий ресурс в абразивных и твердых породах из-за высокоэффективных вставок *PDC*, улучшенной гидравлики очистки и охлаждения резцов долота. Улучшенные качества долот обеспечивают так же снижение износа, устраняется повторное перемалывание разрушенной породы, устраняются возможные зоны скопления шлама.

Для проектирования резцов и долот разработчиками используются современные компьютерные технологии инженерного проектирования на основе метода конечных элементов типа *Nastran, Patran, Ansys*.

Подразделение *Smith Bits* компании *SMITH* разработало интегрированную инженерно-аналитическую систему *IDEAS*, в которой рассматривается работа резца в динамической среде бурения с учетом влияния всех компонент буровой компоновки. Основной задачей *IDEAS* является производство оптимальных по эффективности конструкций долот и значительное сокращение времени цикла разработки инструмента.

Моделирование в системе *IDEAS* начинается с анализа показателей работы долота, геологических условий, условий бурения и износа долота. На основании этой информации разрабатываются и выполняются лабораторные испытания взаимодействия резцов с различными породами. По сравнению с другими системами проектирования долот, позволяющими оценить лишь взаимодействие резцов с породой, лабораторные данные из системы *IDEAS* представляют количественные параметры по фактическим усилиям на резцах и скоростям бурения. Информация используется для анализа конструкций долота с учетом литологических особенностей, аналогичных тем, для которых проектируется долото.

В результате получается буровое долото, обладающее динамической стабильностью при рабочих параметрах и условиях эксплуатации, для которых оно предназначено, что способствует увеличению срока службы и повышению скорости проходки. Оптимизированные параметры могут поддерживаться для обеспечения более быстрой и продолжительной работы долота при снижении нагрузки на компоновку и оборудование буровой установки.

Программа четырехмерного моделирования *i-Drill* как составная часть системы *IDEAS* при помощи метода конечных элементов и данных, полученных в ходе лабораторных исследований свойств горных пород с использованием сверхмощных вычислительных машин, позволяет прогнозировать поведение долота в скважине с учетом работы буровой компоновки.

Модель, построенная с помощью синхронизированного по времени моделирования с шестью степенями свободы, достаточно точно прогнозирует силы и вибрации, которые часто оказывают решающие воздействие на отклоняющее усилие на долоте, срок службы

забойных датчиков, целостность бурильной колонны и эффективность процесса бурения в целом.

Возможность выявления источника крутильных, осевых и поперечных колебаний позволяет специалистам по бурению и искривлению ствола скважины определить необходимые изменения в компоновке снаряда и оптимизировать режимы бурения. Программа *i-Drill* обеспечивает пометровую оценку прочности бурильной колонны, получаемую измерением момента на изгиб в двух осях. Направление отклоняющих усилий на долоте определяется силами, возникающими на долоте при взаимодействии с породой с учетом динамики всей бурильной колонны.

Компания *Smith Technologies* разработала программу моделирования гидравлики бурения и очистки ствола *Yield Point* с целью оптимизации выбора типа и свойств бурового раствора в соответствии с условиями бурения. После ввода исходных данных программа *Yield Point* выполняет графическое моделирование свойств бурового раствора, скорости движения промывочной жидкости, механической скорости проходки, а также площади сечения гидромониторных насадок, а затем позволяет оценить влияние соответствующих параметров на гидравлические характеристики долота и очистку ствола скважины.

База данных *Smith Bits* (*DRS*) содержит информацию о трех миллионах отработанных буровых долот практически со всех нефтяных и газовых месторождений мира. Помимо того что база данных используется для проектирования, она также позволяет системе оптимизации выбора буровых долот *DBOS* обеспечить правильный выбор долот для эффективного бурения конкретной породы.

Компанией *Varel* разработан собственный программный продукт под названием *SPOT*™ для проектирования инструмента. Компьютерное моделирование позволяет оценивать качества долот, их ресурс и производительность в процессе компьютерного тестирования. Улучшенная система очистки забоя обеспечивается установкой направляющих насадок долота, ориентирующих поток жидкости в радиальном направлении горизонтально забою вдоль линии расположения резцов (рис. 1.23). Горизонтальную струю жидкости создают насадки, установленные у центра долота, остальные насадки размещены ближе к периферии торца, направляя поток в направлении забоя. Такая комбинированная система размещения насадок на торце долота обеспечивает качественную очистку забоя и охлаждение резцов.



Рис. 1.23 . Долото компании *Varel* со вставками *PDC*

В компании *Smith bits* используют вычислительную гидродинамику (*CFD*) для моделирования взаимодействия бурового раствора с долотом и стволом скважины (рис. 1.24). Сложные алгоритмы дают возможность воспроизводить широкий диапазон забойных условий, а также позволяют осуществлять оценку влияния конфигурации лопастей и положения насадок на структуру потока с целью оптимизации работы долота и повышения эффективности бурения за счет максимально эффективного использования

имеющейся гидравлической энергии.

Одна из самых больших проблем применения долот *PDC* – это их недостаточно эффективное использование при бурении твердых пород. При бурении твердых пород возникают повреждения от ударного характера разрушения породы, перегрев и повышенный абразивный износ резцов, поэтому для проходки в твердых породах в основном используются шарошечные и алмазные долота.

Долота *Security DBS* серии *FM*3000 ™ компании *Varel* включают новый вариант износостойкого *PDC*. Эти долота успешно расширяют использование *PDC*-вооружения для бурения кристаллических пород, позволяют получить высокие результаты, как по скорости бурения, так и по ресурсу инструмента (рис. 1.25). Вооружение долота отличается тем, что часть резцов *PDC* выполнены эллипсовидными, а часть – круглыми. Эллипсовидные вставки располагаются на лопастях, занимая значительную часть размера лопасти, но на периферии лопасти резцы имеют круглую форму. Вставка в форме эллипса имеет более высокие значения контактных напряжений в породе по сравнению с круглым резцом и более значительное заглубление в породу. Удлиненная форма резца увеличивает ресурс вставки. В результате долота с эллипсовидными вставками *PDC* обеспечивают эффективное бурение более твердых горных пород при сравнительно более низких значениях осевого усилия.



а



б

Рис. 1.24. Визуализация образа в системе анализа гидродинамики долот при компьютерном проектировании: *а* – вид с торца долота; *б* – вид сбоку

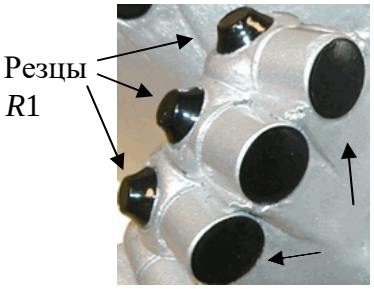


Рис.1.25. Вооружение долота *Security DBS* серии *FM*3000 ™

Долота *PDC* для бурения твердых пород разработаны с учетом динамики долота. Долота *FM*3000 оснащены в качестве основного резца резцом типа *Z*3™. Резцы Z3 опираются на вторичные *PDC* резцы *R*1, которые оптимизируют глубину резания основными резцами, ограничивая их чрезмерное заглубление в породу при переходе долота из более твердых пород к мягким породам, когда действующие осевые нагрузки оказываются чрезмерными.

Компания *Smiht Bits*, учитывая особенности износа пластин *PDC*, разработала долота с резцами *ONYX 360 и ONYX II*, которые установлены в наиболее нагруженных частях торца долота с возможностью вращения в процессе бурения на 360º (рис. 1. 26). Бурение абразивного песчаника долотами *ONYX 360* показало рост ресурса долота на 57 %, а скорости бурения на 26 %.



Рис. 1.26. Резцы ONYX 360

Компанией Волгабурмаш (ВБМ) разработано и освоено производство долот *PDC* диаметром от 83 до 444,5 мм для бурения мягких, мягких с пропластками средних по твердости; средних и средних по твердости с пропластками твердых горных пород.

По области применения долота *PDC* компании ВБМ подразделяются на две линии:

FD – долота для бурения сплошным забоем вертикальных и наклонно-направленных скважин (рис. 1.27, *а, б, в*); *BD* – бицентричные долота для бурения с одновременным расширением ствола скважины (рис. 1.28).

Долота *PDC* обладают высокой износостойкостью, что по сравнению с трехшарошечными долотами обеспечивает кратное увеличение проходки при более высокой механической скорости бурения. Долота *PDC* компании ВБМ оснащены твердосплавными или комбинированными насадками, ориентированными так, чтобы максимально обеспечить баланс потоков бурового раствора для очистки долота и забоя.



а *б*

Рис. 1.27. Долота *PDC* («Волгабурмаш») марки *FD* – конструктивные особенности – спиральная форма лопастей и установка зубков *PDC* на калибрующей части долота:
а – долота диаметром 214,3 мм – оснащены резцами обратной проработки; *б* –долото диаметром 215,9 мм – оснащены антивибрационной защитой долота



Рис. 1.28. Долото компании ВБМ марки *BD* для бурения с одновременным расширением ствола нефтяных и газовых вертикальных и наклонно- направленных скважин

Конструктивные особенности долот типа *FD* компании «Волгабурмаш» заключаются в следующих решениях (рис. 1.29):

- спиральная лопасть долота, что обеспечивает более высокую их прочность, большее число вставок на лопасти и позволяет обеспечивать более плавный режим работы долота и высокую управляемость при на правленном бурении (рис. 1.29, *а*);

- установка зубков *PDC* на калибрующей части лопастей, что обеспечивает более высокую износостойкость долот, сохранение диаметра скважины (рис. 1.29, *б*);

- антивибрационная защита долота обеспечивает плавный режим работы, повышение его ресурса (рис. 1.29, *в*);

- оснащение долот резцами обратной проработки обеспечивает при подъеме долота активную проработку и ствола скважины (рис. 1.29, *г*);

- устранение затяжек при сужении

- долото оснащается опорными вставками внутреннего конуса профиля долота, что снижает эффект «врезания» его в породу, дискретный рост крутящего момента и, как следствие, возникновение крутильных колебаний, повышается плавность хода при разрушении породы и управляемость при направленном бурении (рис. 1.29, *д*);

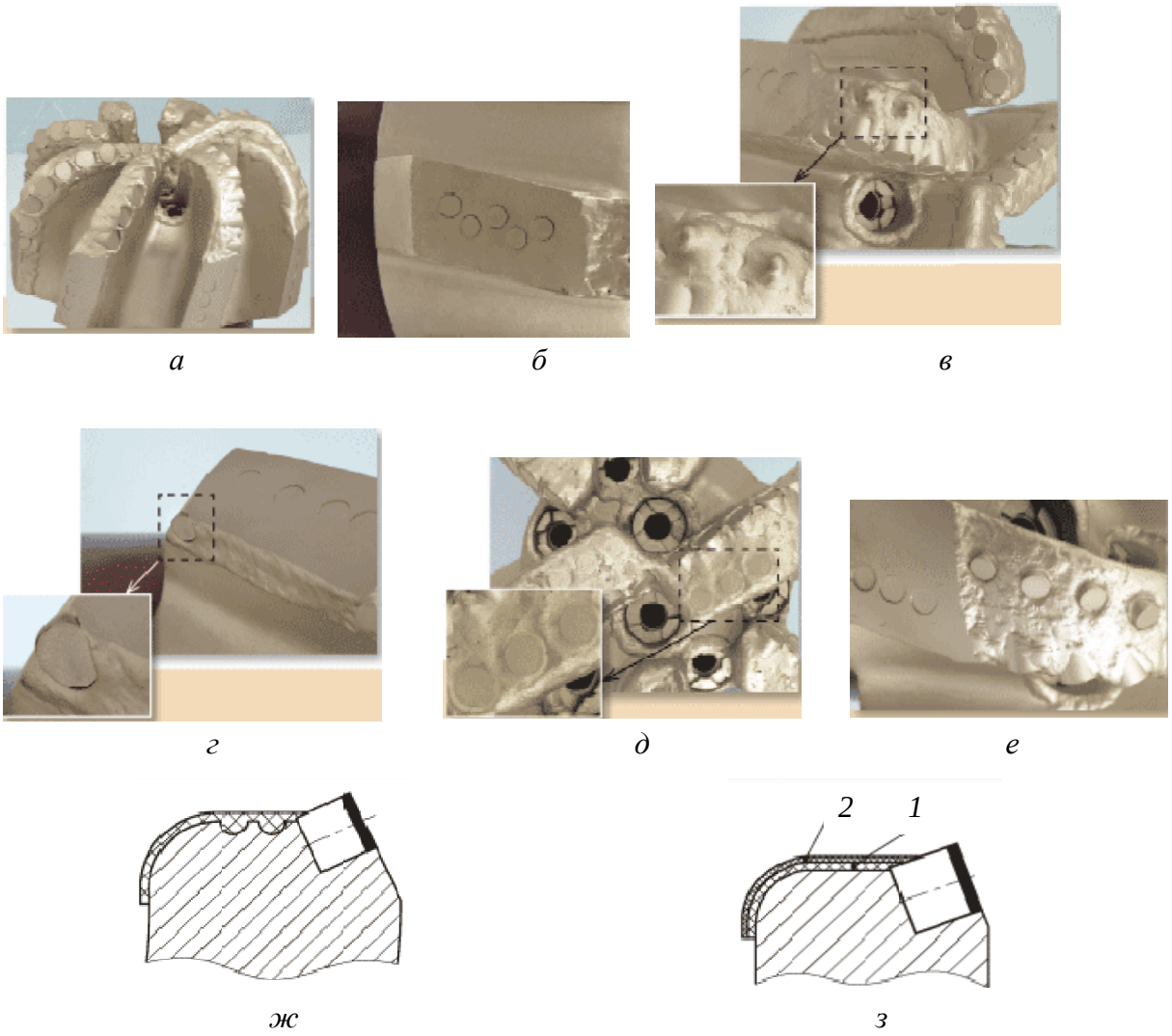


Рис. 1.29. Конструктивные оосбенности долот *PDC* конструкции компании «Волгабурмаш» (ВБМ)

- долото оснащается зубками предварительной деформации породы, которые устанавливаются позади основных резцов и ограничивают врезание этих резцов в породу, одновременно обеспечивают активное деформирование породы, ослабляют ее, что повышает плавность работы долота, его ресурс и управляемость при направленном бурении (рис. 1.98, *е*);

- усиленная наплавка на лопастях долота обеспечивает его высокий ресурс при бурении абразивных пород (рис. 1.29, *ж*);

- двухслойное покрытие корпуса долота дано на рис. 1.29, *з*, где *1* – защитное покрытие из плотной массы ультратвердых вольфрамовых карбидов; *2* – порошковое покрытие, имеющее гетерогенную смесь металлических порошков из пылеобразных матричных компонентов (карбидов вольфрама), выполненное методом газопламенного напыления с одновременным проплавлением, выполняет роль антивибрационного покрытия, обеспечивает сопротивление ударным нагрузкам (покрытие *1*) и защищает долота от изнашивания и эрозии, в том числе и при высокой температуре (покрытие *2*);

- упрочненный корпус долота за счет покрытия сплавом ВК;

- антисальниковое покрытие корпуса долота специальным сплавом снижает налипание породы на корпус и лопасти долота, что положительно сказывается на производительности бурения.

Для бурения мягких пород с целью снижения крутящего момента и улучшения их очистки на торцевой поверхности между основными резцами выполняются концентрические проточки. Такие долота с резцами *PDC* получили название *канавчатые.*

Долота с резцами *PDC* применяют для бурения и с отбором керна (рис. 1.30).



Рис. 1.30. Колонковое
долото с резцами *PDC*

Показатели работы инструмента с пластинами PDC могут составлять в различных горногеологических условиях по механической скорости от 2,3 до 30 м/ч, а по стойкости от 200 до 1 000 м.

Таким образом, при бурении осадочных пород в сравнении с твердосплавным инструментом использование *PDC* позволяет повысить скорость бурения в 1,5–5 раз и стойкость в 5–15 раз. При использовании коронок, оснащенных пластинами *PDC*, при бурении песчаников получена скорость бурения 16 м/ч при стойкости 120–260 м против 3,6 м/ч и 30–60 м у твердосплавных коронок.

При бурении с отбором керна механическая скорость бурения увеличивается по сравнению с однослойными алмазными коронками в 4–5 раз, твердосплавными – до 10 раз.

Коронки с резцами *PDC* способствуют повышению выхода керна. При бурении геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые коронки, армированные пластинами с поликристаллическими алмазами, особенно перспективны в сочетании со снарядами со съемным керноприемником.

Компания *Atlas Copco* выпускает резцовые коронки, вооруженные поликристаллическими алмазными вставками *Diapax* и *Tripax*.

Элемент *Diapax* выполнен в виде пластины с нанесенным слоем алмазов толщиной 0,5 мм, а *Tripax* в виде треугольных или квадратных блоков-резцов.

Коронки с пластинами *Diapax* (рис. 1.31) предназначены для бурения мягких, вязких глинистых, мерзлых грунтов, горных пород средней твердости. В подобных горных породах коронки с пластинами *Diapax* имеют очень высокий ресурс (до 1 000 м) и производительность. Недостатком таких коронок является низкая стойкость к ударным нагрузкам, что делает их непригодными для бурения массива с прослоями твердых горных пород.

При бурении пластины *PDC* изнашиваются по внешней режущей кромке, контактирующей с породой. Получившие односторонний износ пластины *Diapax* могут извлекаться из коронки и вновь устанавливаться с поворотом на некоторый угол, что позволяет восстанавливать инструмент 3–4 раза до полного изнашивания режущих кромок пластин. Суммарный объем бурения пластинами *Diapax* с учетом восстановления инструмента может, таким образом, составлять более 1 000 м.

Режим бурения коронками с пластинами *Diapax* предусматривает частоту вращения 50–80 мин$^{-1}$ и осевую нагрузку 10–20 кН.

Пластины *PDC* для бурения нефтяных и газовых скважин обеспечивают ресурс долот более 1000 м до первой реставрации.

Коронки с режущими вставками *Tripax* компании *Atlas Copco* состоят из поликристаллических алмазных компонентов, имеющих треугольную или квадратную форму (рис. 1.32, *а, б*). Масса вставки *Tripax* составляет 0,3–1,0 карат. Треугольная или квадратная форма создают хорошую режущую кромку и достаточно высокую прочность резца. Коронки со вставками *Tripax* применяются для бурения горных пород средней твердости и твердых. Их ресурс составляет от 50 до 250 м. В породах невысокой прочности ресурс коронок может составить около 1 000 м.

Коронками *Tripax* рекомендуется буритьс частотой вращения 200–300 мин$^{-1}$ и осевым усилием 10–20 кН.

Механизм работы коронок с пластинами *Diapax* и вставками *Tripax* при бурении мягких и пластичных горных пород аналогичен механизму работы твердосплавных резцов с отрицательными передними углами. Отличие может определяться формой резцов, которые чаще всего изготавливаются в виде круглых пластин.

Коронки со вставками *Tripax*, в случае бурения твердых горных пород, разрушают их отдельными алмазами. При этом механизм разрушения близок к процессу разрушения горных пород мелкими резцами алмазного бурового инструмента.

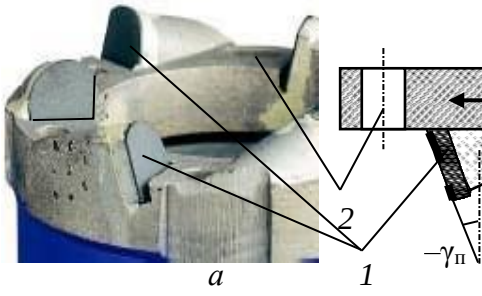


Рис. 1.31. Коронка с поликристаллическими вставками *Diapax* (*а*) и схема вставки (*б* – вид сбоку): *1* – вставка; *2* – отверстия для промывочной жидкости

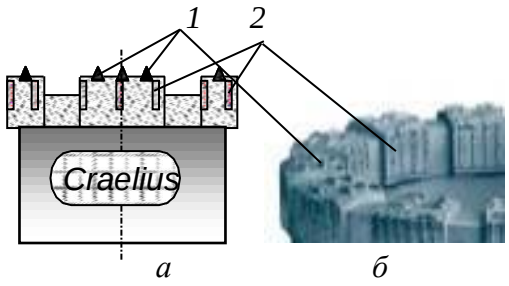


Рис. 1.32. Схема (*а*) и фото (*б*) коронок с элементами *Tripax*: *1* – вставки *Tripax*; *2* – подрезные вставки

Механизм работы резца, оснащенного *PDC* осуществляет разрушение пластичной породы путем резания с большим съемом породы. При этом механизм работы резцов *PDC* при бурении твердых горных пород отличается от механизма работы импрегнированного бурового инструмента, так как существенно зависит от формы и схемы расстановки резцов с пластинами *PDC* в коронке.

Например, исследования по оценке влияния угла поворота резцов *PDC* в фронтальной по отношению к торцу инструмента плоскости показали, что наиболее оптимальным углом поворота $\varphi_р$ будет значение 5–10°. Причем поворот резцов, расположенных по наружной кромке торца, осуществляется в направлении наружного диаметра торца, а резцы, размещаемые по внутреннему периметру торца, поворачиваются внутрь торца коронки (рис. 1.33). При размещении резцов в инструменте с углом $\varphi_р = 0°$ наблюдались заклинка керна и прижог пластин *PDC*. Это свидетельствует о накоплении разрушенной породы перед резцами и недостаточном их охлаждении, поскольку жидкость не попадает в зону контакта пластины *PDC* с горной породой. С целью удаления породы и более интенсивного охлаждения резцов коронки компании *Atlas Copco* (рис. 1.31) имеют фронтальные отверстия для подвода промывочного раствора непосредственно к резцам.

Установка резцов с углами поворота $\varphi_р$ обеспечивает отвод разрушенной породы из забоя в направлении керна и стенки ствола скважины при бурении коронками и стенки скважины при бурении долотами.

С увеличением значений угла $\varphi_р$ наблюдается повышение механиче- ской скорости бурения с одновременным снижением затрат мощности и вибрации инструмента (рис. 1.34).

При использовании бурового инструмента с резцами *PDC* особое значение имеет схема их размещения, которая существенно влияет на эффективность разрушения породы. Для повышения эффективности разрушения породы расстановка резцов должна максимально соответствовать условиям образования свободных поверхностей забоя скважины.

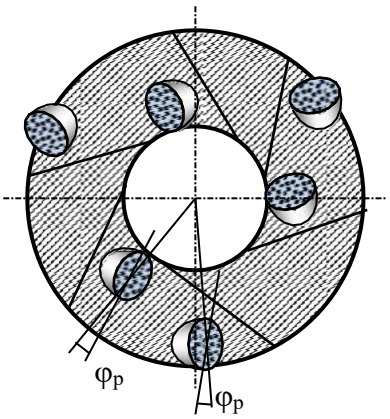


Рис. 1.33. Схема установки резцов с *PDC* на торце инструмента для обеспечения отрицательного угла резания со скважинно- и керно-образующими боковыми поверхностями

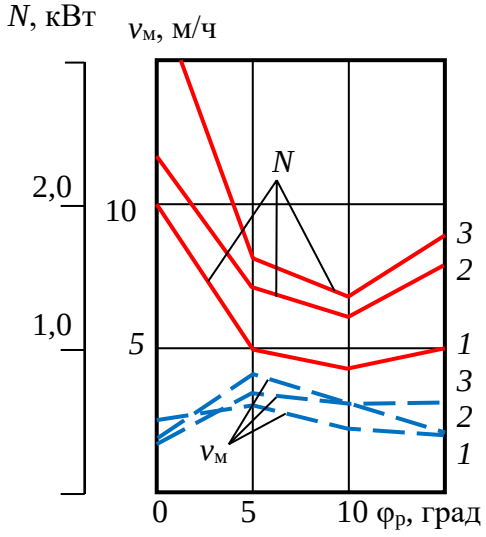


Рис. 1.34. Зависимость механической скорости бурения ($\nu_м$) и мощности на бурение (N) от величины угла $\varphi_р$: *1* – осевая нагрузка 500 даН; *2* – 750 даН; *3* – 1 000 даН

В работе приведены данные о стендовом бурении опытными долотами с тремя алмазными поликристаллическими пластинами *Stratapax*, установленными с передними углами –15 и –25° (угол $\varphi_р$), импрегнированной коронкой, вооруженной искусственными алмазами зернистостью 200–250 шт./карат и твердосплавной трехрезцовой коронкой, с передним отрицательным углом установки резцов –25°. Все коронки имели наружный диаметр 26 мм, внутренний – 14 мм.

В процессе эксперимента разбуривались три разновидности горных пород: гранит, известняк и доломит. Твердость гранита – $p_ш$ = 4,18 ГПа, коэффициент пластичности $К_п$ = 1; твердость известняка – 1,94 ГПа, $К_п$ = 1,8; твердость доломита – 1 ГПа, $К_п$ = 4,3.

Результаты бурения гранита тремя типами буровых инструментов приведены на графиках (рис. 1.35). Из полученных данных следует, что при более высоких и равных параметрах режима бурения механическая скорость бурения выше при бурении коронкой с *PDC* в сравнении с импрегнированной алмазной коронкой. Это объясняется тем, что контактные давления со стороны алмазов *PDC* существенно выше, чем со стороны алмазов импрегнированной коронки, так как последние равномерно распределены по всей поверхности матрицы, а у *PDC* расположены в пределах узких кромок боковых поверхностей пластин *PDC* (рис. 1.36).

В данном случае алмазы *PDC* работают в режиме эффективного объемного разрушения, при котором происходит скалывание, раздавливание и резание породы, тогда как алмазные резцы импрегнированной коронки могут работать при разрушении твердой породы в режиме поверхностного микроскалывания и истирания.

Подтверждением реализуемого механизма разрушения являются размеры борозд разрушения, оставленные на забое *PDC* и импрегнированной коронкой.

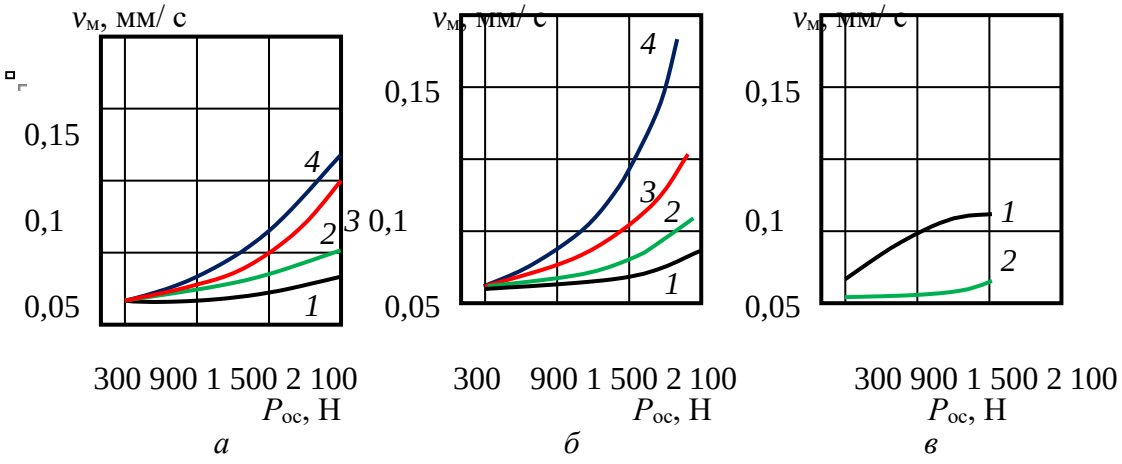


Рис. 1.35. Зависимость механической скорости бурения от параметров режима бурения гранита импрегнированной коронкой (*а*), коронкой с *PDC* (*б*) и твердосплавной коронкой (*в*): *1* – частота вращения ω – 170 мин$^{-1}$; *2* – 425 мин$^{-1}$; *3* – 685 мин$^{-1}$; *4* – 960 мин$^{-1}$



Рис. 1.36. Схема работы алмазных резцов импрегнированной коронки (*а*) и резца *PDC* (*б*)

При бурении импрегнированной коронкой ширина борозд разрушения 0,08 мм, глубина 0,02 мм, шлам существенно более мелкий 5 мкм в сравнении со шламом, который образуется при бурении коронкой с пластинами *PDC*.

При бурении гранита твердосплавными коронками видимых борозд на забое не образовывалось, шлам получен очень мелкий (не более 2 мкм). Эти признаки указывают на режим усталостно-поверхностного разрушения, при котором активно изнашиваются резцы коронки.

Данные, полученные при бурении гранита, известняка и доломита коронками с *PDC*, приведены в виде графиков на рис. 1.37.

Результаты эксперимента показали, что механическая скорость бурения доломитов в 6–8, а известняков в 7–14 раз превышает механическую скорость бурения гранита. При бурении доломита и известняков получены очень крупные частицы шлама.

Представленные данные позволяют установить [31], что при бурении известняков и доломитов резцы с *PDC* глубоко внедряются в породу, снимая слой разрушенной породы много больше размера алмазных зерен. Следует отметить, что буримость доломита оказалась ниже, чем у известняков, несмотря на то, что твердость известняка несколько выше. Очевидно, более значительные затраты энергии на разрушение доломита определены их повышенной пластичностью. Так, например, оказалось, что глубина борозд разрушения в доломите (0,04 мм) меньше в 3 раза глубины борозд разрушения в известняке (0,12 мм) при равной их ширине.

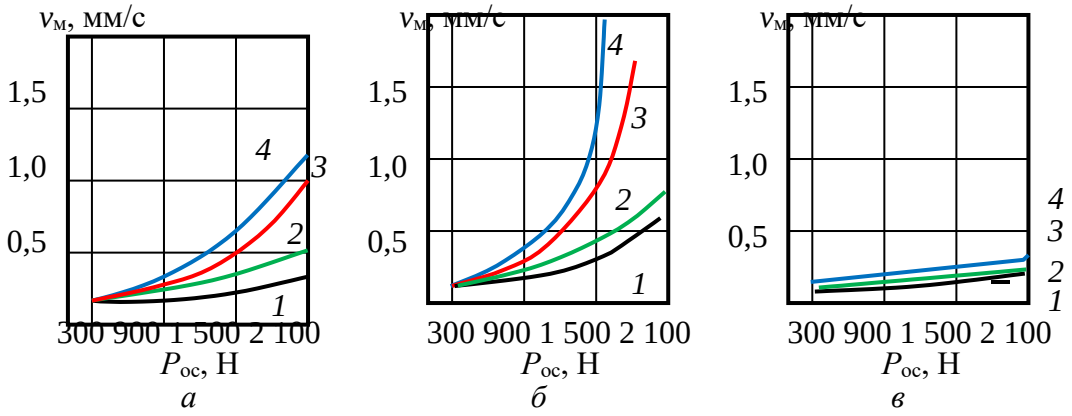


Рис. 1.37. Зависимость механической скорости бурения от параметров режима бурения коронкой с PDC доломита (*а*), известняка (*б*) и гранита (*в*): *1* – частота вращения ω – 170 мин$^{-1}$; *2* – 425 мин$^{-1}$; *3* – 685 мин$^{-1}$; *4* – 960 мин$^{-1}$

Таким образом, при бурении упругохрупких и хрупких твердых горных пород разрушение обнаженными алмазами резцов с *PDC* идет, главным образом, путем раздавливания и скалывания.

При бурении пластичных и пластично-хрупких пород разрушение происходит всем объемом алмазосодержащей пластины вдавливанием, пластическим резанием и скалыванием породы.

1.5. Разрушение горных пород алмазным буровым инструментом

1.5.1. Общие сведения об алмазном буровом инструменте

Производительность и работоспособность алмазного бурового инструмента во многом зависят от крупности, схемы размещения алмазов в матрице инструмента, ориентации их в направлениях к плоскости забоя и резания-скалывания по твердому вектору.

В 1939 г. в США ученые Краус и Лоусон установили для кристаллов алмаза грани и направления максимальной твердости, что позволило впоследствии изготавливать алмазный инструмент для бурения с ориентиро- ванной установкой алмазов. Производство алмазных коронок с ориентированной установкой алмазов в направлении разрушения горной породы впервые осуществлено в США в 1949 г. Опытное бурение показало, что достигается значительное снижение стоимости алмазного бурения (в 1,6 раза) и повышение проходки на коронку (в 1,37 раза).

Алмаз по шкале твердости минералов Мооса занимает максимальную 10 позицию (по шкале твердости М. М. Хрущова, микротвердость алмаза около 100000 МПа), а его твердость в 1000 раз превышает микротвердость кварца (7 позиция) и в 150 раз микротвердость корунда (9 позиция). Разница в твердости между алмазом и корундом значительно больше, чем между корундом и тальком, имеющим наименьшую твердость.

Величина алмаза с 1914 г. измеряется в каратах (0,2 грамма). Кристаллы алмаза крупнее 1 карата встречаются редко. Обычно вес их 0,2–0,4 карата.

Карат – мера веса драгоценных камней. Принята на Ближнем Востоке в средние века как вес зерна рожкового дерева.

Цвет алмазов определяется составом примесей и может быть от прозрачного до черного. Примеси в алмазах, например, металлы, являются причиной разрушения алмазного резца при бурении, поскольку примеси, имеют более значительный коэффициент теплового расширения по сравнению с алмазом, что может приводить при нагревании алмаза в процессе работы к его растрескиванию.

Для изготовления алмазного бурового инструмента применяют природные и искусственные алмазы.

Природные алмазы отличаются прочностью и износостойкостью, цветом и формой кристаллов (рис. 1.38).



а *б* *в* *г*

Рис. 1.38. Природные алмазы для изготовления алмазных долот: *а* – Конго кубической формы обладают средней износостойкостью и ударной прочностью; *б* – Конго сферические – стандартные монокристаллические алмазы сферической формы с шероховатой поверхностью обладают средней изно- состойкостью и хорошей ударной прочностью; *в* – Премиум двенадцатигранной формы обладают хорошей ударной прочностью и высокой износо- стойкостью; *г* – поликристаллические различной формы обладают высокой ударной прочностью и хорошей износостойкостью.

Широкое применение алмазный инструмент в практике бурения получил после открытия крупных месторождений в коренных горных породах – кимберлитах (от названия места – г. Кимберли, получила название алмазоносная площадь в ЮАР (Африка), которая открыта в 1871 г.).

В СССР первая кимберлитовая трубка «Зарница» открыта в 1954 г. в Якутии. С этих пор, после получения отечественного алмазного сырья, в стране начато производство алмазного инструмента и широкое развитие алмазного бурения взамен дробового.

Искусственные алмазы были получены в 1954 г. в США в лаборатории компании *General Electric* Г. Холлом и несколько позже одновременно в научно-исследовательских центрах Швеции, Японии, Бельгии и др. стран.

В СССР решением проблемы синтеза алмазов и организации их выпуска занимались Институт физики высоких давлений АН и Институт сверхтвердых материалов АН Украины, которыми промышленный выпуск алмазов осуществлен в 1960–1985 гг.

Буровой инструмент оснащается алмазами различной *зернистости*, измеряемой в количестве алмазов в карате (шт./кар.).

Основные размеры алмазов, применяемых в буровых инструментах, равны: 2–5 шт./кар. – диаметр зерна 3–4 мм; 10 шт./кар. – 2,5 мм; 15 шт./кар. – 2,0 мм; 20 шт./кар. – 1,8 мм; 50 шт./ кар. – 1,3 мм; 90 шт./кар. –1,1 мм; 150 шт./кар. – 0,9 мм.; 200–400 шт./кар. – 0,7–0,5 мм; менее 400 шт./кар. – менее 0,5 мм.



Рис. 1.39. Алмазные долота компании *Smith bits.*

В породах средней твердости наилучшие результаты показывают коронки, армированные алмазами зернистостью от 20 до 2 шт./кар., в твердых породах целесообразно использовать коронки с алмазами зернистостью от 200 – 20 шт./кар.) и в очень твердых породах – 600–150 шт./кар.

Для изготовления алмазных долот применяют алмазы зернистостью от 1 до 20 шт./кар. Конструкции алмазных долот показаны на рис. 1.39.

Долота, армированные природными алмазами, предлагаемые компанией *Smith Bits* (рис. 1.39), предназначены для бурения в различных породах – от средне-мягких до твердых. Долота отличаются профилями режущей структуры, системами промывки с зонами высокого и низкого давления жидкости или с радиальным потоком, а также имеют широкий выбор конфигурации алмазных вставок, что позволяет подобрать оптимальный тип долота для конкретных условий бурения.

При оснащении буровых инструментов, как правило, боковые – подрезные резцы изготавливают из более крупных алмазов, чем торцевые. Места перехода от торцевой к боковой части матрицы армируются также более крупными алмазами.

В связи с появлением таких сверхтвердых материалов, как *Stratapax*, крупные природные алмазы зернистостью 2–10 шт./кар. в буровом инструменте заменяются резцами *PDC*, потому что они отличаются большей прочностью и износостойкостью.

Величина выпуска алмазов из матрицы зависит от твердости буримых пород и размера алмазов. При бурении пород средней твердости она может быть до 30 % размера алмазов, твердых пород – до 20 %, а максимально твердых – до 10 %.

Различают коронки и долота без заданного выпуска алмазов, в которых он составляет 5–10 % размера алмаза, и с заданным выпуском алмазов, в котором выпуск резцов составляет 20–30 % их линейного размера.

Матрицы современного алмазного бурового инструмента изготавливают методом порошковой металлургии путём пропитки или горячего прессования. В первом случае матрица состоит из частиц тугоплавких металлов: карбида вольфрама, кобальта и пластичного связующего металла или сплава, например меди. Связующее вещество образует при спекании жидкую фазу, объединяющую при остывании все компоненты матрицы, в том числе и алмазы. Порошковые матрицы более износостойки, чем литые, и позволяют использовать очень мелкие алмазные зерна.

В каркас матриц, изготовляемых методом пропитки, могут входить в различных соотношениях вольфрам, карбид вольфрама, кобальт, железо, никель. Пропитывающий состав делают обычно из меди, никеля, алюминия. Кроме того, в составе матрицы могут быть наполнители (до 30 %): зерна релита, гранулы твердого сплава типа ВК и др.

В матрицы, изготавливаемые способом горячего прессования, могут входить: бор, гидрид титана, медь, карбид вольфрама, кобальт, никель, олово, титан, железо, цезий, фосфор, цинк.

Матрицы отличаются твердостью – важнейшей характеристикой, определяющей во многом эффективность алмазного бурового инструмента. Твердость матрицы вычисляют по методу Роквелла. Она может быть: HRc 10–20 – очень мягкая; HRc 15–20 – мягкая; HRc 25–30 – средней твердости; HRc 30–35 – твердая; HRc 50–55 – очень твердая.

Твердые матрицы предназначены для бурения абразивных и менее твердых горных пород, мягкие для бурения более твердых и менее абразивных горных пород. Правильный выбор твердости матрицы задает темп её изнашивания и, соответственно, обнажение алмазных резцов при бурении, что в результате определяет эффективность бурового процесса. Чрезмерный темп изнашивания матрицы приводит к потере алмазных резцов, а замедленный износ – к изнашиванию самих алмазов – их заполированию (рис. 1.40, *а*, *б*).

Заполирование алмазов – образование на их поверхности площадок износа, ориентированных параллельно забою скважины и имеющих гладкую полированную поверхность.

В идеальном случае при бурении импрегнированным буровым инструментом износ матрицы и алмазов происходит с одинаковой скоростью.

Вооружение алмазного бурового инструмента во многом определяется насыщенностью матрицы алмазами – отношением объема алмазов к объему матрицы инструмента в процентах. Опыт бурения показывает, что этот показатель должен составлять в среднем 5–10 %. В ряде случаев ведущие фирмы выпускают инструмент с насыщенностью алмазами 15–25%.

Насыщенность алмазами, ровно как и качество алмазов, определяют ресурс бурового инструмента, его стойкость.

Расход алмазов без рекуперации для организаций Министерства Геологии СССР обычно составлял 0,6–0,9 карат/м в зависимости от твердости горных пород и совершенства применяемой технологии бурения.

Рекуперация (лат. *recupertion – возвращение, получение обратно*) – *извлечение сохранившихся алмазов из отработанного алмазного инструмента с целью их повторного использования.*

По расположению алмазных резцов в матрице буровые инструменты подразделяются на однослойные и импрегнированные (рис. 1.41, *а*, *б*).

Для бурения применяют однослойные алмазные буровые инструменты с зернистостью резцов в основном от 10 до 150 шт./кар., в которых алмазы располагаются

на торце в один наружный слой, и импрегнированные алмазные коронки с более мелкими алмазами, которые располагаются в несколько слоев (5–9). Число слоев алмазов в импрегнированных буровых инструментах определяется зернистостью алмазов: чем более мелкие алмазы, тем больше число алмазных слоев имеет коронка.

В однослойных буровых инструментах алмазы могут располагаться по следующим основным схемам (рис. 1.42): *а* – в шахматном порядке; *б* – по радиальным направлениям; *в* – по косым радиусам; *г* – по концентрически окружностям.

Возможны, естественно, и иные схемы размещения алмазов, в том числе ориентированная их установка с учетом направлений максимальной твердости алмазного зерна. Критериями эффективного расположения алмазов в матрице являются равномерное распределение на торце и перекрытие движущимися резцами всего забоя буримой скважины тем количеством алмазов, которое необходимо разместить в коронке.

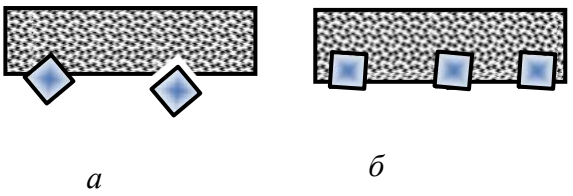


Рис. 1.40. Варианты аномального изнашив- ния матриц алмазных буровых инструмен- тов: *а* – интенсивный износ матрицы – потеря алмазных резцов; *б* – недостаточный износ матрицы – заполирование алмазных резцов

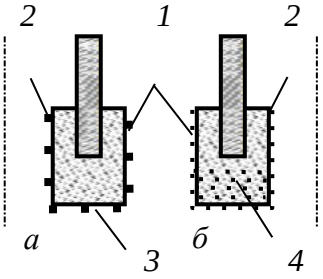


Рис. 1.41. Вооружение алмазных коронок и долот – однослойных (*а*) и импрегнированных (*б*): *1* – наружные подрезные резцы; *2* – внутренние подрезные резцы; *3* – торцевые резцы; *4* – слои алмазов

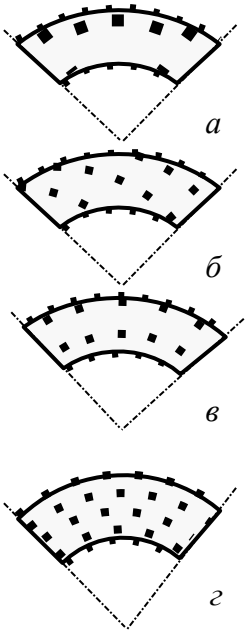


Рис. 1.42. Схема раскладки алмазов в коронках

Для повышения прочности соединения алмазов с матрицей применяют грануляцию алмазных зерен, которая состоит в покрытии алмаза металлом. Наиболее интересен вариант «металлизации» алмаза пористым хромом. В этом случае достигается не просто высокая адгезия зерна с матрицей, но и соединение за счет проникновения материала матрицы в поры оболочки из хрома.

Для бурения в основном применяют алмазы необработанные с острыми режущими гранями, овализованные и полированные.

Овализованные алмазы получают механической обработкой для приданияим им округлой формы.

Полирование овализованных алмазов производят для уменьшения силы их трения о породу при бурении. При овализации и последующем полировании алмазов удаляются их выступающие части, в результате образуется гладкая поверхностей камней и округлая форма. Овализация и особенно полирование убирают с поверхности алмаза трещины и дефекты, что повышает прочность алмазного зерна.

Таким образом, алмазные резцы геометрически могут соответствовать форме многогранника (пирамида, пирамида с площадкой износа) или округлого резца, форма которого близка к шару.

Импрегнированные алмазные долота. Для бурения самых твердых и абразивных пород при реализации высоких значений частот вращения винтовыми забойными двигателями и турбобурами в настоящее время успешно используются импрегнированные алмазные долота с различной формой торцевой породоразрушающей части.

На рис. 1.43 показано долото *Kinetic* компании *Smith Bits* с удлиненной калибрующей поверхностью и развитой комбинированной системой импрегнированного алмазного вооружения.

В буровых долот3х *Kinetic* компании *Smith Bits* используются комбинированные породоразршающие элементы с алмазными резцами в виде импрегнированных лопастей 1, отдельных цилиндрических вставок *GHI* 2 и резцов из поликристаллических алмазов типа *TSP* 3 (рис. 1.44).



Рис. 1.43. Импрегнированные алмазные долота *Kinetic*

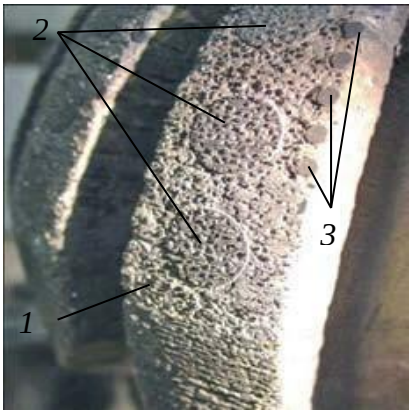


Рис. 1.44. Вооружение долота *Kinetic* с термостабильными по-ликристаллическими алмазны- ми резцами (*TSP*) на режущей кромке лопастей: *1* – импрегни- рорванная лопасть; *2* – вставки *GHI*; *3* – резцы *TSP*

Вставки *TSP* расположены на калибрующей поверхности с целью поддержания номинального диаметра скважины. При использовании в крайне абразивных породах они устанавливаются на периферийную часть профиля долота для увеличения прочности и износоустойчивости на данном участке лопасти, испытывающей при бурении максимальные усилия и изнашивание. Конструкции буровых долот имеют увеличенные по высоте лопасти, что позволяет распределить больший объем алмазного материала и обеспечивает большую проходку, чем при использовании традиционных импрегнированных буровых долот. Буровые долота *Kinetic* также характеризуются индивидуальным подходом при конструировании для конкретного типа забойного двигателя, применяемого в данных условиях. Профиль долота подбирается в зависимости от того, используется ли оно с винтовым забойным двигателем или турбобуром. Долото *Kinetic* демонстрирует высокую производительность бурения в комплексе с турбобурами за счет высокой частоты вращения, реализуемой данными забойными двигателями. Увеличенная калибрующая поверхность в сочетании со стабильностью турбобура обеспечивает высокое качество ствола скважины, исключая его винтообразное искривление, характерное для долот с резцами *PDC*.

В долоте используется комбинация распределения центрального потока жидкости и точечно размещенных промывочных отверстий для улучшения его охлаждения и обеспечения эффективной очистки. Конструкция бурового долота *Kinetic* позволяет производить эффективное бурение переслаивающихся пород при поддержании оптимальной механической скорости проходки, что исключает необходимость замены долота для бурения различных пород.

Долота *Kinetic* конструируют с использованием точно спроектированных горячепрессованных вставок *GHI* (рис. 1.45), алмазных резцов высшего качества, термостабильных поликристаллических алмазов (*TSP*) и матриц с импрегнированными алмазами. Компоненты *GHI* состоят из комбинации алмазных кристал лов и порошка карбидо-вольфрамовой матрицы, подобранной для обеспечения специальных свойств материалов, применяемых в конкретных условиях.

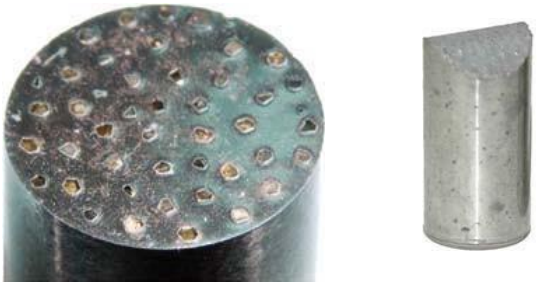


Рис. 1.45. Внешний вид горяче- прессованных вставок (*GHI*).

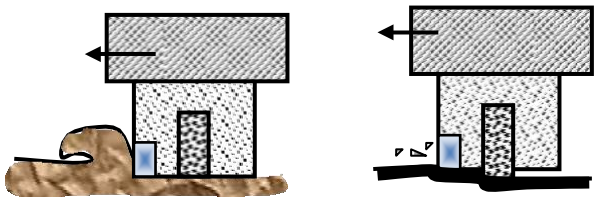
Для вставок *GHI* применяется гранулирование, обеспечивающее более равномерное распределение алмазного материала. Получаемый равномерный состав обладает большей прочностью, сохраняет форму и имеет высокую скорость бурения в течение более длительного периода.

При бурении вставки постоянно самозатачиваются путем стирания связующего материала и открытия новых алмазных резцов. Благодаря тому, что вставки *GHI* выступают над поверхностью лопастей, они обеспечивают высокий уровень контактных давлений на горную породу и режим эффективного разрушения самых твердых горных пород. В то же время импрегнированные долота *Kinetic* используются для бурения пород самой различной твердости за счет комбирированной системы вооружения,

которая позволяет реализовать резание лопастями мягких горных пород и резание-скалывание горных пород средней твердости, а также микрорезание и истирание алмазными резцами горных пород высокой твердости (рис. 1.46, *а, б*). Гибридные долота *Kinetic*, обозначаемые буквой *H*, имеют комбинированное вооружение из *PDC*-резцов, природных алмазов и термостабильных поликристаллических алмазов. Долота *Kinetic* могут модифицироваться за счет использования разных связующих материалов и различных по размеру кристаллов в соответствии со свойствами буримой породы и типом забойного двигателя для идеальной эксплуатации при высоких частотах вращения, возникающих при использовании турбобуров. Выступ вставок *GHI* из корпуса долота повышает объем потока жидкости перед долотом, что позволяет использовать его для разбуривания оснастки обсадной колонны, увеличить механическую скорость и применять их при бурении на регрессии, когда работа шарошечных долот и долот *PDC* приводит к снижению механической скорости и проходки на долото.

На рис. 1.47 представлено импрегнированное алмазное долото компании *UniDrill* (ОАО «Универсальное бурение», Россия). Данные долота имеют матричный корпус, в режущую структуру которых входят сегменты различной формы с импрегнированными в них мелкозернистыми искусственными алмазами.

Состав матрицы подбирается в зависимости от породы с таким расчетом, чтобы её износ происходил немного быстрее, чем износ алмазов. Долота предназначены для бурения с помощью ротора или забойных двигателей в твердых и сильно абразивных породах.



а *б*

Рис. 1.46. Схемы, поясняющие принцип работы импрегнированных долот *Kinetic*: *а* – в мягких горных породах и породах средней твердости; *б* – в твердых горных породах



Рис. 1.47. Импрегнированное алмазного долото компании *UniDrill* типа *UI*

1.5.2. Разработки алмазных инструментов компаний Atlas Copco и Boart Longyear

В настоящее время значительный объем геологоразведочного бурения выполняется на оборудовании и инструментом таких ведущих мировых производителей, как компании *Atlas Copco* и *Boart Longyear*.

В соответствии с рекомендациями компании *Atlas Copco* выбор инструмента и технологии бурения производят на основании оценки абразивности, трещиноватости и твердости горных пород, которые сгруппированы и разбиты на пять категорий.

К первой группе относятся крупнозернистые, сильнотрещиноватые и сверхабразивные породы (сланец, аргиллит и известняк). Для их бурения рекомендуются импрегнированные коронки типа *Craelius* и *Hobic* с максимально твердыми матрицами.

Вторая группа пород характеризуется как трещиноватые и абразивные (песчаник, доломит, туф, кремнистый сланец). Для бурения этих пород рекомендуются коронки с менее твердыми матрицами.

Третья группа пород характеризуется как среднеабразивная (андезит, базальт, пегматит, диабаз, габбро, диорит). Коронки, рекомендуемые компанией, имеют еще менее твердые матрицы.

Четвертая группа пород – это крепкие слабоабразивные породы

(гнейс, диорит, гранит, кварцит, порфир).

Пятая группа пород – очень крепкие и неабразивные породы (кварц, риолит, кремнистый известняк, таконит, лимонит, яшма). Для таких горных пород предлагается инструмент с наиболее мягкой матрицей.

Для изготовления импрегнированных коронок используют искусственные алмазы, однослойных коронок – природные алмазы зернистостью 30/50 или 20/25 шт./карат. Более крупные камни используются в коронках для бурения менее твердых, а более мелкие – более твердых горных пород. Алмазы в однослойных коронках применяются только группы *S*, в которую попадают обработанные и полированные алмазы повышенного качества.

Создаваемый буровой алмазный импрегнированный инструмент отличается не только формой торцевой части и промывочных каналов, но и высотой матриц. Например, коронки типа *Craelius* могут иметь матрицу высотой 6,5; 9,5; 12 и 16 мм. Коронки типа *Hobic* 6,5; 8; 10 мм. У коронок компании *Boart Longyear* типа *Alpha* высота матрицы может быть 9,5; 12 и даже более 25 мм.

Последняя из коронок имеет маркировку *Alpha Stage* 3 (рис. 1.48). Её уникальность в наличии трех рабочих «этажей», располагаемых по вертикали, при этом каждый из них оснащен тремя промывочными каналами.

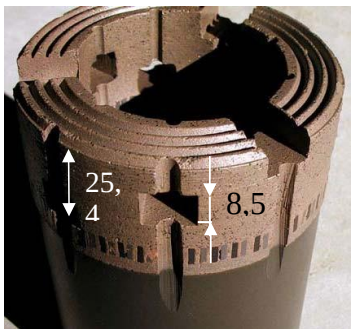


Рис. 1.48. Импрегнированная коронка компании *Boart Longyear* типа *Alpha Stage*3

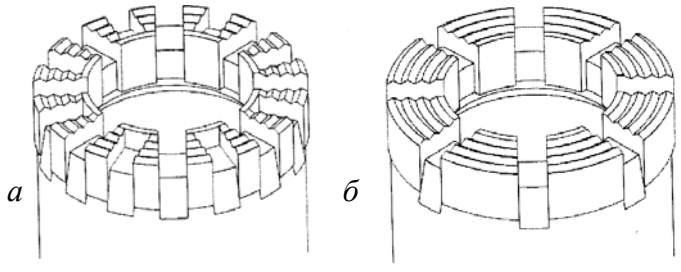


Рис. 1.49. Геометрия торца импрегнированных алмазных коронок *Alpha Bit* компании *Boart Longyear* типа *Express* с дополнительными каналами на торце (*а*) и стандартного типа (*б*)

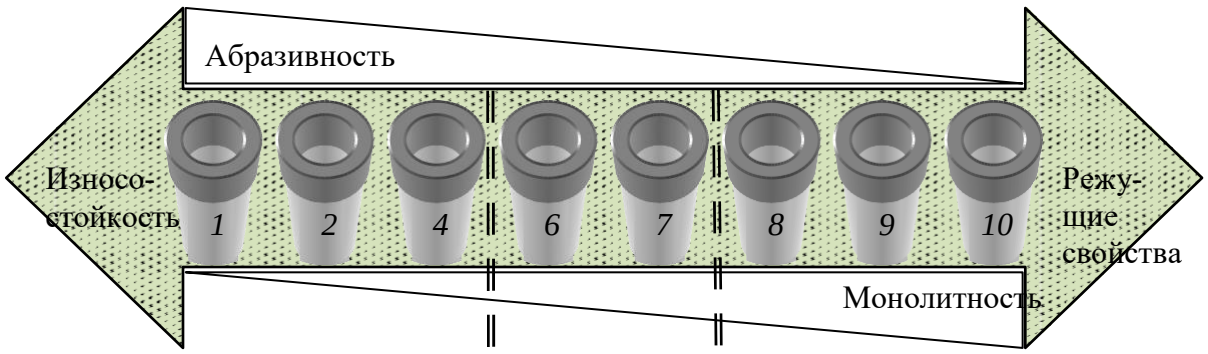
На первом этапе работы коронки действуют все три «этажа» матрицы, пропуская жидкость. При этом нижние окна обеспечивают проход жидкости для удаления шлама с забоя скважины. По мере срабатывания матрицы площадь, а затем и число каналов уменьшаются, а на заключительном этапе, когда в работе находится только последний «этаж» матрицы, работают только три оставшиеся промывочные каналы.

Сравнительные испытания коронок типа *Alpha Stage*3 и *Alpha Extended Crown* с высотой матрицы 12 мм показали, что интервал бурения первыми коронками в очень твердых породах составил 126–130 м, вторых 40–41 м. При бурении пород средней твердости соотношение длины проходки этими коронками составило соответственно 400–500/140–150 м.

Низкая (6,5, 8,0 мм) и стандартная (9,5 мм) высота матрицы используется для коронок, срок службы которых не влияет на количество операций спуска и подъема, а также если ожидается значительный износ коронки по диаметру. Для снарядов со съемным керноприемником обычно рекомендуются коронки с очень высокой матрицей (12 мм) и суперматрицей (16 и 25 мм).

Для импрегнированных коронок основным является W-профиль, эффективный за счет образования свободных поверхностей разрушения горной породы, что способствует ее разрушению.

Методика выбора коронок типа *Alpha* (рис. 1.49) компании *Boart Longyear* рассмотрена на рис. 1.50. Эти коронки выпускаются со значительным числом модификаций и оснащены алмазами в оболочке из хрома, что повышает прочность соединения их с матрицей и эксплуатационные показатели инструмента.



ТИП ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Мягкая и средней твердости:	*Твердая:*	*Очень твердая:*
андезит, перидотит, пегматит, сланец, выветрелый гранит и др. выветрелые твердые породы	кварцит, гнейс, гранит, риолит, диорит, габбро	джаспелит, таконит, кварц, роговик

Рис. 1.50. Технологическая схема выбора алмазных импрегнированных коронок *Alpha Bit* компании *Boart Longyear*: 1) коронки с матрицами от 6 до 10 серии могут изготавливаться с дополнительными каналами на торце (*Express*) и увеличенной высотой матрицы (*Extended Crown*); 2) коронки могут изготавливаться с увеличенной шириной промывочных окон (*Super-Flush*) и дополнительными торцевыми промывочными отверстиями (*Face Discharge*); 3) для бурения твердых и одновременно абразивных, а также трещиноватых горных пород коронки стандартной серии 6,7 и 8 изготавливаются с более твердой и прочной матрицей в версии *Abrasive*; 4) для бурения очень твердых горных пород коронки стандартных серий 6, 7, 8, 9 и 10 изготавливаются в версии *Competent.*

Как следует из представленного (рис. 1.50) материала, методика выбора алмазной коронки компании *Boart Longyear* аналогична методике компании *Atlas Copco* и основывается на разделении горных пород по абразивности, монолитности (твердости) и трещиноватости.

При управлении процессом бурения для каждого типа коронки компаниями *Atlas Copco* и *Boart Longyear* рекомендуется рациональная частота вращения, выбор которой определяется по линейной скорости в пределах 2–5 м/с, и усилие подачи, которое должно обеспечить определенную скорость проходки. Критерием оптимального управления алмазным бурением является значение показателя *RPI* (число оборотов на сантиметр подачи).

Таблица 1.3.

Пример выбора параметров режима бурения в соответствии с управлением по методике рациональной *RPI*

Типоразмер коронки	Расход промывочной жидкости, л/мин	Частота вращения, мин$^{-1}$	Скорость бурения см/мин при *RPI*, об/см		Осевая нагрузка, даН
			80	100	
BQ – 59,6 мм	23-30	1 700	22	17	900–2 300
		1 000	13	10	
		700	9	7	
NQ – 75,3 мм	30-38	1 350	17	14	1 400–2 700
		800	10	8	
HQ – 96,1 мм	38-45	1 000	13	10	1 800–3 600
		600	8	6	
PQ – 122,6 мм	68-87	800	10	8	2 300–4 500
		600	6	5	

В табл. 1.3. приведены рекомендуемые параметры режима бурения импрегнированными коронками компании *Boart Longyear*, выбираемые в соответствии с критерием *RPI.*

Например, при частоте вращения 1 200 мин$^{-1}$ и скорости проходки 6 дюймов (15 см) показатель *RPI* составит 1 200/15 = 80. Управление процессом бурения осуществляют, ориентируясь на *RPI* = 80–100, но считаются допустимыми и более высокие скорости проходки, для которых *RPI* = 60–50. В данном случае критерием выбора параметров режима бурения и скорости углубления является износостойкость инструмента.

1.5.3.Динамические нагрузки на алмазы в процессе разрушения горных пород

Повышенная хрупкость алмаза делает его очень чувствительным к вибрации. При сильной вибрации ресурс алмазного бурового инструмента может снижаться в десятки раз по сравнению с инструментом, отработанным без наложения вибрации.

Вибрации бурового инструмента возникают из-за неравномерности разрушения горной породы и несовершенств самого инструмента, например вследствие неперпендикулярности торца, несовпадения осей корпуса, матрицы, резьбы и др.

Как правило, колебания инструмента происходят с частотой, кратной частоте вращения снаряда. Так, при частоте вращения колонны 200–800 мин$^{-1}$ алмазная коронка претерпевает от 3,3 до 13,3 колебаний в секунду [14]. Колебания инструмента приводят к динамическим нагрузкам на алмазы. Исследования динамических усилий, возникающих при разрушении горной породы единичным алмазом, показали [12], что процесс разрушения горной

породы резанием-скалыванием происходит скачкообразно. Амплитуда как осевого, так и тангенциального усилий разрушения непрерывно меняется. Причем каждому импульсу силы на осциллограмме (рис. 1.51) соответствует единичный акт разрушения горной породы. Запись единичных актов разрушения при больших скоростях позволяет утверждать, что по внешнему виду осциллограмма единичного акта разрушения во многом сходна с графиком разрушения упругохрупкой породы индентором.

При этом рассмотрение каждого отдельного импульса на осциллограмме (рис. 1.51) показывает, что нагрузка на алмазе возрастает от минимальных до максимальных значений в сотые и тысячные доли секунды. По существу, каждый импульс на осциллограмме соответствует микроудару алмаза по горной породе.

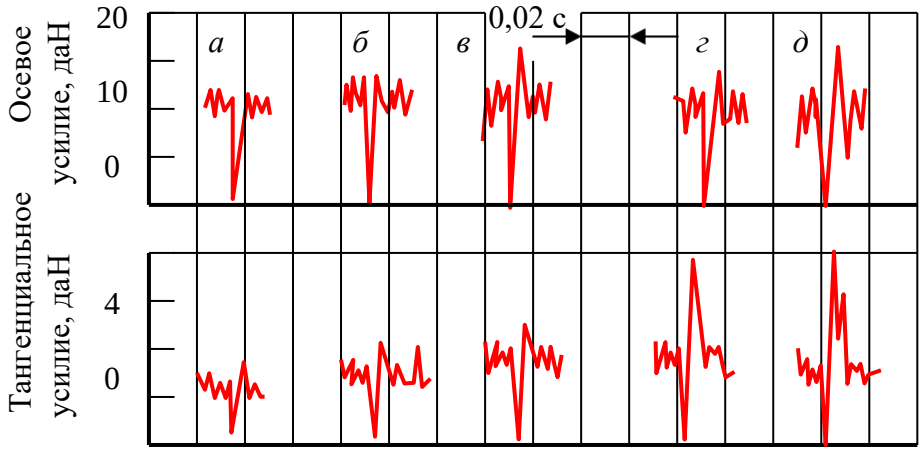


Рис. 1.51. Осциллограммы микроударов алмаза при пересечении трещины на различной глубине резания альбитофира (твердость 2 760 МПа, коэффициент пластичности 1,5), мм: *а* – 0,05; *б* – 0,75; *в* – 0,1; *г* – 0,13; *д* – 0,15.

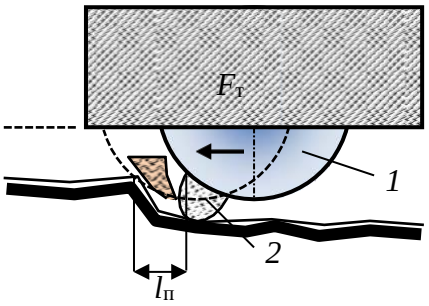


Рис. 1.52. Схема работы алмазного резца

Таким образом, в твердых упругохрупких и хрупких породах разрушение происходит циклически: микроудар – холостой ход – микроудар – холостой ход и т. д.

Динамический характер разрушения связан прежде всего с тем, что, произведя скалывание породы передней гранью и создав относительно свободное пространство перед собой, алмаз определенный участок пути $l_п$ может пройти вхолостую, а затем, достигнув неразрушенной породы на пути своего движения, вновь столкнуться с породой, испытывая при этом динамические нагрузки (рис. 1.52).

В табл. 1.4. приведено соотношение динамических, тангенциальных и осевых усилий разрушения, а также импульс силы при разрушении хрупкого мигматита (твердость 3 000 МПа, коэффициент пластичности 1).

При проведении эксперимента наряду с микроударами при резании-скалывании монолитной породы фиксировался микроудар алмазного резца при пересечении открытой трещины.

Представленные данные показывают, что алмаз воспринимает в зависимости от частоты вращения инструмента от 300 до 700 микроударов в секунду, но с увеличением скорости перемещения резца количество микроударов на единицу пути уменьшается. Сила удара, воспринимаемого алмазом при пересечении трещины, зависит от твердости горных пород и глубины его внедрения в породу (рис. 1.52).

Таблица 1.4.

Зависимость изменения характеристик микроудара алмаза по горной породе от нагрузки и скорости резания.

Частота вращения, мин$^{-1}$	Осевая нагрузка, даН			Тангенциальное усилие, даН			Импульс силы при пересечении трещины, даН		Продолжительность импульса, с
	min	max	Импульс силы, даН	min	max	Импульс силы, даН	Осевая сила, даН	Тангенциальное усилие, даН	
120	4,2	7,1	2,9	1,4	3,2	1,8	7,3	4,0	0,003
	4,9	7,9	3,0	2,0	4,0	2,0	6,25	4,25	0,003
	6,1	8,9	2,7	2,3	3,4	1,1	7,25	4,3	0,002
	6,9	12,2	5,3	2,1	4,5	2,4	9,5	5,4	0,004
	7,25	12,75	5,5	2,9	3,15	1,25	15,0	5,7	0,004
	8,5	11,2	2,7	2,5	3,5	1,0	9,5	5,0	0,004
375	4,5	7,0	2,5	1,5	3,1	1,6	7,25	4,7	0,002
	5,3	8,6	3,25	2,0	3,5	1,5	6,5	4,3	0,002
	5,5	8,0	2,5	2,1	3,1	1,0	5,6	3,25	0,0015
500	3,75	6,05	2,3	1,6	2,8	1,2	5,25	3,4	0,002
	5,5	7,0	1,5	1,6	3,0	1,4	5,75	3,8	0,002
	5,75	7,5	1,75	2,0	3,0	1,0	5,75	3,2	0,001
700	6,5	8,7	2,2	2,0	3,0	1,0	6,5	2,8	0,0016
	6,8	8,3	1,5	2,0	2,9	0,9	7,0	3,0	0,0016
	7,0	9,3	2,3	2,1	3,1	1,0	7,6	4,4	0,001

При ширине трещины, равной или несколько превышающей размер внедрившейся части алмаза, в момент пересечения трещины нагрузка на алмаз падает до нуля, а затем резко возрастает. С увеличением глубины внедрения алмаза в породу (повышение осевой нагрузки на резец) меняется амплитуда колебаний усилий до 1,5–2 раз. Отсюда следует, что максимальные динамические нагрузки на алмазный резец возникают при разрушении более твердого габбро, а при разрушении перидотита не наблюдается значительных колебаний осевого и тангенциального усилий.

Наличие трещины приводит к значительным перегрузкам на резец, которые особенно заметны на фоне незначительных динамических колебаний осевого и тангенциального усилий при разрушении перидотита.

Горная порода является диссипативной системой, что приводит к поглощению энергии ударного столкновения алмаза с ней. Влияние *диссипативных* свойств породы можно учесть через коэффициент внутреннего трения горной породы, который равен tg $\varphi_п$.

Диссипация (от лат. *dissipatio* – рассеяние) – *явление рассеивания механической энергии при движении, деформировании с переходом кинетической энергии в тепловую.*

Бурение в трещиноватых горных породах имеет ряд особенностей. Значительное влияние на процесс бурения в трещиноватых горных породах оказывает оптимальное сочетание режимных параметров, в первую очередь осевой нагрузки на буровой инструмент и частоты вращения.

Экспериментальными исследованиями и данными практики установлено, что осевая нагрузка на буровую коронку и частота вращения снаряда должны снижаться по мере увеличения степени трещиноватости пород до 50 % от значений, принятых для монолитных пород. Это связано с тем, что при появлении трещиноватости горных пород изменяется механизм их разрушения.

Трещины способствуют развитию деформаций в породе, возрастает объем разрушенной породы при подходе резца к трещине, увеличивается и размер разрушенных частиц породы (рис. 1.53). При подходе резца к трещине наблюдается расширение и углубление борозды разрушения в 1,5–2 раза.

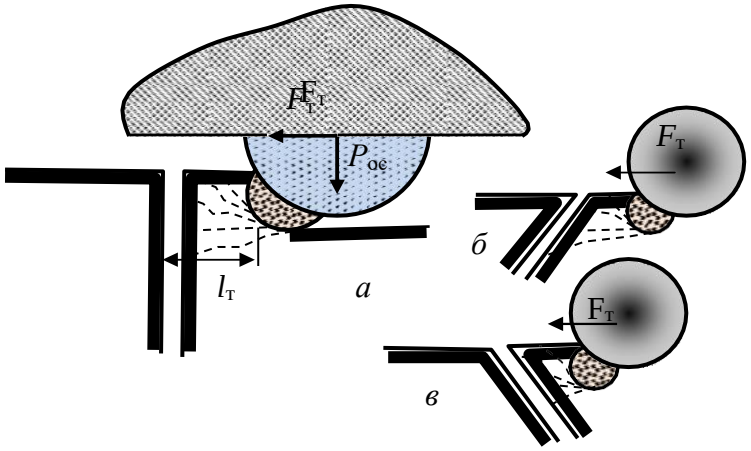


Рис. 1.53. Схемы, поясняющие процесс разрушения породы резцом перед трещиной

Таким образом, наличие трещин способствует разрушению горной породы. Степень понижения прочности забоя скважины определяется размером трещины, их количеством на единице площади забоя и ориентацией по отношению к забою скважины.

В то же время работа резца, пересекающего трещину, как уже отмечено выше, носит чрезвычайно динамический характер, так как скол породы при подходе к трещине обеспечивает резцу «пробег» на интервале $l_т$ без какого-либо сопротивления до противоположного борта трещины (рис. 1.53, *а*), а при встрече резца с бортом трещины происходит удар, в результате которого может произойти слом резца.

Особенно чувствительны к подобным ударным нагрузкам буровые инструменты резцового типа – твердосплавные коронки, лопастные долота и алмазные буровые коронки.

Импульсный характер процесса бурения трещиноватых горных пород приводит к тому, что тангенциальное усилие на резце в момент пересечения им открытой трещины резко изменяется.

Наиболее значительные ударные нагрузки на резцы инструмента будут в случаях, при которых плоскость трещины или перпендикулярна направлению движения резца (рис. 1.53, *а*), или, если плоскость трещины наклонена по направлению движения резца (рис. 1.53, *б*). В случае если плоскость трещины ориентирована в направлении перемещения резца, динамический характер работы резца будет несколько снижен (рис. 1.53, *в*), поскольку он пересекает трещину по касательной.

С увеличением трещиноватости горных пород за счет снижения прочности забоя и увеличения количества ударов и энергии каждого удара начинает расти механическая скорость бурения, но одновременно с этим увеличивается и сила ударов по резцам, что может приводить к интенсивному износу алмазных коронок, сколам и выкрашиванию алмазных резцов. Снижение динамической нагрузки на резцы буровых коронок следует осуществлять прежде всего за счет уменьшения частоты их вращения. Снижение частот вращения, особенно при алмазном бурении, следует определять исходя из допустимой

энергии удара алмазов при пересечении ими трещин с учетом количества или размеров самих трещин.

1.6. Разрушение горных пород шарошечными долотами

1.6.1. Конструкции и вооружение шарошечных долот

Одним из наиболее распространенных буровых инструментов, предназначенных для бурения горных пород различной твердости – от мягких до самых твердых, без отбора керна и с отбором керна, являются шарошечные долота.

Шарошечное долото создано в конце XIX – начале XX в. Долото с коническими шарошками запатентовано Говардом Хьюзом (США) в 1909 г.

Шарошечное долото (рис. 1.54) состоит из корпуса с резьбой *1*, лап *2* и шарошек *3*, размещаемых на осях – цапфах *4*. Шарошки 3 имеют вооружение в виде армированных зубьев *5*. При вращении корпуса долота *1* с лапами *2* шарошки *3* вращаются вокруг цапф 4. Поэтому между шарошками *3* и цапфами *4* размещают шариковые или роликовые подшипники *6*, а в долотах малого размера применяют подшипники скольжения. Очистной агент подается к забою по каналу *7*. Отверстие *8* предназначено для доставки в канал между шарошкой *3* и цапфой *4* шариков подшипника *6*, которые, выполняя функцию подшипника, служат также в качестве фиксаторов шарошки *3* на цапфе *4*. После сборки долота канал *8* закрывают.

Уникальность этого инструмента состоит в сочетании ударного, раздавливающего и скалывающего действией, реализуемых одновременно, что позволяет успешно бурить как мягкие и пластичные, так и твердые и хрупкие горные породы.

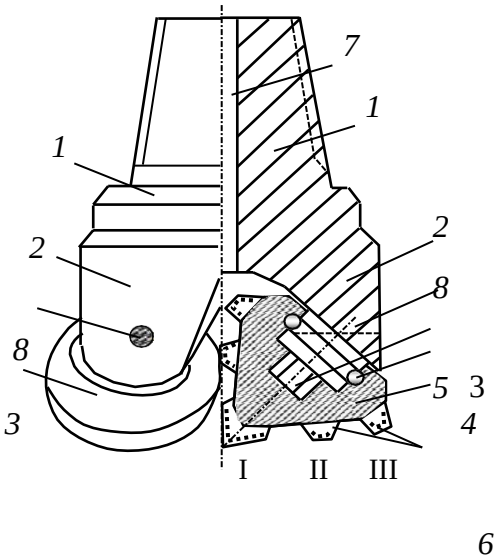


Рис. 1.54. Схема трехшарошечно- го долота с центральным промывочным каналом, зубчатым вооружением и опорой качения на подшипниках

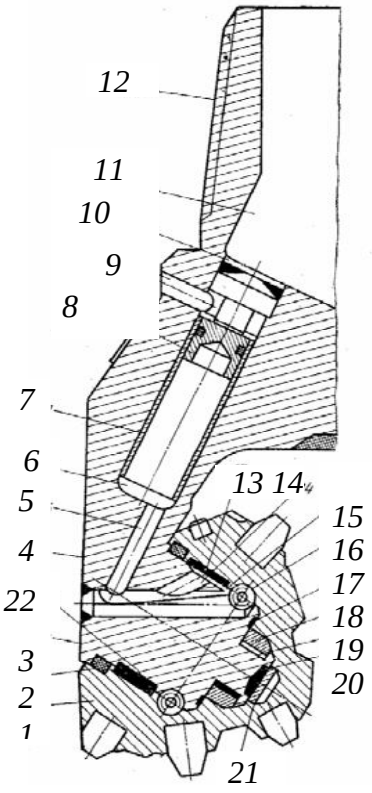


Рис. 1.55. Долото с герметизированной маслонаполненной опорой

При вращении долота шарошки перекатываются по забою, опираясь (каждая из них) на породу то одним, то двумя зубьями. Таким образом, одновременно в контакте с породой находятся несколько зубьев шарошки, а остальные остаются как бы в резерве. Если сопоставить вооружение шарошечного долота с инструментом режущего типа, например лопастным долотом, можно убедиться, что запас вооружения у шарошечного долота увеличивается в десятки раз, хотя удельное давление на забой при равной осевой нагрузке при этом остается прежним.

Зубья шарошечного долота находятся в контакте с горной породой весьма короткое время, а выйдя из контакта, интенсивно охлаждаются промывочной жидкостью. Это позволяет резко увеличить удельную мощность, реализуемую зубьями, по сравнению с резцами режуще-скалывающего инструмента, без опасности развития катастрофического изнашивания вооружения.

Ресурс шарошечных долот определяется довольно часто не стойкостью вооружения, а износостойкостью опор вращения шарошек. Для повышения ресурса шарошечных долот большого размера применяют герметизирующие подшипниковые узлы уплотнения, а также долота с маслонаполненными под давлением опорами.

На рис. 1.55 приведена схема долота с герметизированной маслонаполненной опорой серии *L* французской фирмы *Creusot-Loire*.

Долото имеет герметизированную опору благодаря наличию манжеты *2*, перекрывающей зазор между шарошкой *1* и цапфой *3*. В состав герметизированной системы, заполненной смазкой, входят просверленные в лапе *4* смазочный соединительный канал *5* и лубрикатор *6*. В лубрикаторе *6* установлены гидроцилиндр *7* с поршнем *8*, которые образуют компенсатор, обеспечивающий автономную подачу смазки из лубрикатора *6* и гидроцилиндра *7* через канал *5* к элементам опоры в процессе бурения под действием нисходящего потока промывочной жидкости. Для выравнивания давлений, действующих с одной стороны на манжету *2*, а с другой – на поршень *8*, просверлен отводной канал *9*, сбрасывающий часть жидкости, поступающей в верхнюю часть *10* лубрикатора над поршнем из внутренней полости 11 резьбовой головки *12* долота. К фрикционным поверхностям *13* и *22* большого подшипника смазка подводится от соединенного канала *5* через канал *14*, а к шариковому замковому подшипнику *16* через канал *15*. Под шариковым подшипником *16* предусмотрен дополнительный торцевой подшипник *17* скольжения. Малый фрикционный узел со стороны шарошки выполнен вставной фрикционной втулкой *18*, а со стороны цапфы 3 – поверхностью 19, армированной защитным покрытием таким же образом, как и в зоне большого подшипника, по нижнему нагруженному сегменту. Защитным покрытием армируется и концевой торец *20* цапфы, контактирующий с подпятником *21*, запрессованным в шарошку.

Защита подшипниковых опор шарошечного долота является одной из важнейших задач при его работе в условиях высокой температуры и давления, воздействия корозионных пластовых флюидов и промывочной жидкости.

Примером современного решения по созданию герметизированных опор шарошечных долот является двойное сальниковое уплотнение долот *Gemini R*, производимых компанией *Smith bits* (рис. 1.56).

Система двойного сальникового уплотнения *Gemini R* является наиболее долговечной и надежной среди подобных. Она состоит из первичного уплотнительного кольца для защиты подшипников и вторичного, обеспечивающего защиту первичного сальникового уплотнения. Первичное уплотнение новой конструкции усилено по динамическим поверхностям особым износостойким эластомером и новым энергоемким материалом, обладающим постоянным давлением в зоне соприкосновения. Первичное кольцо пулевидной формы имеет широкий поперечный профиль и обеспечивает максимальную защиту подшипника.

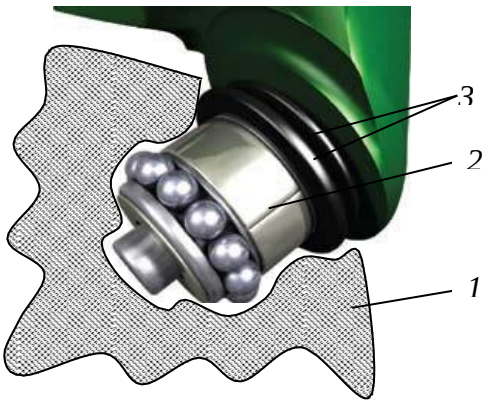


Рис. 1.56. Долото с двойным сальниковым уплотнением опоры качения:
1 – шарошка; *2* – цапфа; *3* – сдвоенные сальники.

Вторичное уплотнительное кольцо также изготавливается из нескольких специально разработанных материалов и предназначено для защиты подшипникового уплотнительного кольца от абразивного воздействия твердых частиц, присутствующих в скважинных флюидах. Специально разработанный термостойкий материал *Kevlar* расположен на торцевой поверхности уплотнения в зоне контакта герметичного кольца и цапфы. Он обеспечивает повышенный уровень износостойкости, а также защиту от абразивного воздействия скважинных жидкостей.

Эластомерная матрица обеспечивает упругость и превосходные уплотняющие свойства. Хотя уплотнительные кольца функционируют независимо друг от друга, в паре они создают превосходную герметизацию подшипникового узла и надежную работу в условиях высокой частоты вращения инструмента, больших нагрузок на долото, при проходе участков со значительным искривлением ствола, повышенном содержании твердой фазы в буровом растворе и высоком забойном давлении. Долота могут иметь 1, 2, 3, 4 и более шарошек. Основными являются трехшарошечные долота (рис. 1.57).

По назначению шарошечные долота разделяются на следующие основные виды:

- для бескернового вращательного бурения;
- бурения с отбором керна (колонковые долота);
- бурения с продувкой;
- специального назначения.

Для производства буровых работ выпускаются бескерновые шарошечные долота следующих типов: М (для мягких пород), МЗ (для мягких абразивных), МС (для мягких пород с пропластками пород средней твердости), МСЗ (для мягких абразивных пород с пропластками пород средней твердости), С (для горных пород средней твердости), СЗ (для абразивных пород средней твердости), СТ (для горных пород средней твердости с пропластками твердых пород), Т (для твердых пород), ТЗ (для твердых абра- зивных пород), ТК (для твердых горных пород с пропластками крепких пород), ТКЗ (для абразивных твердых пород с пропластками крепких пород), К (для крепких пород), ОК (для очень крепких горных пород).

Все перечисленные долота подразделяются на две группы, которые отличаются как по характеру взаимодействия и разрушения горной породы на забое, так и конструктивному исполнению рабочих породоразрушающих органов – шарошек долота.



Рис. 1.57. Трехшарошечные долота: *а* – для бурения мягких горных пород с фрезерованными на шарошках зубьями; *б*, *в* – для бурения средних по твердости и твердых горных пород с твердосплавными по- родоразрушающими вставками; *1* – траектории движения венцов шарошек долота; *2* – сопло для выхода промывочной жидкости с боковым расположением; *3* – шарошки; *4* – лапы долота; *5* – резьба.

Первая группа – долота с зубчатыми шарошками, производящие раздавливающее-дробящее-скалывающее воздействие (долота типа М, МЗ, МС, МЗС, СЗ). Раздавливание, дробление и скалывание породы реализуется при качении шарошки по забою, а вследствие проскальзывания (поступательного движения шарошки без вращения на оси) осуществляется дополнительное резание-скалывание породы.

Как следует из характеристики процесса разрушения горной породы шарошечным долотом, статические формы разрушения (раздавливание) сочетаются с динамическими (скалывание), в том числе с ударными (дробление), что и делает шарошечные долота универсальными инструментами для бурения самых различных по твердости горных пород.

Разрушение горных пород шарошечными долотами может производиться при различных соотношениях режуще-скалывающего и дробящего воздействия. Чтобы создать долота, производящие на горную породу только ударные – дробящие нагрузки, необходимо придать шарошкам такую геометрическую форму, при которой последние осуществляли бы чистое качение. Этим условиям соответствует одноконусная шарошка с образующими, пересекающимися на оси долота. Любое отклонение от указанной геометрии приводит к проскальзыванию шарошек при вращении долота на забое.

Проскальзывание шарошек является важным показателем конструкции долота, который оценивается коэффициентом проскальзывания ($К_{пр}$) – отношением длины траектории проскальзывания зубца за один оборот долота на забое к длине концентрической окружности на забое скважины, по которой перемещается зубец при вращении долота. Проскальзывание достигается за счет формы шарошек и углового или продольного смещения осей вращения шарошек от оси долота. Например, для долот с

конусными шарошками $К_{пр}$ = 0, для двух-, трех- конусных шарошек $К_{пр}$ = 0,05–0,1, для бочкообразных $К_{пр}$ = 0,1–0,15, для долот со смещением осей шарошек от оси долота коэффициент проскальзывания может достигать 0,3 . Значит, в последнем случае почти треть пути по забою зубцы шарошек осуществляют поступательное перемещение как зубцы твердосплавных коронок и долот и только две трети пути по забою перекатываются, совершая дробяще-скалывающее и раздавливающее воздействие на горную породу.

Вооружение шарошек долот первой группы выполняется зубчатым. Зубцы фрезеруются непосредственно на шарошке и армируются наплавляемым твердым сплавом.

Долота, предназначенные для бурения абразивных пород, имеют вооружение в виде запрессованных в шарошки твердосплавных вставок с клиновидной формой рабочей поверхности.

Вторая группа – долота с увеличенным дробящим воздействием на породу и минимальным проскальзывание шарошек (СТ, Т, ТЗ, ТКЗ, К, ОК). Именно поэтому у долот этого типа в основном одноконусные шарошки, установленные в долоте без смещения осей вращения. При этом шарошки долот типа СТ и Т выполняются зубчатыми, ТК, К, ОК армируются твердосплавными вставками со сферическими торцами, а шарошки долот типа ТЗ и ТКЗ имеют комбинированное вооружение – зубья чередуются с твердосплавными вставками.

Шарошечные долота могут оснащаться гидромониторными насадками, повышающими скорость истечения струй промывочной жидкости из центрального канала долота, для улучшения очистки забоя и шарошек от продуктов разрушения.

Как уже отмечено, породоразрушающими элементами шарошек могут быть зубья или твердосплавные вставки с клиновидной, шарообразной и др. формами рабочих поверхностей.

Зубья и вставки на шарошках долота располагают венцами. Венцы и зубья со вставками в них располагают таким образом, чтобы за один полный оборот долота вся поверхность забоя была покрыта зонами разрушения.

Зубья шарошек могут иметь различную геометрическую форму. Наиболее типичной является клиновая с площадкой притупления на вершине зуба (рис. 1.58). Зубья шарошек характеризуются определенными параметрами: α – углом приострения зуба; *a* – шириной площадки притупления; *b* – длиной зуба; *H* – высотой зуба; *S* – шагом расстановки зубьев.

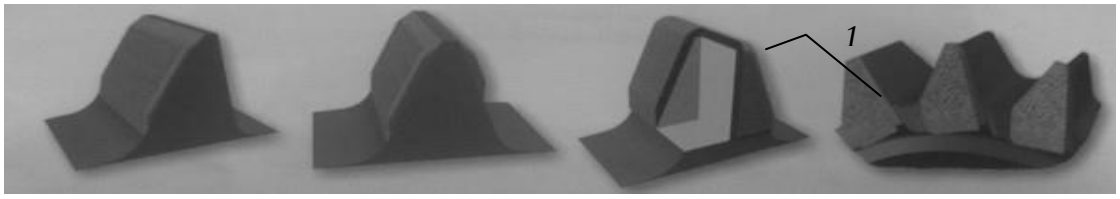


Рис. 1.58. Формы фрезерованных зубьев шарошечных долот:
1 – наплавляемый твердый сплав

Элементы вооружения (зубья или вставные зубки-вставки) располагаются на шарошках таким образом, чтобы предотвратить образование
«рейки» на забое и обеспечить полное перекрытие. Имеется вариант исполнения вооружения по самоочищающейся схеме, когда зубья соседних шарошек входят в бесконтактное зацепление, подобно двум шестерням в механической передаче, но без взаимодействия (рис. 1.59). Подобная схема выполняется с целью очистки шарошек и особенно пространства между зубьями от налипающей горной породы.

Долота оснащаются твердосплавными вставками, например разработанными компанией *Hughes Tool Company* (рис. 1.60). Каждая вставка имеет цилиндрическое основание со скошенной у нижнего торца фаской. Рабочая головка вставки может иметь

различную форму в зависимости от назначения вставки. Так, вставка с круглой (овоидальной) головкой (рис. 1.60, *а*) предназначена для скалывания и дробления породы, поэтому она применяется для оснащения долот при бурении очень твердых горных пород (ОК).

Зубок со сводчатой формой (рис. 1.60, *б*) используется в долотах, предназначенных для бурения твердых (Т) и крепких (К) горных пород. Высота головки несколько больше, чем у предыдущей вставки, поэтому при перекатывании шарошки зубок внедряется в породу на бóльшую глубину, а это возможно в породах менее твердых, чем разбуриваемые вставкой с круглой головкой. Воздействие на породу со стороны шарошки в этом случае так же дробяще-скалывающее.

Вставка со сводчато-черпаковидной головкой (рис. 1.60, *в*) характеризуется еще большей высотой. Кроме дробления-скалывания она благодаря черпаковидной выемке производит и механическое извлечение разрушенной породы из лунок забоя. Предназначена такая вставка для бурения горных пород средней (С) твердости.

Коническая рабочая головка вставки (рис. 1.60, *г*) способствует дробящему воздействию на породу, но она производит также и небольшое скребуще-режущее воздействие, а поэтому применяется для оснащения долот, предназначенных для бурения горных пород средней (С) твердости. Зубиловидная головка вставки (рис. 1.60, *д*) характеризуется пересечением граней под углом 90º. Она предназначена для разрушения горных пород средней (С) твердости дроблением и скалыванием.

Долотовидная вставка (рис. 1.60, *е*) с затуплением вершины предназначен для разрушения горных пород средней (С) твердости и мягких (М) и характеризуется наряду с дроблением-скалыванием также и скребущим действием.

Клиновидно-коническая вставка (рис. 1.60, *ж*) характеризуется весьма значительным закруглением вершины и может применяться для бурения горных пород средней твердости (С) и мягких (М).

Вставка с черпаковидной головкой и со смещением вершины (рис. 1.60, *з*) предназначена для разрушения преимущественно мягких (М) и рыхлых горных пород. Зубок обеспечивает фрезерующе-сребущее воздействие на породу и извлечение из лунок забоя разрушенных осколков породы, предотвращая их многократное перемалывание. Высота этого зубка максимальна.

Черпако-долотчатая вставка (рис. 1.60, *и*) обладает теми же свойствами, что и предыдущий, но характеризуется бóльшим притуплением его вершины и меньшей высотой, что допускает возможность его применения для разрушения более плотных пород, т. е. средней (С) твердости.

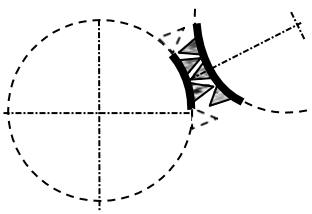


Рис. 1.59. Исполнение вооружения шарошек по самоочищающей схеме

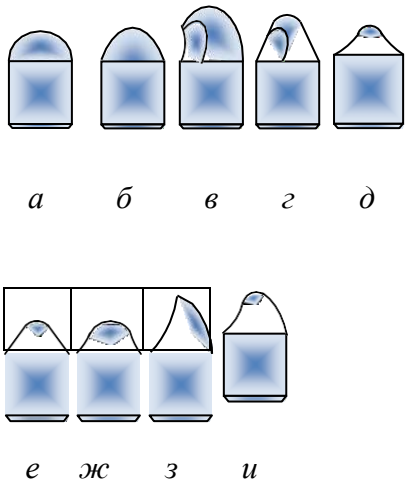


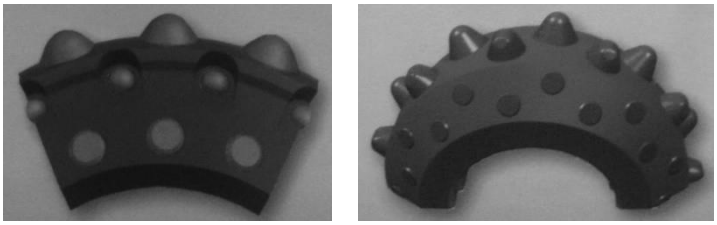
Рис. 1.60. Разновидности вставок, применяющихся в долотах

У долот фирмы *Hughes Tool Company* также выполняется усиление калибрующего вооружения твердосплавными вставками, преимущественно овоидальной формы, устанавливаемыми через один-два фрезерованных зуба. При этом вершина фрезерованного зуба срезается и в образуемой площадке ближе к тыльной стороне высверливается гнездо под вставку. Такое усиление называют «Heel Pac», т. е. упрочнение пяты – тыльной части шарошки (рис. 1.61).

Для повышения эффективности разрушения горных пород применяют долота с венцами, зубья которых имеют различную длину торцевых площадок. Такие долота получили название долот с волнообразными венцами. Ресурс этого долота и скорость бурения увеличены за счет скола зубьями более крупных частиц породы: более острые зубья *1* проникают в породу на бóльшую глубину, а более широкие зубья *2* скалывают боковые поверхности лунок, образовавшихся от ударов острых зубьев *1* (рис. 1.62). Обязательным условием при конструировании шарошечных долот является создание достаточно долговечной опоры шарошек. С этой целью трущиеся детали долот выполняются из высококачественных сталей и подвергаются специальной термообработке. Особенно сложной представляется задача создания долговечных опор качения шарошек у долот диаметром 76, 59 и 46 мм в связи с резким снижением прочностных характеристик всех деталей и трудностью использования шариковых затворов шарошек, вызванными малыми размерами цапф, лап и низкой прочностью шариков приемлемых размеров.

В связи с этим для бурения скважин диаметром 76–46 мм в Среднеазиатском НИИ геологии и минерального сырья предложена оригинальная и эффективная конструктивная схема малогабаритного долота, получившего маркировку ДДА (долото двухшарошечное асимметричное). Долота ДДА-46, 59, 76 и 93 предназначены для бурения твердых и очень твердых горных пород.

Долото ДДА (рис. 1.63) состоит из корпуса с резьбой *1* из двух секций, соединенных сварными швами *2*. На цапфах *3* корпуса смонтированы шарошки *4* полусферической формы, армированные цилиндрическими зубками *5* из твердого сплава ВК8. Опора долот (цапфа *3*, шарошка *4*) представлена подшипником скольжения, что позволяет выполнить её конструктивно более прочной, так как не требуется размещение на опоре шариков и роликов подшипниковых узлов. Шарошки долота *4* закрепляются на лапах распорным *V*-образным пальцем *6* с упорными буртами, который своими концами вставляется в отверстия пустотелых цапф *3*, создавая, таким образом, дополнительную опору.



а *б*

Рис. 1.61. Варианты усиления тыльной части шарошек долот: *а* – калибрующие вставки и один ряд вставок для защиты; *б* – два ряда вставок для защиты

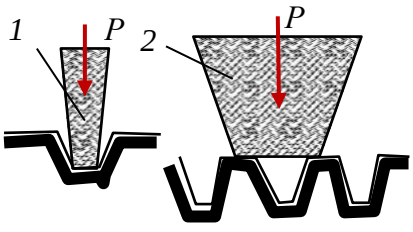


Рис. 1.62. Схема поражения забоя шарошечным долотом с зубьями в венце различной ширины

В этом случае шарошки *4* размещены в долоте не консольно, как это принято по основной схеме, а в пределах замкнутого контура «цапфа *1* – *V*-образный палец-лапа *2*», что существенно повышает прочность долота и практически исключает отделение шарошек от корпуса при бурении. Угол наклона цапф *6* к оси долота 65º. Детали долота изготавливаются из легированной стали и подвергаются термообработке, цементации, закалке и отпуску.

Исследования, выполненные при создании конструкции долота ДДА, показали, что проскальзывание является одним из основных факторов, интенсифицирующих процесс разрушения при бурении не только мягких и пластичных пород, но и твердых горных пород.

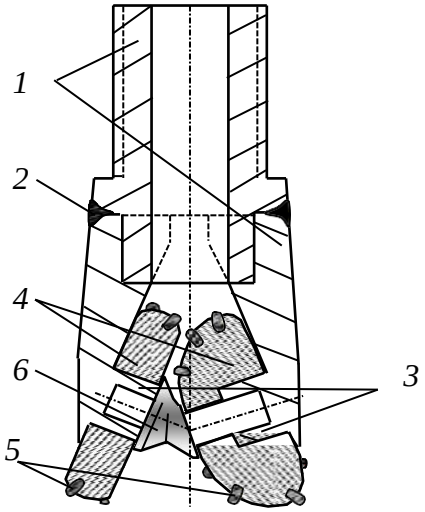


Рис. 1.63. Шарошечное долото ДДА

При бурении долотами типа ДДА достигается более высокая механическая скорость бурения при относительно равном ресурсе в сравнении с другими долотами, например трех- или двухшарошечными долотами типа К, конструкции СКБ Министерства геологии, которые выполнены по классической схеме.

1.6.2.Системы очистки забоя и интенсификация процесса разрушения при бурении шарошечными долотами

Поскольку при шарошечном бурении образуется большое количество продуктов разрушения (шлама), осколков и достаточно крупных обломков, эффективное разрушение горных пород шарошечными долотами возможно только при совершенной системе очистки забоя, под которой подразумевается система, обеспечивающая немедленное и полное удаление продуктов разрушения, образующихся в результате взаимодействия зубьев долота с породой из зоны породоразрушающего действия инструмента. Обломки породы, отделенные от забоя одним зубом, должны быть удалены до взаимодействия с породой следующего зуба таким образом, чтобы все породоразрушающие элементы долота постоянно контактировали только с породой забоя, не производя повторного измельчения разрушенной породы. В таком случае при определенном количестве затраченной на разрушение породы механической энергии скорость проходки будет максимальной. В другом случае часть энергии будет расходоваться бесполезно на разрушение уже образовавшихся, но не удаленных с забоя обломков породы.

Одной из причин уменьшения скорости бурения может быть зашламование долота, особенно при бурении пластичных пород. В шарошечных долотах шламом забивается пространство между зубьями и даже шарошками, а в алмазных инструментах – между

алмазными резцами и в каналах на торце.

Немедленное удаление шлама из призабойной зоны может быть достигнуто при обеспечении эффективной циркуляции промывочного раствора.

К факторам, определяющим эффективность циркуляции, относятся:

- расход жидкости;
- скорость истечения струи из промывочного канала или гидромониторного сопла;
- геометрия системы промывки долота: число и форма насадок (или отверстий), их расположение и расстояние до забоя;
- характеристики промывочной жидкости: плотность, содержание твердой фазы, фильтрационная способность, вязкость, смачивающая способность и др.;
- свойства разбуриваемых горных пород: прочность, проницаемость, пластовое давление.

Процесс промывки забоя можно условно разделить на три этапа:

- удаление обломков породы с поверхности забоя;
- вынос шлама из зоны действия зубьев долота в кольцевое пространство между буровым снарядом и стенкой скважины;
- транспортирование шлама по кольцевому пространству к устью скважины.

Достижение максимальных скоростей бурения возможно лишь при оптимизации всего процесса и параметров промывки, характеристик промывочной жидкости.

Определяющим для эффективной работы долота является этап быстрого удаления обломков после отделения их зубьями долота от массива породы. Эта задача решается применением той или иной системы промывки долот. В наиболее традиционных и часто применяемых для бурения трехшарошечных долотах используются три основные системы промывки: центральная, периферийная, комбинированная.

При центральной промывке буровой раствор поступает в призабойную зону через внутренний канал долота. Поток раствора омывает шарошки, очищая их от шлама, а затем достигает забоя, подхватывает шлам и через зазоры между лапами долота и стенкой скважины поступает в затрубное пространство. Часто вместо одного центрального канала создают три промывочных отверстия – одно для каждой шарошки долота. Скорость струй промывочной жидкости изменяется от 20–40 м/с.

При периферийной схеме промывки буровой раствор поступает в призабойную зону через отверстия между шарошками, причем струи направляются непосредственно на забой скважины. Здесь струи растекаются параллельно плоскости забоя, очищают поверхность забоя и зубья шарошек, после чего жидкость через зазор между долотом и стенкой скважины поступает в затрубное пространство. Обычно в промывочных отверстиях запрессованы сменные гидромониторные насадки (керамические или карбида вольфрама). Скорость струй раствора составляет 70–150 м/с. Комбинированная система промывки применяется в долотах большого диаметра. В данном случае сочетаются две первые схемы.

Примером комбинированной схемы промывки может быть гидродинамическая система долот компании *Smith bits*.

Для оценки потока жидкости в системе промывки *Typhoon* компании *Smith bits* применяется усовершенствованная расчетная модель гидродинамики жидкости (*CFD*), которая обеспечивает оптимизацию потока для более эффективной очистки шарошек, выноса бурового шлама, а также во избежание его повторного перемалывания. В системе промывки *Typhoon* используются как векторные (направленные) удлиненные насадки *VE* для очистки внешней части вооружения, так и насадки для очистки внутренней части вооружения *J*3 (рис. 1.64).

Векторные удлиненные насадки для очистки внешней части вооружения *VE* точно направляют поток жидкости к передней кромке шарошек, в то время как насадки *J*3 для очистки внутренней части вооружения распределяют потоки в пространство между шарошками. Совместное действие этих шести точно направленных насадок формирует режим потока, который улучшает путь прохождения и скорость бурового раствора. Это позволяет оптимизировать очистку резцов и вынос бурового шлама с забоя, что приводит к максимальному увеличению механической скорости бурения. В настоящее время система промывки *Typhoon* предлагается для долот с наружным диаметром 406 мм и более.

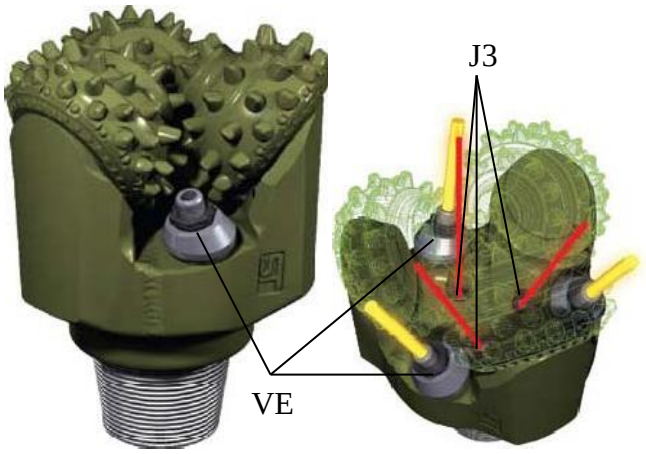


Рис. 1.64. Долота *Shamal Typhoon* компании *Smith bits* с тремя векторными насадками (VE) для очистки внешней части вооружения и тремя насадками для очистки внутренней части вооружения (J3).

Параметры, определяющие качество промывки забоя (средняя скорость струй, мощность, сила удара и динамическое давление струй, скорость параллельных забою потоков), имеют максимальное значение при небольшом расстоянии между насадкой и забоем.

Поэтому один из путей улучшения характеристик долот с периферийной системой промывки состоит в приближении насадок к забою скважины на расстояние, которое меньше длины ядра струи (в котором скорость струи постоянна). Это расстояние будет равно (4–6) d_o, где d_o – диаметр насадки в точке истечения раствора. Чаще всего расстояние размещения насадок составляет (10–20) d_o. Для размещения насадок используют специальные удлинители.

В долотах фирмы *Smit tul* расстояние от насадки до забоя составляет

38 мм – (2,5–4) d_o.

Другой способ повышения эффективности шарошечных долот заключается в применении асимметричной схемы промывки.

Например, известно применение долота (Бухарестский институт нефти и газа), в котором часть жидкости проходит через канал в одной из лап долота, через её цапфу и конус шарошки. Струя жидкости выходит почти параллельно плоскости забоя и при вращении долота смывает шлам из центральной зоны к периферии, откуда его легче удалять в затрубное пространство.

Во Франции разработано и испытано долото с двумя насадками (рис. 1.65), расположенными между шарошками, и одной, направленной вверх. Последняя, создает эжекционный эффект и ускоряет удаление шлама с забоя.

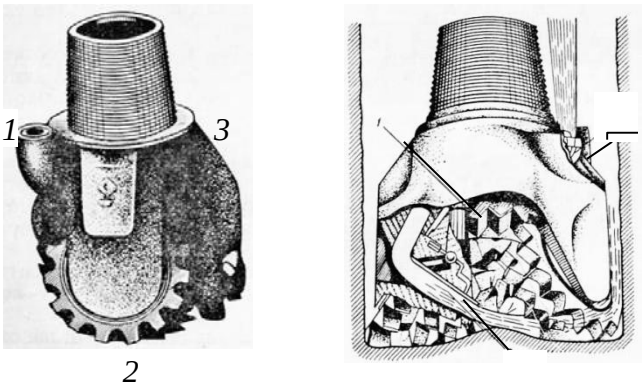


Рис. 1.65. Долота с гидродинамической насадкой, ориентированной вверх.

Эжектор (франц. *egoutteur* – выбрасывать) – *струйный насос, в котором жидкость перемещается (циркулирует), увлекаемая потоком (струей) жидкости или газа.*

Известно также применение долота с комбинированной асимметричной системой промывки: одна обычная периферийная насадка, один канал истечения струи через лапу и еще один промывочный канал, направленный вверх.

Результаты бурения долотами с асимметричной промывкой показали рост скорости проходки и ресурса вооружения и опор долота.

В малогабаритных долотах диаметром 112–46 мм традиционно применяется центральная система промывки забоя.

Гидромониторная струя жидкости, выходящая из сопла долота, распространяется в ограниченном пространстве. Расчет такой струи производится на основе теории затопленных струй.

Анализ показывает, что если струя жидкости к забою будет направлена по касательной, то её породоразрушающее действие может усилиться. В данном случае наибольший эффект может быть достигнут, если струя будет направлена по касательной непосредственно в зону работы зубца шарошечного долота.

Конструкция долот позволяет использовать удлиненные насадки и направлять струю под углом 15–25^{o} к забою в приконтакную зону зубьев шарошки с породой. В приконтактной зоне зуба долота с забоем порода деформирована зубьями, имеет выступы, которые образуются при внедрении в забой, и может быть легко разрушена струей жидкости.

При бурении более прочных пород – твердых и очень твердых, динамическое давление струи должно обеспечить сдвиг и отрыв от поверхности забоя частицы разрушенной породы.

При внедрении зуба шарошечного долота в породу на забое образуются магистральные трещины, направленные от ядра сжатия к поверхности забоя. Скалывание породы по направлениям развития магистральных трещин приводит к образованию лунок выкола. Препятствием этому является угнетающее давление, которое связано с действием гидростатического давления столба жидкости, пластового давления и динамического потока струй жидкости из промывочных каналов долота.

Для эффективного отделения (отслаивания) от забоя отколотых зубьями кусочков породы необходимо направить поток жидкости в зону разрушения по направлению именно в образующуюся трещину отрыва (рис. 1.66).

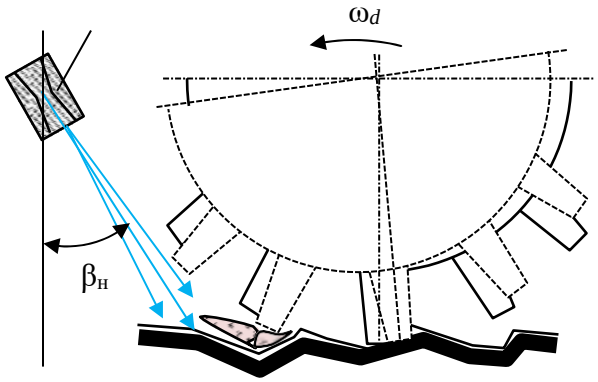


Рис. 1.66. Схема для определения рационального направления струи промывочного раствора из насадки .*1*

Представленная на рис. 1.66 модель интенсификации процесса разрушения твердой горной породы позволила повысить механическую скорость бурения на 30 %, а ресурс долот увеличить на 20 %.

1.7. Разрушение горных пород при вращательно-ударном, ударно-вращательном и ударном способах бурения

1.7.1. Разрушение горных пород при вращательно-ударном способе бурения

Эффективность вращательного бурения твердых горных пород алмазным и шарошечным буровым инструментом может быть существенно повышена за счет наложения высокочастотных ударных импульсов.

Вращательно-ударный способ бурения – это метод разрушения пород вследствие воздействия осевой нагрузки, крутящего момента, характерных для вращательного бурения, и динамической нагрузки, прилагаемой к буровому инструменту в режиме высокочастотных ударных импульсов малой и средней энергии.

Вследствие приложения высокочастотных ударных импульсов в горной породе развиваются дополнительные напряжения и формируются трещины. Особенно значительным становится эффект от ударных импульсов при бурении чрезвычайно твердых, хрупких и малоабразивных горных пород, поскольку применяемые осевые нагрузки на инструмент при вращательном бурении скважин диаметром 46, 59, 76 мм могут быть недостаточны для создания необходимых для объемного разрушения горных пород напряжений. При этом более вероятен недостаток разрушающих напряжений при алмазном бурении твердых и очень твердых горных пород коронками с увеличенной шириной матричного кольца (коронки для бурения снарядами со съемным керноприемником – ССК) и бурении долотами, поскольку в данных случаях особенно проблематично создание достаточных для разрушения контактных напряжений из-за увеличенной площади торца буровых инструментов. Повышение же осевой нагрузки до определенных пределов при вращательном бурении твердых горных пород сдерживается ограниченной прочностью бурильных колонн (особенно колонн ССК), их деформируемостью и, соответственно, вибрацией при бурении, ограничением мощности привода буровых станков при бурении на близких к предельным, по мощности привода, глубинах, наличием кривизны ствола скважины и др. В этих случаях дополнительным силовым фактором, способным интенсифицировать процесс разрушения горной породы, является ударный импульс малой и средней мощности, передаваемый буровой компоновке и буровому инструменту с высокой частотой.

Немаловажным обстоятельством, определяющим повышение эффективности бурения при наложении высокочастотной вибрации на буровую компоновку, является снижение коэффициента трения между колонной и стенкой скважины, что приводит к значительному улучшению условий работы деформированной бурильной колонны.

Так, например, вибрационный, с наложением крутильных колебаний, вид движения бурильной колонны и бурового инструмента преобразуется в более равномерный, максимально соответствующий оптимальным условиям передачи к буровому инструменту осевой нагрузки и крутящего момента.

Рост показателей вращательно-ударного бурения связан со снижением подклинок керна в колонковом снаряде, что также является следствием продольного вибрирования бурового снаряда.

1.7.2. Разрушение горных пород алмазным инструментом в режиме вращательно-ударного бурения

Анализ условий работы алмазных резцов показывает, что стойкость алмазов при вращении обусловлена прежде всего изгибающими напряжениями, а не напряжениями на раздавливание. Таким образом, имеющийся значительный резерв прочностных свойств резцов на сжатие при вращательном бурении не реализуется, поскольку повышение осевого усилия приводит к скалыванию резцов, испытывающих значительные поперечные нагрузки, сопровождающиеся ударами, характерными для процесса скалывания твердых и хрупких горных пород. Реализовать резерв прочности резцов в осевом направлении возможно за счет импульсного приложения нагрузки в направлении перпендикулярном плоскости забоя. В этом случае, в результате кратковременности действия ударного импульса силы трения на границе резец – горная порода не успевают развиваться и тангенциальная составляющая разрушения породы, несмотря на передачу дополнительной энергии, увеличивается незначительно. При этом важным обстоятельством является вибрирование инструмента и ударный характер нагрузок, что приводит к снижению коэффициента трения и способствует скалыванию и отделению кусочков породы от забоя.

Таким образом, прилагая нагрузку в виде кратковременных импульсов, направленных перпендикулярно к плоскости забоя, можно передавать для разрушения горной породы бóльшую энергию и интенсифицировать процесс вращательного бурения. При этом более полно будет использован потенциал прочности породоразрушающих резцов бурового инструмента.

На рис. 1.67, *в* приведена схема работы алмазного резца при вращательном бурении. Из данной схемы следует, что приложение ударного импульса интенсифицирует разрушение породы за счет повышения осевой силовой составляющей, что приводит к росту глубины внедрения резца и дополнительному развитию трещин предразрушения забоя. При этом тангенциальное усилие возрастает в меньшей степени в сравнении с вращательным бурением, что незначительно увеличивает износ и сохраняет работоспособность резцов.

При приложении к алмазной коронке ударных импульсов алмазы внедряются в породу, а избыточный запас энергии удара воспринимает матрица коронки. Повышение контактных напряжений и увеличение глубины внедрения алмазов в породу приводит к увеличению объема слоя породы, разрушаемого за один оборот. В результате отмечается образование крупных частиц шлама, происходит интенсивный абразивный износ матрицы и более активное, в сравнении с вращательным бурением, обнажение алмазов. Таким образом, в меньшей степени проявляются условия, приводящие к заполированию алмазов.

Практика гидроударно-алмазного бурения подтверждает чрезвычайно редкие случаи заполирования алмазов [31], что позволяет рекомендовать вращательно-ударное бурение алмазным инструментом горных пород, склонных вызывать заполирование алмазов.

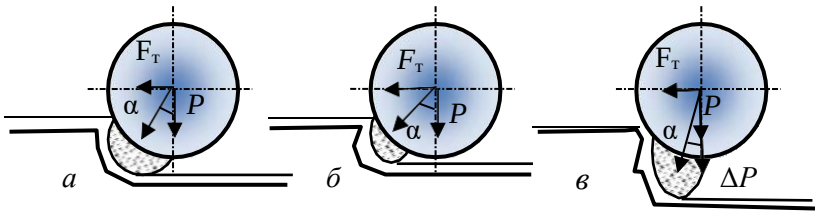


Рис. 1.67. Схемы для анализа процесса разрушения породы алмазным резцом при изменении усилия $F_т$ в процессе вращательного бурения (*а*, *б*) и приложения ударного импульса ΔP (*в*).

На рис. 1.68 представлены результаты исследования влияния ударных импульсов на показатели бурения алмазными коронками диаметром 59 мм.

Как следует из графиков, зависимости изменения механической скорости бурения и проходки на коронку имеют оптимальное значение при 15–20 Дж. С увеличением твердости горных пород оптимальные значения величины энергии удара смещаются в сторону меньших значений энергии.

Осмотр алмазных коронок показал, что с увеличением твердости пород и энергии удара интенсивность износа алмазов увеличивается, что и приводит к снижению проходки на коронку.

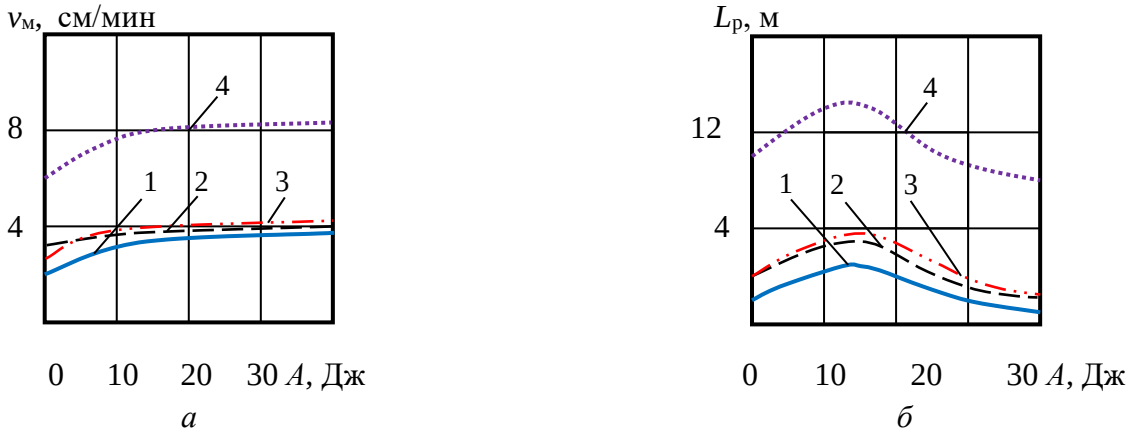


Рис. 1.68. Зависимости показателей бурения алмазной коронкой 01А3 от энергии удара *А*: *а* – механической скорости; *б* – проходки на коронку по породам:
1 – кварцит; 2 – гранит; 3 – лабрадорит; 4 – песчаник.

Рациональной для алмазных коронок диаметром 59 мм оказалась энергия удара 15 Дж, для коронок диаметром 76 мм – 20 Дж.

Оптимальная частота ударных импульсов $n_{уд}$, передаваемых породе, при вращательно-ударном бурении должна быть равна частоте циклов разрушения породы резцами.

Частота циклов разрушения породы за один оборот инструмента на забое $n_ц$ определится из соотношения длины периметра забоя радиусом R и интервала скола породы передней гранью резца $l_ц$[12]:

$$n_ц = \frac{2\pi R}{l_ц}.$$

Оптимальная частота ударных импульсов при принятом условии равенства частоте циклов разрушения породы резцами будет определяться из зависимости

$$n_{уд} = \frac{\omega n_{ц}}{n_{р}} = \frac{2\pi R \operatorname{tg} \gamma_{ск}}{h_{л} n_{р}} \omega, \qquad (1.2.)$$

где $h_{л}$ – глубина борозды разрушения резцом, м; $n_{р}$ – число активно работающих резцов в линии резания на торце коронки; $\gamma_{ск}$ – угол скалывания породы резцом, град.

Из формулы 1.2. следует, что оптимальная частота ударов по забою пропорциональна частоте вращения инструмента, а значит, при повышении частоты вращения бурового инструмента частота ударных импульсов должна повышаться в равной степени. Действительно, опыт вращательно- ударного бурения свидетельствует, что с увеличением частоты вращения инструмента при постоянной частоте ударов эффективность наложения ударных импульсов снижается: рост механической скорости бурения при частоте вращения 300 мин$^{-1}$ составил 1,5–2,0 раза, а при частоте вращения 1 000 мин$^{-1}$ – только 1,1–1,3 раза.

Рациональная частота вращения бурового инструмента с учетом абсолютного значения механической скорости бурения и ресурса инструмента, возможно, заключена между приведенными значениями частот вращения 300 и 1 000 мин$^{-1}$.

При известной частоте ударов $n_{уд}$, реализуемой гидроударником, которая может варьировать в пределах 2 500–3 500 ударов в минуту, важно определить рациональную частоту вращения бурового инструмента. С учетом зависимости для расчета числа активно работающих резцов $n_{р}$ из зависимости 1.2. получим

$$\omega = \frac{n_{уд} N_0 h}{2\pi R \operatorname{tg} \gamma_{ск}} \qquad (1.3.)$$

где N_0 – число резцов в линии резания на торце коронки (средняя линия торца матрицы на расстоянии от центра торца, равном R); h – глубина внедрения резца в породу.

Из приведенной зависимости следует, что для эффективной реализации вращательно-ударного алмазного бурения на высоких частотах вращения бурового инструмента следует применять забойные ударные машины, реализующие максимально возможные частоты ударов. Резерв повышения эффективности определяется также повышением глубины внедрения резцов в породу. Поэтому лучшие результаты бурения могут быть получены при использовании алмазного инструмента с заданным увеличенным выпуском резцов. Более высокой оптимальная частота вращения будет при бурении импрегнированными коронками, так как существенно возрастает число работающих резцов.

Результаты алмазного вращательно-ударного бурения в ПГО «Севзапгеология» (данные И. С. Афанасьева и др.) свидетельствуют, что лучшие результаты по механической скорости бурения получены при частотах вращения 300–780 мин$^{-1}$, при этом интенсивность роста механической скорости бурения импрегнированными коронками оказалась выше, чем при бурении однослойными. В то же время эффект применения высокочастотных гидроударников ГВ-6 и Г-59В снижается при использовании однослойных коронок с более крупными алмазами.

Осевая нагрузка при вращательно-ударном бурении играет не меньшую роль, чем частота вращения, и должна подбираться наряду с частотой вращения. Для месторождений Северо-Запада по результатам буровых работ определено, что при частоте вращения инструмента 430 мин$^{-1}$ оптимальными для однослойных коронок будут осевые нагрузки 1 200–1 600 даН, а для импрегнированных – 1 100–1 800 даН.

При алмазном вращательно-ударном бурении на забой необходимо подавать пониженное количество промывочной жидкости, соответствующее требованиям бурения алмазным инструментом. В то же время для работы гидроударника требуется значительное количество промывочной жидкости, существенно превышающее нужное количество по условию эффективного разрушения породы алмазным инструментом.

Для уменьшения количества поступающей на забой промывочной жидкости в корпусе кернорвателя сверлят отверстия или применяют специальные делители потока промывочной жидкости.

Максимальный эффект от применения вращательно-ударного бурения в различных производственных организациях получен при бурении твердых, хрупких и малоабразивных горных пород, при разрушении которых алмазными коронками имеет место заполирование алмазов: механическая скорость возрастает на 30–40 %, углубление за рейс увеличивается на 15–25 %, ресурс коронок повышается на 35–50 %, выход керна возрастает с 70 до 80–90 %, снижается интенсивность естественного искривления скважин.

1.7.3. Разрушение горных пород шарошечными долотами в режиме вращательно-ударного бурения

Интенсификация процесса разрушения горных пород наложением ударных импульсов возможна и при бурении шарошечными долотами. Особенно оправдано применение ударных забойных машин при бурении достаточно твердых горных пород, для разрушения которых требуется значительная осевая нагрузка на долота.

Опыт применения (по данным А. Т. Киселева и В. Г. Кардыша) гидроударных забойных машин показал, что вследствие роста удельных контактных напряжений в породе при бурении горных пород VII–XII категорий по буримости при осевой нагрузке 15–20 кН и частоте вращения 280–430 мин$^{-1}$ средний ресурс двухшарошечных долот диаметром 76 мм возрос вследствие применения высокочастотных гидроударников с 11 до 19 м, а скорость бурения увеличилась с 3,4 до 4,8 м/ч.

При этом достигнут более значительный рост показателей при бурении трехшарошечными долотами в сравнении с двухшарошечными, что подтверждает вывод о влиянии на эффективность разрушения породы прежде всего контактного напряжения, которое существенно возрастает при наложении ударного импульса. У трехшарошечных долот, как известно, площадь контакта вставок с породой забоя несколько выше, чем у двухшарошечных, а значит, роль дополнительной ударной нагрузки оказалась более значительной.

Применение гидроударников при бурении шарошечными долотами позволяет бурить на пониженных осевых нагрузках, но с более высокой механической скоростью, что в результате и сказывается на ресурсе долот.

При бурении шарошечными долотами в режиме вращательно- ударного бурения отмечено, что с повышением частоты вращения бурового инструмента эффективность разрушения породы снижается, т. е. остается справедливой закономерность, отмеченная ранее для вращательно- ударного бурения алмазным инструментом.

В зависимости от диаметра долот рекомендуются для использования гидроударники с различной энергией удара: для бурения долотами диаметром 59 мм подходят высокочастные ударные машины с энергией удара 15 Дж, для долот диаметром 76 мм гидроударники со средней частотой удара и энергией удара 60–80 Дж, а при бурении долотами диаметром 93 мм целесообразно использование гидроударников с высокой энергией и малой частотой ударного импульса.

Таким образом, для бурения долотами больших размеров более подходит ударно-вращательный способ бурения, при котором преобладает ударное разрушение горной породы над режимом вращательного бурения.

1.7.4. Разрушение горных пород при ударно-вращательном способе бурения

Ударно-вращательный способ бурения – способ разрушения горных пород ударными нагрузками, под действием которых происходит скалывание и дробление породы, а осевая нагрузка на инструмент и вращение бурового инструмента исполняют вспомогательную роль, обеспечивая процесс ударного разрушения породы.

Он применяется при бурении скважин погружными пневмоударниками и шпуров в твердых горных породах перфораторами.

Ударно-вращательный способ характеризуется высокими значениями энергии удара (не менее 40 Дж), малыми значениями частоты вращения бурового инструмента (10–60 мин$^{-1}$) и осевой нагрузки (300–600 даН на инструмент диаметром 59–105 мм).

Вращение инструмента в сочетании с частотой ударов обеспечивает определенную схему поражения забоя (расстояние между ударами вставок о породу), которая может быть эффективной только при определенном соотношении частот удара и вращения.

Привод вращения бурового инструмента при реализации ударно- вращательного бурения может быть:

- от бурового станка, т. е. за счет вращения всей бурильной колонны;
- поворотного механизма, обеспечивающего поворот долота во взаимодействии с циклом ударных нагрузок;
- возможно вращение колонны забойным гидродвигателем.

Осевая нагрузка при этом способе бурения носит вспомогательный характер и должна обеспечивать не внедрение резцов инструмента в породу, как это происходит при вращательном способе бурения, а постоянный контакт долота или коронки с забоем.

Результаты экспериментов, приведенные в, показывают, что при малых значениях энергии удара статическая осевая нагрузка способствует снижению энергоемкости разрушения, однако дальнейшее повышение энергии удара приводит к преобладающему влиянию на процесс разрушения динамической силы и влияние статической нагрузки становится несущественным (рис. 1.69).

Очевидно, что при ударно-вращательном бурении значительный недостаток осевого усилия приведет к отскакиваниям долота от забоя и эффект передачи ударного импульса будет снижен.

Чрезмерная осевая нагрузка приводит к тому, что породоразрушающие вставки будут находиться в постоянно заглубленном в породу положении, а это не позволит реализовать задаваемую вращением инструмента эффективную схему поражения забоя между ударами. В то же время высокая осевая нагрузка и задавливание резцов в породу при наложении мощного ударного импульса приводят к разрушению породоразрушающих вставок.

При ударно-вращательном бурении крайне важна схема поражения забоя породоразрушающими вставками бурового инструмента.

В представлены результаты оценки влияния схемы нанесения ударов по забою клиновидными (острым и притупленным, рис. 1.70, *а, б*) инденторами. Эти исследования важны при обосновании параметров технологии ударно-вращательного бурения, в частности частоты вращения инструмента.

При рассмотрении трех схем поражения забоя (рис. 1.70, *а, б, в*) установлено, что минимальная энергоемкость разрушения достигается при реализации второй схемы поражения забоя острым индентором.

Результаты исследований приведены в табл. 5. Анализ данных показывает, что энергоемкость разрушения снижается при нанесении ударов по подготовленному и предварительно ослабленному забою. В этих условиях будут достаточно эффективны острые инденторы.

При радиальном равномерном размещении резцов на торце коронки или долота вторая схема поражения забоя (рис. 1.70) может рассматриваться как основная при обосновании параметров режима бурения.

Таблица 1.4.

Энергоемкость разрушения породы при различных схемах поражения забоя

Форма торца индентора	Энергоемкость разрушения, Дж/см^3		
	Схема поражения забоя на рис. 1.70, *а*	Схема поражения забоя на рис. 1.70, *б*	Схема поражения забоя на рис. 1.70, *в*
Притупленный клин	2 000	260	370
Острый клин	400	160	280

Обязательным условием осуществления рациональной схемы нанесения ударов является смещение (отставание) ударов от предыдущих на определенное расстояние. Это, прежде всего, связано с тем, что вследствие вращения инструмента удар по забою наносится не под прямым углом, а с некоторым отклонением (косой удар). Именно поэтому для рационального использования энергии удара следует обеспечивать некоторое смещение центра удара, а расстояние *К* от следа первого удара может составлять 0,6–0,75.

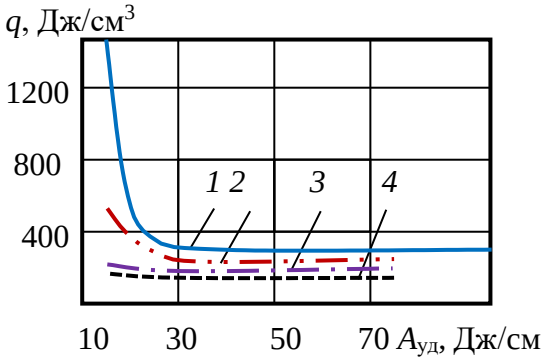


Рис. 1.69. Зависимости энергоемкости разрушения *q* притупленным клином от энергии удара $A_{уд}$ при различных значениях статической нагрузки: *1* – 0,1 кН/см; *2* – 1 кН/см; *3* – 3,3 кН/см; *4* – 6,7 кН/см

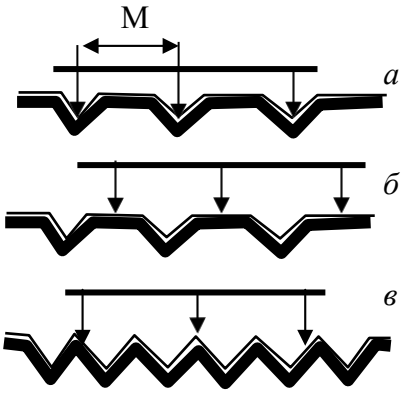


Рис. 1.70. Схемы нанесения ударов в плоскости забоя (М = 16 мм): *а* – лунки не взаимодействуют друг с другом; *б* – повторные удары наносятся между лунками; *в* – удары по нарушенному забою

На рис. 1.71. дана зависимость механической скорости бурения при пневмоударном бурении долотами, вооруженными лезвиями с радиальным расположением от частоты вращения. Из графиков следует, что в диапазоне частот вращения 0–100 мин$^{-1}$ отмечается 2–3 экстремальных значения. Представленные графики подтверждают наличие рациональной схемы поражения забоя, которая определяется частотой вращения инструмента. Минимальная скорость бурения (точки *2*, 2^{I}) получена при совпадении лунок разрушения с повторным нанесением ударов. Максимальная скорость бурения (точки *1*, 1^{I}, *3*, 3^{I}) получена при нанесении ударов по выступам, расположенным между лунками разрушения.

В случае если породоразрушающие вставки располагаются на торце инструмента не по радиальной схеме, зависимость механической скорости бурения от частоты вращения будет иной, отличной от представленной на рис. 1.72. Поперечное расположение лезвий на торце, а также применение сферических породоразрушающих вставок приводит к тому, что зависимость механической скорости бурения от частоты вращения инструмента получила форму параболы с одним максимумом (рис. 1.73).

При этом характерно, что для менее твердых пород максимум частоты вращения, при котором достигнута наиболее высокая механическая скорость бурения, смещен в сторону больших значений (~ 50 мин$^{-1}$), а при бурении твердых и крепких пород максимальная скорость бурения полу- чена при малых значениях частоты вращения (~ 30 мин$^{-1}$). На рис. 1.73 эта закономерность отмечена восходящей стрелкой через вершины максимальных значений графиков скорости бурения.

Зависимость скорости ударно-вращательного бурения от осевой нагрузки определяется тем, что с ее увеличением в начале рейса механическая скорость бурения возрастает, но в течение рейса снижается и тем интенсивнее, чем она выше (рис. 1.74). Эти данные показывают, что чрезмерные осевые нагрузки при ударно-вращательном бурении приводят к более интенсивному разрушению породоразрушающих вставок.

Зависимость скорости бурения от давления сжатого воздуха показывает практически прямопропорциональный рост скорости бурения при повышении давления.

При этом повышение давления сжатого воздуха, например, при бурении бесклапанными пневмоударниками высокого давления фирмы *Atlas Copco* типа *Cop* до значений 2–2,5 МПа приводит к значительному росту механической скорости, предельные значения которой не установлены.

Более высокая скорость бурения достигается в более твердых гранитах в сравнении с существенно менее твердым известняком.

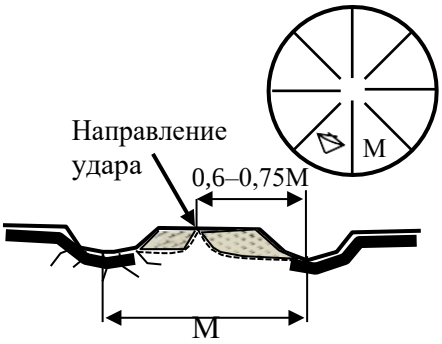


Рис. 1.71. Схема поражения забоя при ударно-вращательном бурении.

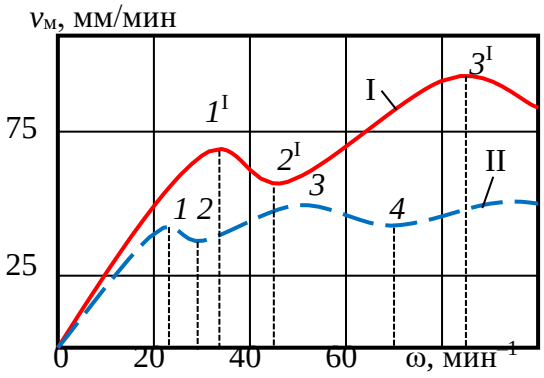


Рис. 1.72. Зависимость механической скорости бурения от частоты вращения:
I – известняк VII категории по буримости; II – кварцит X категории по буримости

Пневмоударники типа *Cop* 32, *Cop* 42, *Cop* 52, *Cop* 62 предназначены для бурения скважин диаметром 85–165 мм, в том числе по технологиям *OD*, *ODEX* и *DEPS*.

OD, ODEX, DEPS – системы ударно-вращательного бурения по валунно-галечникам с одновременным креплением ствола скважины обсадной колонной компании *Atlas Copco*:

OD(over drilling) – погружной пневмоударник инициирует удары как по вращаемой обсадной колонне с породоразрушающим башмаком, так и внутренней бурильной колонне;

ODEX (over drilling excentrics) – усовершенствованная система *OD*, в которой происходит бурение расширенного ствола скважины специальным эксцентричным долотом и одновременное его крепление обсадной колонной;

DEPS – удары по обсадной и бурильной колонне наносятся двумя различными пневмоударниками, что удваивает ударную мощь системы и позволяет бурить более глубокие скважины.

Забойные ударные машины *Cop* 32 работают при давлении воздуха 0,6–1,2 МПа с частотой 1 300–1 650 ударов в минуту и предназначены для бурения скважин диаметром 85–100 мм. Пневмоударники *Cop* 42 работают при давлении 0,6–2,5 МПа с частотой ударов 1300–2100 ударов в минуту и предназначены для бурения скважин диаметром 105–125 мм.

В настоящее время ударно-вращательное бурение пневмоударниками высокого давления является наиболее производительным из всех существующих механических способов бурения.

Этот способ бурения становится все более популярным при выполнении геологоразведочных работ, что объясняется его более низкой стоимостью. В то же время шламовая проба не может по качеству быть сопоставима с керном, но в настоящее время техника бурения и техническое оснащение методов оценки пробы достаточно усовершенствованы и соответствуют требованиям геологической службы.

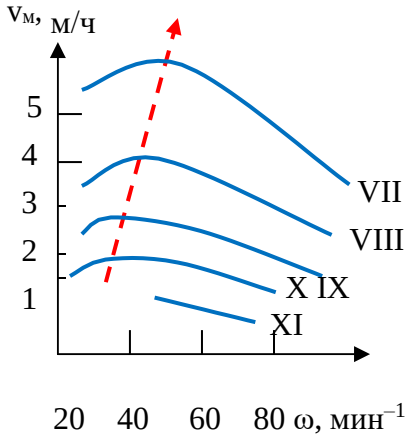


Рис. 1.73. Зависимость скорости бурения от частоты вращения снаряда в породах различной категории по буримости долотами с поперечно-радиальным расположением вставок на торце.

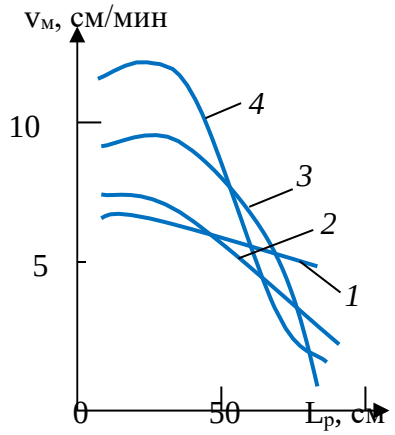


Рис. 1.74. Зависимость скорости бурения от длины рейса при частоте вращения снаряда 40 мин$^{-1}$ и различных осевых нагрузках: *1, 2, 3, 4* – осевая нагрузка 5, 10, 15 и 20 кН соответственно.

На сегодняшний день в таких станах, как США, ЮАР, Австралия, в силу сложившихся тенденций значительная часть скважин бурится с опробованием, которое основывается на комбинированном варианте: до рудной зоны бурение ведется с обратной циркуляцией очистного агента с отбором шламовой пробы, а по рудной зоне производится отбор керна.

Таким образом, ударно-вращательное бурение получает все большее распространение при проведении геологоразведочных работ, появляются новые мощные забойные машины и инструменты, совершенствуется технология бурения и методика опробования по шламу.

С повышением глубины скважины вследствие увеличения сопротивлений и давления воздуха скорость бурения снижается. Например, при повышении глубины скважины от 100 до 200 м скорость бурения снизилась на 35 %. Поэтому с глубиной снижается производительность бурения пневмоударниками, наблюдается намокание шлама и образование сальников, осложнены условия опробования вследствие влияния подземных вод.

При этом важно подчеркнуть, что эффективность пневмоударного бурения в слабообводненных породах снижается, если используется низкое давление воздуха в пределах 0,3–0,5 МПа. При бурении пневмоударниками высокого давления подобные проблемы могут возникнуть только при значительной (более 500 м) глубине скважин в связи со снижением давления подаваемого воздуха вследствие роста аэродинамических сопротивлений с глубиной скважины, что ведет к ухудшению выноса шлама, образованию сальников и осложнениям при подъеме инструмента.

Одним из средств борьбы с осложнениями в этих условиях является применение воздуха с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В то же время известно, что применение смеси воздуха и ПАВ дает снижение механической скорости бурения вследствие падения ударной мощности забойной машины. Например, при расходе ПАВ в пределах 5–6 л/мин с изменением концентрации в растворе от 0,5 до 4 % скорость бурения понижается незначительно (в пределах 10 %), а при повышении концентрации ПАВ до 5 % и более ведет к снижению механической скорости на 25–35 %.

Других особенностей бурения с ПАВ, которые бы могли повлиять на выбор параметров режима бурения, в практике не отмечено.

1.7.5. Разрушение горных пород при ударном способе бурения

Ударный способ разрушения горных пород относится к наиболее древним. В настоящее время он реализуется при проведении геологоразведочных работ как ударно-канатный и ударно-забивной. Ударно-канатный способ бурения чаще всего применяют при разведочных работах на россыпных месторождениях, а ударно-забивной – при бурении всухую рыхлых и мягких пород с целью получения качественной пробы.

Различают также ударно-штанговое бурение, которое вместе с ударно-канатным относится к ударно-поворотному способу бурения.

Породоразрушающие инструменты, применяемые при ударно-канатном бурении имеют клиновидную форму рабочей торцевой поверхности (рис. 1.75, *а, б, в*). Основными элементами таких долот являются лезвие *1*, щеки *2*, корпус *3* и резьбовая головка *4* для присоединения к буровому снаряду.

Лезвие долота имеет следующие параметры:

- угол приострения α;

- длину, которая определяет диаметр скважины;

- форму, которая может быть плоской (рис. 1.75, *а*), вогнутой (рис. 1.75.*б*) или дугообразной (рис. 1.75, *в*).

У долот может быть различным и количество лезвий: у плоских долот одно лезвие,

крестовых – два пересекающихся лезвия, двутавровых – одно основное и два дополнительных по краям и др.

Усилия, разрушающие породу при ударном бурении, носят динамический характер, а разрушение происходит за счет дробления, смятия и скалывания породы.

При внедрении лезвия долота в твердую хрупкую породу под его торцом она дробится, а разрушенная вытесняется из под торца долота. Разрушение породы определяется влиянием ряда факторов, таких как сила удара $P_д$, количество ударов m, наносимых по забою, величина угла поворота долота после каждого удара.

Внедрение бурового инструмента в породу сопровождается образованием четырех зон разрушения (рис. 1.76) [26]. Величина и соотношение этих зон зависят от свойств породы, определяющих ее способность разрушаться под действием ударного импульса, формы лезвий долота и их числа, величины ударного импульса и др.

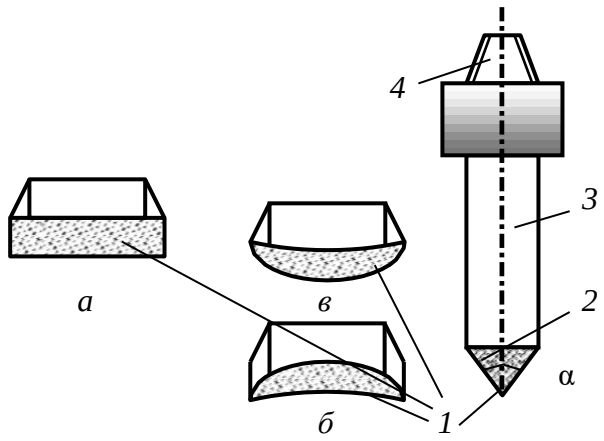


Рис. 1.75. Долото для ударного бурения:
а – плоское; *б* – вогнутое; *в* – дугообразное

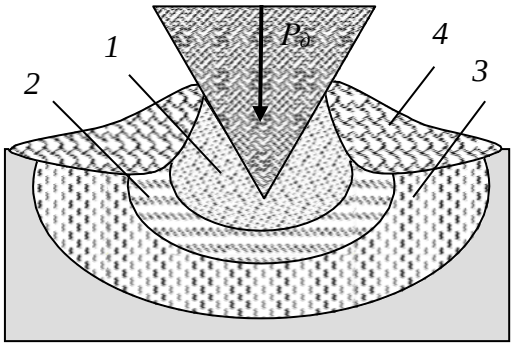


Рис. 1.76. Схема внедрения бурового инструмента в породу:
1 – зона дробления; *2* – зона разрушения; *3* – зона трещинообразования; *4* – зона скола.

1.8. Взрывное разрушение

1.8.1. Понятие о взрыве

Взрывные работы широко применяют в геологоразведочном деле и при добыче полезных ископаемых. Взрывным способом создают котлованы, дамбы, плотины, дороги и другие сооружения, при которых применяют взрывы на сброс или выброс. Особое место занимают взрывные работы при проведении горноразведочных работ.

В геологоразведке взрывные работы применяют при сейсморазведке для возбуждения упругих волн, по скорости распространения которых определяют свойства горных пород, выделяют геологические структуры и наличие залежей углеводородов и других полезных ископаемых.

Взрывным способом ликвидируют аварии при бурении скважин, повышают дебит газа и нефти за счет увеличения трещиноватости пластов. Взрывные работы используют при тушении пожаров.

При проведении горноразведочных горных выработок взрыванием обеспечивается формирование канав и разрушение породы (отбойка) в забое горной выработки.

Технология разрушения горных пород взрывом существенно усовершенствовалась при появлении короткозамедленного взрывания.

Взрывные работы характеризуются высокой производительностью и экономичностью, поэтому они нашли широкое применение при проведении горно-разведочных выработок, особенно для разрушения твердых горных пород.

Впервые задача физической сущности взрыва была исследована М. В. Ломоносовым, в работе «О природе и рождении селитры» в 1748 г. Им дано определение взрыва как очень быстрого выделения значительного количества энергии и большого объема газов.

В современной интерпретации *взрыв – процесс сверхзвукового физического или химического превращения взрывчатого вещества за счет прохождения по нему детонационной волны, сопровождающейся переходом потенциальной энергии этого вещества или продуктов его превращения в кинетическую*.

Взрывчатым веществом называют смеси и химические соединения, способные под влиянием внешнего воздействия (нагрева, удара, трения) взрываться, т. е. чрезвычайно быстро превращаться в другие соединения с образованием большого количества тепла и газов.

Таким образом, взрыв, взрывчатое превращение – это быстро протекающая в веществе химическая реакция, сопровождающаяся образованием большого количества газов и значительным выделением тепла, в результате чего газы нагреваются до высокой температуры, а в месте нахождения взрывчатого вещества развивается высокое давление. Взрывчатое вещество применяют в зарядах, под которыми понимают определенную массу вещества, подготовленную к взрыву.

Скорость взрывчатого разложения внутри заряда взрывчатого вещества может быть разной и в значительной степени определяет разрушительное действие взрыва на окружающую среду.

По характеру воздействия на горную породу взрывчатые вещества делятся на две группы:

- бризантные;
- метательные (пороха).

Среди бризантных взрывчатых веществ в особую группу выделяют обладающие высокой чувствительностью инициирующие вещества, которые применяют в качестве средств инициирования (детонаторы).

Промышленные взрывчатые вещества предназначаются для дробления, разрушения и перемещения горных пород.

Существуют три формы химических превращений взрывчатых веществ:

- медленное химическое превращение;
- горение;
- детонация.

Медленное химическое превращение протекает при низких температурах по всему объему вещества.

При горении передача тепла от слоя к слою происходит в результате теплопроводности. Скорость горения может быть от долей сантиметра до десятков метров в секунду.

Взрыв, распространяющийся с постоянной и высокой скоростью, называют детонацией. При детонации энергия по заряду взрывчатого вещества распространяется со скоростью 2–8 тысяч в секунду.

Быстрое химическое и физическое превращение вещества, сопровождается мгновенным переходом потенциальной энергии в тепловую, резким повышением давления на окружающую среду и звуковым эффектом. По своей природе взрывы делятся на:

- физические, которые приводят только к физическим преобразованиям веществ, например беспламенное взрывание с помощью сжатого воздуха;

- химические, при которых наблюдаются быстрые химические реакции с выделением тепла;

- ядерные, в основе которых реакции деления ядер вещества с образованием новых элементов.

При взрывных работах на горных предприятиях применяют химические взрывы.

Физическая сущность детонации. Ударная волна характеризуется резким скачкообразным изменением параметров вещества – давления, плотности, температуры и скорости. Поэтому детонационная волна от ударной отличается тем, что за фронтом ударной волны идет зона химической реакции, где выделяется энергия взрывчатого превращения, часть которой расходуется на поддержание устойчивого распространения детонации.

Промежуточным между горением и детонацией является взрывное горение, которое от основных форм отличается непостоянством скорости. Формы взрывчатого превращения в зависимости от условий могут переходить одна в другую (горение в детонацию и наоборот). Порохам присуще сравнительно медленное разложение в форме горения, поэтому они оказывают на внешнюю среду преимущественно метательное действие.

Ударная волна, проходящая по взрывчатому веществу, сжимает и разогревает его, вызывая химическую реакцию. Реакция сопровождается выделением большого количества тепла, которое трансформируется в энергию сжатых газов и передается в головную ударную волну, компенсируя потери ее энергии на сжатие вещества (рис. 1.77).

При этом начинается химическая реакция и давление достигает максимального значения p_{max} при объеме V_{min}. Реакция развивается с выделением тепла и расширением продуктов взрыва, давление при этом падает, а объем увеличивается. Заканчивается реакция в точке *N* на ударной диабате продуктов взрыва, называемой точкой Чепмена–Жуге, с параметрами $p_ж$ и $V_ж$. При этом прямая 2 соединяет параметры состояния исходного вещества с параметрами всплеска в состоянии максимального сжатия и завершения реакции.

Вещество в детонационной волне последовательно проходит все состояния по прямой *ANM*. Участок *AN* соответствует зоне сжатия в ударной волне, участок *NM* – зоне химических реакций.

По гидродинамической теории детонации взрывчатое вещество характеризуется ударной адиабатой *1*, а конечные продукты – адиабатой *3*. Продолжительность химической реакции в детонационной волне составляет 10^{-6}–10^{-7} с.

Скорость детонации $Ω_д$, скорость движения продуктов взрыва $Ω_п$ и скорость звука в продуктах взрыва *C* связаны соотношением $Ω_д = Ω_п + C$.

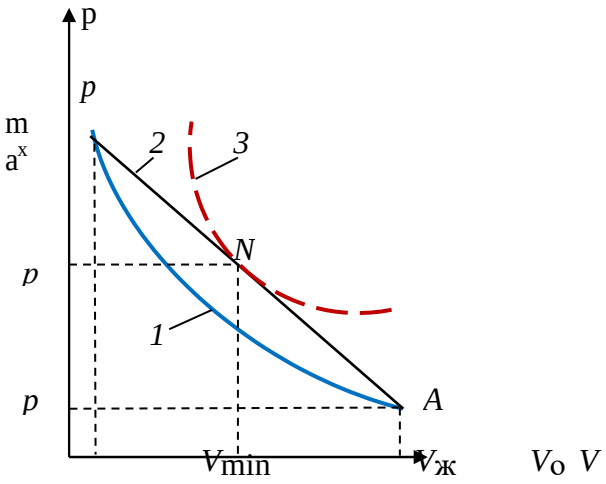


Рис. 1.77. Изменение состояния взрывчатого вещества в детонационной волне

1.8.2.Механизм разрушения пород взрывом

В результате взрывного разрушения за счет высокой скорости приложения нагрузки и деформирования среды образуется множество трещин в отличие от статического разрушения, для которого характерно образование единичных трещин.

В безграничной среде, где влияние свободной поверхности мало, взрывное разрушение протекает двустадийно.

Первичное разрушение происходит на динамическом фронте дробления – поверхности, где достигается предельное упругое состояние среды и образуются макротрещины по двум механизмам: сколом – при достижении предельных сдвиговых напряжений (в ближней к центру взрыва зоне, где напряжения сжимающие), отрывом – при достижении прочности на отрыв (в дальней зоне, где действуют растягивающие напряжения). Преобладающая масса среды на фронте дробления разрушается отрывом, так как прочность на сдвиг в хрупких средах и горных породах значительно превосходит прочность на отрыв. В результате образуется зона радиальныхтрещин.

Вторичное разрушение протекает при последующем сдвиговом деформировании нарушенной среды. Оно преобладает около взрывной полости, где деформации имеют наибольшее значение, являются основной причиной переизмельчения среды и бесполезных тепловых потерь энергии, обусловленных внутренним трением в разрушенной среде. Трещины при вторичном взрывном разрушении ориентированы беспорядочно. Это так называемая зона дробления. Влияние вторичного дробления растет с деформацией, поэтому его наибольший вклад будет в случае сильного взрыва (ядерного), когда степень деформирования существенно возрастает по сравнению с химическим взрывчатым веществом.

Размер зоны дробления R существенно зависит от интенсивности взрывного источника. Если начальное давление продуктов взрыва близко к прочности на сжатие, зона дробления может вообще отсутствовать. В этом случае преобладает разрушение отрывом, а зона радиальных трещин начинается от взрывной полости.

При взрыве вблизи свободной поверхности массива описанный механизм разрушения дополняется отколом – разрушением путем отрыва под действием растягивающих радиальных напряжений, возникающих при отражении взрывной волны от свободной поверхности (рис. 1.78). При откole трещины ориентированы в основном параллельно свободной поверхности. Максимальная глубина зоны откольного разрушения не превышает половины длины фазы сжимающих напряжений взрывной волны.

Качество взрывного разрушения характеризуется распределением кусков по размеру. При взрыве в однородной среде (без начальной трещиноватости) установлена чёткая корреляция между механизмом разрушения и гранулометрическим составом разрушенной среды. Первичное разрушение приводит к образованию в горной массе примерно равного количества кусков различного размера, при вторичном разрушении большая часть кусков имеет приблизительно одинаковый размер.

В реальных горных породах всегда существуют дефекты (неоднородности) различного масштаба – от естественной трещиноватости массива до дислокаций в зернах минералов, которые приводят к зарождению трещин и определяют гранулометрический состав разрушенной взрывом горной породы. Преимущественное влияние тех или иных неоднородностей зависит от величины действующих напряжений и проявляется дифференцированно в зависимости от расстояния от центра взрыва и интенсивности взрывного источника. Около взрывной полости, где действуют максимальные напяжения, разрушению могут подвергаться даже самые прочные минералы, входящие в горную породу. Наибольшее влияние на формирование гранулометрического состава оказывают макро- и микротрещиноватость и слоистость.

Например, при слабом взрыве в породе с чётко выраженной блочной структурой

гранулометрический состав определяется в основном начальной системой трещин. На взрывное разрушение, т. е. на создание новых поверхностей в массиве, расходуется около 1 % от всей энергии взрыва.

Если взрыв производят в слоистых породах в направлении, перпендикулярно слоям, то сдвиг породы происходит вдоль слоев, а отрыв перпендикулярном к слоям. Так как предел прочности на сдвиг будет минимален в направлении вдоль слоев, то минимальная энергоемкость разрушения будет тогда, когда сдвиг происходит вдоль слоистости.

Управление разрушающим действием взрыва состоит в возможном регулировании среднего размера куска и набора фракций. С этой целью применяют короткозамедленное и буферное взрывание.

Для разрушения горных пород взрывом в практике геологоразведочных работ используют шпуровые, скважинные, котловые, камерные и накладные заряды.

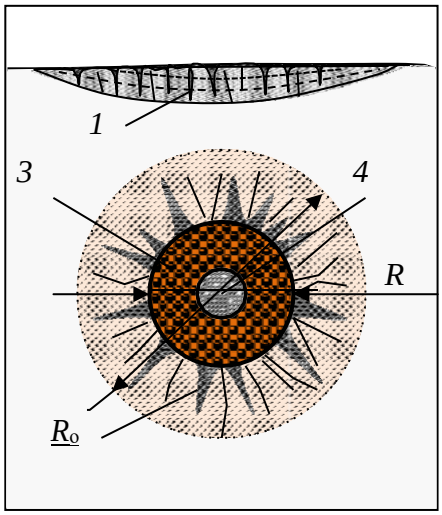


Рис. 1.78. Схема зон взрывного разрушения: *1* – откольного; *2* – радиальных трещин; *3* – дробления; *4* – полость.

Шпуровые заряды выполняют размещением взрывчатого вещества в шпуре (рис. 1.79.). Длина заряда может составлять до 2–3 м при диаметре 32 или 40 мм. Шпур заполняется на ⅔–¾ длины взрывчатым веществом – патронированным или россыпным *1*, а остальная часть забойкой *2* (специальной пробкой или породой). Инициирование взрыва осуществляют при помощи средств взрывания – электродетонаторов *3*, соединяемых в схему электропроводом *4*.

Для взрывания одиночных зарядов или группы из нескольких зарядов могут применяться огнепроводные шнуры, капсюля-детонаторы и детонирующие шнуры.

В большинстве случаев донные части шпуров после взрывания остаются неразрушенными. Эти части носят название «стаканов», а отношение полезно используемой длины шпура к его полной длине называется коэффициентом использования шпура (КИШ). Величина этого коэффициента составляет 0,8–0,9.

Для повышения коэффициента полезного действия взрыва (КИШ) следует использовать наиболее плотную забойку шпура, а также инициировать взрыв в направлении от дна шпура (обратная схема инициирования), рис. 1.79.

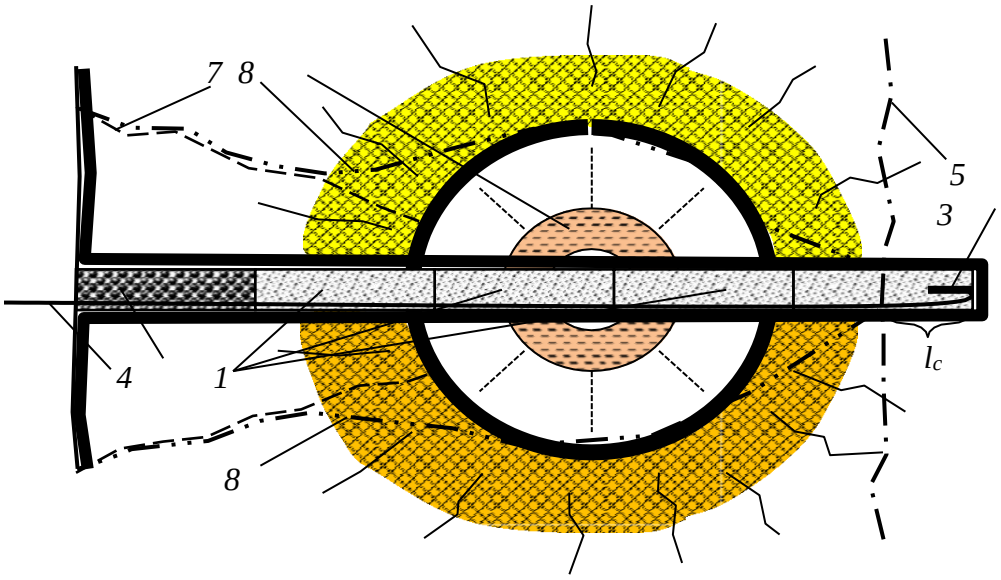


Рис. 1.79. Схема шпурового заряда и его действия при отбойке породы в забое горной выработки: *1* – патроны взрывчатого вещества; *2* – забойка шпура; *3* – электородетонатор; *4* – провод для соединения электродетонаторов; *5* – линия отрыва породы при взрыве группы шпуров в забое выработки; *6* – центр взрыва с расходящимися от центра зонами раздробленной и разбитой трещинами породы; *7* – линия отрыва породы; *8* – линия разрушенной породы в случае взрывания одного заряда; l_c – длина «стакана».

Действие взрыва приводит к дроблению и распространению трещин в породе в направлении от центра взрыва *6*. Направление действия взрыва определяется наличием свободной поверхности, к которой распространяются трещины отрыва *7*. При взрыве одного заряда образуется достаточно узкая полость, контур которой примерно соответствует линии *8*. Взрыв всех шпуров, входящих в систему отбойки породы, приводит к отделению породы по линии *5*.

Шпуровые заряды позволяют производить сравнительно равномерное дробление породы и применяются в самых разнообразных горно- геологических условиях.

Метод скважинных зарядов заключается в том, что во взрываемой породе бурят скважину (глубина более 5 м и диаметр более 75 мм), в которую помещают удлиненные заряды. Этот метод применяют при выполнении взрывных работ на карьерах, когда глубина шпуров недостаточна для размещения нужного количества взрывчатого вещества или если требуется получить большое количество равномерно раздробленной породы. При заряжании скважины для повышения эффективности взрыва более мощные взрывчатые вещества, если применяют взрывчатку различных сортов, рекомендуется помещать в нижней части скважины.

Метод котловых зарядов состоит в том, что шпур или скважину над забоем путем многократного взрывания в них небольших зарядов взрывчатых веществ расширяют до образования камеры, близкой по форме к шару. В эту камеру (котел) после очистки ее от разрушенной породы помещают расчетный заряд взрывчатого вещества для основного взрывания. Операции по получению котлов называют простреливанием шпуров или скважин, а шпур или скважину с котлом в призабойной части – котловым шпуром или котловой скважиной.

Метод котловых зарядов применяется тогда, когда расчетный заряд при заданных глубине шпура или скважины не может поместиться в шпуре или скважине и в тех случаях, если линия сопротивления породы (расстояние от центра заряда до поверхности)

настолько велика, что заряд взрывчатого вещества не в состоянии его преодолеть без концентрации заданного объема взрывчатки.

Метод камерных зарядов заключается в том, что отбойка породы производится путем взрывания сосредоточенных зарядов большой величины (до нескольких десятков и даже сотен тонн), которые помещают в специальные горные выработки, называемые зарядными камерами или просто камерами.

Накладные заряды применяют для разрушения крупных обломков, глыб, больших камней путем наложения взрывчатого вещества непосредственно на объект.

Кроме перечисленных методов взрывания различают еще взрывание на выброс, сброс и др.

Наиболее часто при проведении горноразведочных выработок для разрушения породы применяют шпуровые заряды. Принятые схемы расположения шпуров в забое должны обеспечить отрыв породы в забое выработки в соответствии с ее проектным контуром, а также равномерное дробление породы.

Эффективность буровзрывных работ зависит от количества и схемы расположения шпуров в забое. По назначению шпуры делятся на врубовые, вспомогательные, оконтуривающие.

Врубовые шпуры предназначены для предварительного образования вруба (углубления) с целью создания дополнительных плоскостей обнажения в массиве породы в пределах контура выработки. Врубовые шпуры взрываются первыми, создавая поверхность обнажения, в направлении которой отбивают породу вспомогательные, а затем и оконтуривающие шпуры. Вспомогательные шпуры служат для расширения выемки, образованной при взрывании врубовых шпуров. Применяются вспомогательные шпуры при проходке выработок большого поперечного сечения.

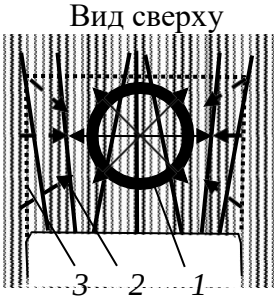


Рис. 1.80. Схема расположения шпуров с центральным клиновым врубом (шпуры *1–6*): *1* – очаг взрыва врубовых шпуров; *2* – направление отбойки породы при взрыве оконтуривающих шпуров; *3* – контур отбитой, в результате взрывания шпуров, породы.

Оконтуривающие шпуры служат клиновым врубом, форма которого и расположение заданы с учетом условий залегания горных пород и отбойки породы до пределов проектного контура сечения выработки. Поэтому располагаются они по периметру выработки и взрываются с задержкой последними.

Схема расположения шпуров с центральным клиновым врубом (рис. 1.80) применяется при вертикальной слоистости горных пород, когдаслои совпадают с направлением продвижения горной выработки или в случае разрушения равномернозернистой породы. Для образования клинового вруба бурят четное количество врубовых шпуров, которые располагают в двух вертикальных плоскостях, направленных под углом к центру выработки.

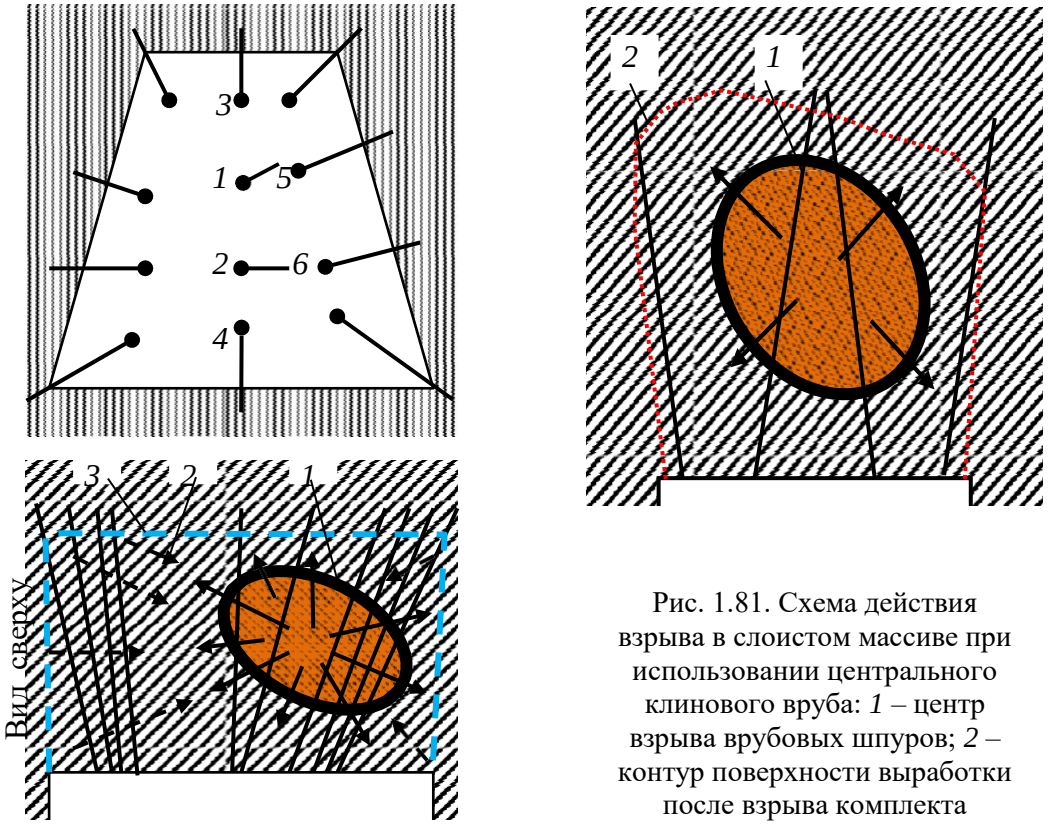


Рис. 1.81. Схема действия взрыва в слоистом массиве при использовании центрального клинового вруба: *1* – центр взрыва врубовых шпуров; *2* – контур поверхности выработки после взрыва комплекта шпуров.

При взрывании шпуров первыми приводят в действие врубовые шпуры, взрыв которых создает полость в центральной части массива породы *1* (рис. 1.81). Вслед за врубовыми шпурами с замедлением 0,1–0,2 сек. производят взрывание вспомогательных и оконтуривающих шпуров. При взрыве оконтуривающих шпуров порода отбивается в направлении центра взрыва врубовых шпуров *2*. В результате взрывания всего комплекта шпуров образуется новая поверхность горной выработки *3*.

В ряде случаев после взрывания врубовых шпуров и замедления взрывают вспомогательные шпуры и только после очередного микрозамедления – оконтуривающие. Последняя схема применяется в случае проходки горных выработок большого сечения.

В случае если при вертикальном расположении слоев горной породы они пересекают выработку под углом со стороны правой стенки, вруб направляется в сторону правой же стенки выработки, т. е. в направлении слоев горных пород. Данная схема расположения вруба позволяет направить энергию взрыва в массив породы с наибольшей прочностью, поскольку порода в этом случае более деформируема, активнее разрушается вкрест слоистости и менее податлива в направлении слоев.

Отмеченная закономерность предопределена анизотропией механических свойств слоистых горных пород, в которых деформации и разрушающие напряжения развиваются неравномерно, а преимущественно в направлении минимальной прочности.

При смещении врубовых шпуров от оси выработки вправо центр взрыва врубовых шпуров *1* смещается от оси выработки также вправо, а взрывание оконтуривающих шпуров с замедлением позволит добиться более равномерного и полного разрушения массива породы перед выработкой и создания новой поверхности выработки в соответствии с проектным контуром *3*.

При симметричном же расположении шпуров горная порода со стороны, совпадающей с направлением слоев, будет разрушаться не в полной мере, а с противоположной стороны более интенсивно. В результате не будет сохранено прямолинейное проектное направление горной выработки и нарушена форма ее поперечного сечения.

2. БУРОВОЙ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

2.1. Буровые коронки твердосплавные

Буровые коронки являются важнейшей частью бурового оборудования. По характеру рабочей поверхности они делятся на 2 типа: твердосплавные и алмазные. Они используются для вращательного бурения скважин сравнительно небольшого диаметра, например:

- геологоразведочных;
- взрывных;
- шпуров и т.д.

Коронки твердосплавные внешне представляют собой короткий цилиндр с твердосплавными пластинами с одной стороны и резьбой – с другой. Сама коронка изготавливается из стали, а пластины и специального высокопрочного сплава. Каждая коронка рассчитана на бурение породы определенной категории. Очистка забоя в большинстве случаев осуществляется с помощью промывочной жидкости.

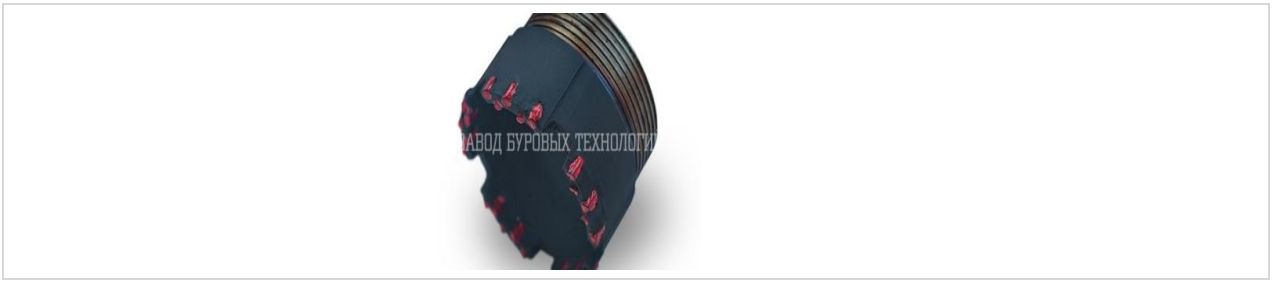


Рис. 2.1. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 112.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 108 мм.



Рис.2.2. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 132.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 127 мм.



Рис.2.3. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 151.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 146 мм.



Рис. 2.4. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 172.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 168 мм.



Рис. 2.5. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 76.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 73 мм.



Рис.2.6. Коронка твердосплавная КТ-2 Ǿ 93.

Применяется при бурении мало абразивных пород V-VI категорий. Слабые песчаники, гипсы, песчаные сланцы, известняки, мягкие сульфиды без кварца, каменные соли, аргиллиты, мягкие сланцы и т.д. Диаметр колонковой трубы 89 мм.



Рис. 2.7. Коронка твердосплавная М-5 Ǿ 112.

Применяется при бурении мягких пород до IV категории. Глины, слабосцементированные песчаники, гипсы, ангидриды, глинистые сланцы с прослоями валунно-галечных отложений. .Диаметр колонковой трубы 89мм.



Рис.2.8. Коронка твердосплавная СА-4 Ǿ 112.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород VI-VIII категорий. Габбро, пироксениты, порфириты, диориты, дациты, диопсидомагнетитовые и гранатовые скарны. Диаметр колонковой трубы 108мм.



Рис.2.9. Коронка твердосплавная СА-4 Ǿ 132.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород VI-VIII категорий. Габбро, пироксениты, порфириты, диориты, дациты, диопсидомагнетитовые и гранатовые скарны. Диаметр колонковой трубы 127 мм.



Рис. 2.10. Коронка твердосплавная СА-4 Ǿ 151.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород VI-VIII категорий. Габбро, пироксениты, порфириты, диориты, дациты, диопсидомагнетитовые и гранатовые скарны. Диаметр колонковой трубы 146 мм.



Рис. 2.11. Коронка твердосплавная СА-4 Ǿ 76.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород VI-VIII категорий. Габбро, пироксениты, порфириты, диориты, дациты, диопсидомагнетитовые и гранатовые скарны. Диаметр колонковой трубы 73 мм.



Рис. 2.12. Коронка твердосплавная СА-4 Ǿ 93.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород VI-VIII категорий. Габбро, пироксениты, порфириты, диориты, дациты, диопсидомагнетитовые и гранатовые скарны. Диаметр колонковой трубы 89 мм.



Рис. 2.13. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 112.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Диаметр колонковой трубы 108 мм.



Рис. 2.14. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 132.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Песчаники, алевролиты, габбро, диориты, порфириты, окварцованные известняки. Диаметр колонковой трубы 127 мм.



Рис. 2.15. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 151.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Песчаники, алевролиты, габбро, диориты, порфириты, окварцованные известняки. Диаметр колонковой трубы 146 мм.



Рис.2. 16. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 59.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Песчаники, алевролиты, габбро, диориты, порфириты, окварцованные известняки. Диаметр колонковой трубы 57 мм.



Рис. 2.17. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 76.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Песчаники, алевролиты, габбро, диориты, порфириты, окварцованные известняки. Диаметр колонковой трубы 73 мм.



Рис.2. 18. Коронка твердосплавная СА-6 Ǿ 93.

Применяется при бурении абразивных пород VI-VIII категорий. Песчаники, алевролиты, габбро, диориты, порфириты, окварцованные известняки. Диаметр колонковой трубы 89 мм.



Рис.2. 19. Коронка твердосплавная СМ-5 Ǿ 112.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты. Диаметр колонковой трубы 108 мм.



Рис. 2.20. Коронка твердосплавная СМ-5 Ǿ 132.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты. Диаметр колонковой трубы 127 мм.



Рис.2. 21. Коронка твердосплавная СМ-5 Ǿ 59.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты. Диаметр колонковой трубы 57 мм.



Рис. 2.22. Коронка твердосплавная СМ-5 Ǿ 93.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты. Диаметр колонковой трубы 89 мм.



Рис. 2.23. Коронка твердосплавная СМ-5 Ǿ 76.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, глинистые и песчаные сланцы, серпентиниты. Диаметр колонковой трубы 73 мм.



Рис. 2.24. Коронка твердосплавная СМ-6 Ǿ 151.

Применяется при бурении абразивных, монолитных, слаботрещиноватых пород V-VI категорий. Доломиты, известняки, серпентиниты, перидотиты. Диаметр колонковой трубы 146 мм.



Рис.2. 25. Резец РП-3 У 33.00.00.000.

Зуб бара предназначен для усиления твердосплавного вооружения при обсаживании скважины.

2.2. Коронки алмазные импрегнированные

Импригнированные алмазные коронки предназначены для бурения пород V111-X11 категорий и характеризуются равномерным распределением по всему объему матриц относительно мелких природных или синтетических алмазов. Подобное строение импрегнированной коронки обеспечивает ее эффективность при бурении по твердым продам.



Рис.2.26. Алмазная коронка 02ИЗ, 02И4.

Категория буримости порд V111- X11, малообразивные, очень крепкие, плотные монолитные, тонкозернистые, скрытокристаллические, абразивные, мелко- и скрыто-зернистые. Диаметр бурения 36, 46, 59, 76, 93 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис.2.27. Импригнированная буровая коронка 08ИЗ.

Категория буримости порд 1Х-Х1, мало- и среднеобразивные, очень крепкие, плотные монолитные, тонкозернистые, скрытокристаллические, абразивные, мелко- и скрыто-зернистые. Диаметр бурения 46 мм. Бурение бескерновое многозабойное.



Рис. 2. 28. Импригнированная буровая коронка БИТ.

Категория буримости порд V11-Х, монолитные и среднетрещиноватые. Диаметр бурения 59, 76, 93, 112, 132 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.29. Импригнированная буровая коронка К-01-3.

Категория буримости порд Х-Х1, монолитные, слабо-трещиноватые, мало-абразивные и абразивные. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК-59.



Рис. 2.30. Импригнированная буровая коронка К- 08.

Категория буримости порд V111-X, плотные, средне-трещиноватые. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК-59.



Рис. 2.31. Импригнированная буровая коронка К-09И2Г.

Категория буримости порд 1X-X1, плотные, средне-трещиноватые. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК-59.



Рис. 2.32. Импригнированная буровая коронка 17И3.

Категория буримости порд V11-X1, монолитные, плотные, среднетрещиноватые, мало- и среднеабразивные. Диаметр бурения 76 мм. Бурение с отбором керна с комплексом КССК-76.



Рис. 2.33. Импригнированная буровая коронка БИТ ССК 59.

Категория буримости порд V11-X, монолитные и среднетрещиноватые. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК-59.



Рис. 2.34. Импрегнированная буровая коронка 21М3.

Категория буримости порд 1Х-Х1, твердые. Диаметр бурения 46, 59,76, 93, 112, 136, 172, 222 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.

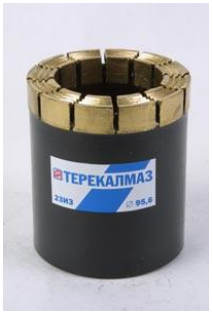


Рис. 2.35. Импрегнированная буровая коронка 23И3.

Категория буримости порд V111-1X, средне-твердые, твердые, слабо-абразивные и частично трещиноватые. Диаметр бурения 59,6; 75,3; 95,6; 122 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК.



Рис. 2.36. Импрегнированная буровая коронка 27И3.

Категория буримости порд V111-1X, средне-твердые, твердые, слабо-абразивные и частично трещиноватые. Диаметр бурения 59,6; 76 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК.



Рис. 2.37. Импрегнированная буровая коронка 28И3.

Категория буримости порд V111-1X, средне-твердые, слабо-абразивные и частично трещиноватые. Диаметр бурения 46, 59, 76, 93, 112 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.38. Импригнированная буровая коронка 28И4.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 46, 59, 76, 93, 112 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.39. Импригнированная буровая коронка 26И.

Категория буримости порд V11-Х11, абразивные и трещиноватые. Диаметр бурения 75,3/60,2; 91,8/76; 95,6/76; 117,5/100; 143,5/123,8 мм. Для забуривания или при установке обсадных труб.



Рис. 2. 40. Импригнированная буровая коронка 28И.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности . Диаметр бурения 46/31; 59/42; 76/58; 93/73; 112/92;151/132 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.41. Импригнированная буровая коронка 29И.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности . Диаметр бурения 75,3/47,6; 95,6/63,5; 122/85 мм. Бурение с отбором керна с комплексом ССК.



Рис. 2.42. Импригнированная буровая коронка 30И.

Категория буримости порд 1Х-Х1, различной твердости и абразивности . Диаметр бурения 75,3 мм. Бурение сплошным забоем с комплексом ССК.



Рис. 2.43. Импригнированная буровая коронка 32И.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности . Диаметр бурения 75,3/47; 95.,6/63,5 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.44. Импригнированная буровая коронка 33И.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности . Диаметр бурения 46/31,7 66,8/50,4; 76/57; 76/57,5; 76/61,7; 56/45,2 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.45. Импригнированная буровая коронка 36И.

Категория буримости порд 1X-X11, средней твердости до твердых, слабо абразивные, частично трещиноватые. Диаметр бурения 46/31,7 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.46. Импригнированная буровая коронка 37И.

Категория буримости порд 1X-X11, для крепких и очень крепких пород незначительно разрушенных. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.47. Импригнированная буровая коронка 38И.

Категория буримости порд X-X1, для сложных горно-геологических условий, сильно раздробленные или трещиноватые породы. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5; 122 / 85 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.48. Импригнированная буровая коронка 34И КЛМ.

Категория буримости порд V11-X1, для монолитных, слаботрещиноватых и трещиноватых пород. Диаметр бурения 75,3/40 мм. Бурение с обратной промывкой, гидротранспортом керна с комплексом ССК-NK.



Рис. 2.49. Импригнированная буровая коронка 23И.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95.6/63.5; 122/85 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.50. Импригнированная буровая коронка 27И.

Категория буримости порд V11-Х11, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 46,5/30,3; 56,5/39; 59.6/42; 75.3/56 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.51. Импригнированная буровая коронка К04 КП.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 76/48 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.52. Импригнированная буровая коронка К04.

Категория буримости порд 1Х-Х11, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 59/35,4;76 /48 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.53. Импригнированная буровая коронка К-01-3.

Категория буримости порд V111-X1, монолитные, слабо трещиноватые и трещиноватые. Диаметр бурения 46, 59 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.

2.3. Коронки алмазные однослойные

Алмазы в однослойных коронках располагаются в верхнем слое матрицы. Используются крупные природные и синтетические алмазы, которые обеспечивают высокую скорость проходки и высокую эффективность буровых работ. Алмазы в однослойных коронках располагают по определенной схеме, которая меняется в зависимости от размеров используемых алмазов, что в значительной мере определяет ресурс коронки и скорость бурения.



Рис. 2.54. Однослойная буровая коронка 01А3, 01А4.

Категория буримости порд V11-1X, малообразивные, монолитные, трещиноватые. Диаметр бурения 36, 46, 59, 76, 93, 112 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.55. Однослойная буровая коронка 08А3.

Категория буримости порд V11-1X, мало и средне абразивные. Диаметр бурения 46 мм. Бурение бескерновое многозабойное.



Рис. 2.56. Однослойная буровая коронка 09А3.

Категория буримости порд V11-1X, мало и средне абразивные. Диаметр бурения 59 мм. Бурение бескерновое многозабойное.



Рис. 2.57. Однослойная буровая коронка К16.

Категория буримости порд V1- V111, перемежающиеся. Диаметр бурения 76 мм. Бурение с отбором керна комплексом КССК-76.



Рис. 2.58 Однослойная буровая коронка К01.

Категория буримости порд V11- 1X, плотные слабо и средне трещиноватые. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК-59.



Рис. 2.59. Однослойная буровая коронка К01-1.

Категория буримости порд V11- 1X, плотные. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК-59.



Рис. 2.60. Однослойная буровая коронка К01-2.

Категория буримости порд V11- 1X, средне трещиноватые. Диаметр бурения 59 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК-59.



Рис. 2.61. Однослойная буровая коронка 01КС.

Категория буримости порд V-1X, абразивные, переслаивающиеся по твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,76, 93, 112, 132, 151, 245/225 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.62. Однослойная буровая коронка 02КС.

Категория буримости порд V-1X, абразивные, переслаивающиеся по твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,76, 93, 112, 132, 151 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.63. Однослойная буровая коронка 01А3СВ.

Категория буримости порд V111, монолитные и слабо трещиноватые. Диаметр бурения 46, 59,76, 93, 112 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.64. Однослойная буровая коронка 01А4СВ.

Категория буримости порд V111, монолитные и слабо трещиноватые. Диаметр бурения 46, 59,76, 93, 112 мм. Бурение с отбором керна одинарными колонковыми трубами.



Рис. 2.65. Однослойная буровая коронка 07КС.

Категория буримости порд V-1X, абразивные, переслаивающиеся по твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5; 122/83 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.66. Однослойная буровая коронка 07КС2.

Категория буримости порд V-V111, абразивные, переслаивающиеся по твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5; 122/83 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.67. Однослойная буровая коронка 07КС-0.

Категория буримости порд V-V111, абразивные, переслаивающиеся по твердости и абразивности. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5; 122/83 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.68. Однослойная буровая коронка К-06.

Категория буримости порд V11-1X, плотные, слабо и средне трещиноватые. Диаметр бурения 75,3; 95,6 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.69. Однослойная буровая коронка 07КС-2-0.

Категория буримости порд V11-1X, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 75,3/47,6; 95,6/63,5 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.70. Однослойная буровая коронка 23А.

Категория буримости порд V111-X, малоабразивные, абразивные, плотные, монолитные, мелко и среднезернистые, трещиноватые. Диаметр бурения 59,6/36,4; 75,3/47,6; 95,6/63,5 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.71. Однослойная буровая коронка 29А.

Категория буримости порд V111-1X, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 75,3/47,6; 95,6/63,5 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.



Рис. 2.72. Однослойная буровая коронка 31А.

Категория буримости порд V111-X, различной твердости и абразивности. Диаметр бурения 93, 112 мм. Бурение сплошным зобоем.



Рис. 2.73 Однослойная буровая коронка ГБА.

Категория буримости порд V1-V111, абразивные горные породы. Диаметр бурения 215,9/100 мм. Бурение с отбором керна.



Рис. 2.74. Однослойная буровая коронка Б-1.

Категория буримости порд V1-1X, резко перемежающиеся горные породы. Диаметр бурения 117,5/63,5 мм. Бурение с отбором керна комплексом ССК.

2.4. Алмазные расширители

Алмазные расширители предназначены для поддержания заданного диаметра скважины. В буровом снаряде расширитель устанавливается между коронкой и колонковой трубой. Расширители заменяются, когда их диаметр становится меньше диаметра новой коронки. Поэтому только самая последняя часть калибруется при установке новой коронки. Алмазный расширитель помогает стабилизировать колонковую трубу. Выпускаются расширители для всех типов колонковых труб и коронок. В расширителях для армирования секторов применяются специально отобранные природные или синтетические алмазы.



Рис. 2.75. Алмазный расширитель РСА.

Категория буримости порд 1X- X, мало и средне абразивные. Диаметр бурения 46,4; 59,4; 76,4; 93,4 мм.



Рис. 2.76. Алмазный расширитель РСА-1.

Категория буримости порд V11 - X, плотные, слабо и средне трещиноватые. Диаметр бурения 59,4 мм.



Рис. 2.77. Алмазный расширитель РЦК.

Категория буримости порд V1 - X, плотные, малообразивные и средне трещиноватые. Диаметр бурения 76,4 мм.



Рис. 2.78. Алмазный расширитель РСА 23П.

Категория буримости порд V11–X11, твердые, очень твердые, средне абразивные и трещиноватые. Диаметр бурения 60; 75,7; 96 мм.



Рис. 2.79. Алмазный расширитель РСА 27П.

Категория буримости порд V11–X1, плотные и слабо трещиноватые. Диаметр бурения 60 мм.



Рис. 2.80. Алмазный расширитель РСН.

Категория буримости порд V11–X11, твердые, очень твердые, среднеабразивные и трещиноватые, плотные. Диаметр бурения 46,4; 59,4; 76,4; 93,4 мм.



Рис. 2.81. Алмазный расширитель РАС.

Категория буримости порд V11–X, плотные, малоабразивные и средне трещиноватые. Диаметр бурения 112,4; 136,7; 172,7 мм.



Рис. 2.82. Алмазный расширитель РСА 33.

Категория буримости порд V111–X1, монолитные, слаботрещиноватые и трещиноватые. Диаметр бурения 76,4 мм.



Рис. 2.83. Переходник центратор ПЦ.

Переходник центратор ПЦ служит для центрирования верхнего конца колонковой трубы в скважине с целью снижения искривления скважины и вибрации снаряда, а так же для снижения износа колонковой трубы. Служит для соединения бурильных труб с колонковой трубой или шламовой трубой. Диаметр бурения 59,6; 75,3; 96; 122,6 мм.



Рис. 2.84. Башмаки обсадных труб.

Башмаки обсадных труб применяются для забуривания или при установке обсадных труб в скважены. Изготавливаются стандартных и иных размеров.

2.5. Лопастные породоразрушающие инструменты

Лопастные породоразрушающие инструменты состоят из корпуса и лопастей (рис. 2.85.). В верхней части корпуса нарезается присоединительная резьба, а в нижней части просверливаются сквозные промывочные отверстия для подачи промывочной жидкости на забой. Боковые калибрующие и другие рабочие поверхности лопастей обычно покрывают релитом, чугуном или армируют порошкообразным карбидом вольфрама.

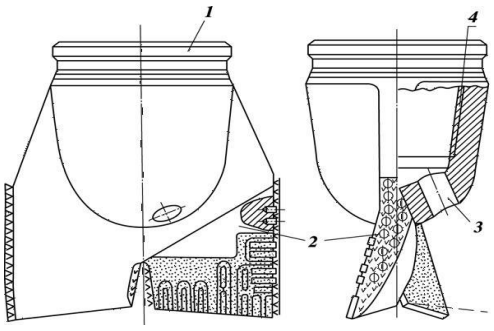


Рис. 2.85. Двухлопастное долото:
1 − корпус; 2 − лопасти; 3 − промывочные отверстия;
4− присоединительная резьба.

Лопастные долота выпускаются следующих пяти разновидностей:
2Л − двухлопастные;
3Л − трехлопастные (рис. 2.86.);
3ИР − трехлопастные истирающе-режущие;
6ИР − шестилопастные истирающе-режущие;
П − пикообразные (однолопастные).

Лопастные породоразрушающие инструменты в соответствии с их назначением производятся четырех типов: М, МС, МСЗ и С.
Породоразрушающие инструменты разновидностей 2Л и 3Л выпускаются двух типов: М и МС.

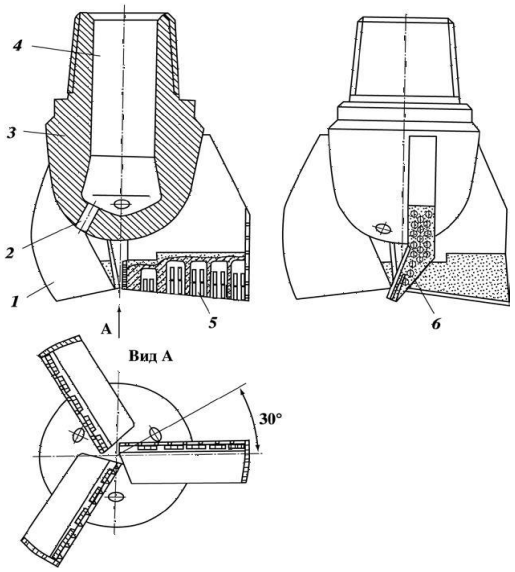


Рис. 2.86. Трехлопастное долото:
1 − лопасть; 2 − промывочное отверстие; 3 − корпус; 4 − присоединительная резьба;
5 − твердосплавные пластины; 6 − армирование торца лопасти.

Конструктивно породоразрушающие инструменты типа М отличаются от долот типа МС армированием передней поверхности зерновым релитом в пазах, прорезанных по определенной схеме с учетом характера износа лопастей и усилением с наружи чугуном. В породоразрушающих инструментах типа МС вместо релита в тех же пазах устанавливаются и припаиваются твердосплавные победитовые пластины прямоугольной формы. Породоразрушающие инструменты разновидности 3ИР относятся к типу МСЗ, а разновидности 6ИР − к типу С. Пикообразные породоразрушающие инструменты изготовляют двух типов: ПЦ − для разбуривания цементных пробок и металлических деталей низа обсадных колонн (рис. 3); ПР − для расширения ствола скважины.

Согласно ОСТ 26-02-1282−75 все лопастные породоразрушающие инструменты должны изготавливаться только с ниппельной присоединительной резьбой, выполненной соответствии с ГОСТ 20692−75, диаметром от 94,4 до 469,9 мм. По способу соединения корпуса с лопастями выделяются цельнокованые породоразрушающие инструменты и инструменты сварные, т.е. с приварными к корпусу лопастями. По конструкции промывочного устройства выделяются породоразрушающие инструменты с обычной и гидромониторной промывкой.

Примеры условной записи лопастных породоразрушающих инструментов (долот):
2Л-76М: 2Л − двухлопастное; 76 − номинальный диаметр, мм; М − для мягких пород;
3Л-161М: 3Л − трехлопастное; 161 − номинальный диаметр, мм; М − для мягких пород.

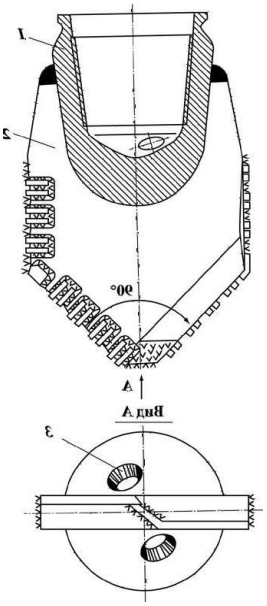


Рис.2.87. Пикообразное долото для разбуривания цементных стаканов в обсадной колоне:
1 − корпус; 2 − лопасть; 3 − промывочные отверстия.

2.6. Шарошечные породоразрушающие инструменты

Впервые породоразрушающий шарошечный инструмент был изобретен и изготовлен в США предпринимателем Юзом в 1909 г.

Шарошечные породоразрушающие инструменты относятся к группе инструментов дробяще-скалывающего действия, за исключением одношарошечных. В настоящее время шарошечные породоразрушающие инструменты производят в двух-, трех - и многошарошечном исполнении. Свое название они получили по конструктивному элементу − зубчатому катку − шарошке, на которой кольцевыми рядами (венцами) располагаются элементы вооружения (зубцы), разрушающие горную породу.

Породоразрушающие инструменты в двух- и трехшарошечном исполнении

составляют группу инструментов, разрушающих породу сплошным забоем. Их называют буровыми шарошечными долотами.

Шарошечное долото (рис.2.88.) состоит из секций, сваренных между собой. Верхняя часть сваренных между собой секций образует корпус. На верхнем конце корпуса нарезается присоединительная резьба. Число секций равно числу шарошек. В шарошечных долотах выделяют:

− вооружение долота − совокупность всех зубцов на всех шарошках;
− опору долота − совокупность подшипников всех шарошек;
− систему промывки долота
− совокупность всех промывочных узлов долота.

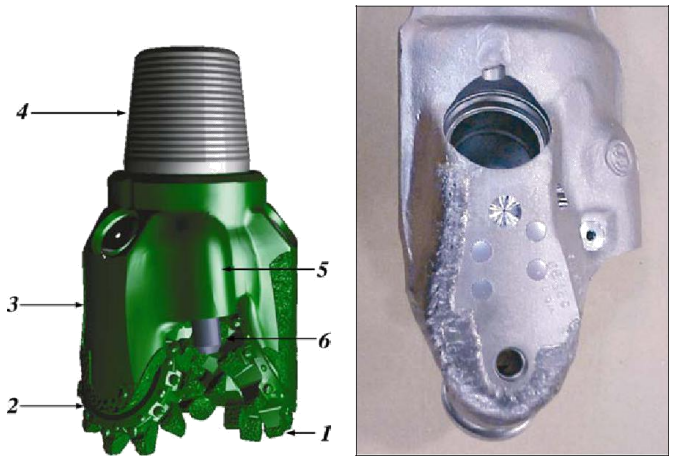


Рис.2.88. Общий вид трехшарошечного долота:
1 − шарошка; 2 − козырек лапы; 3 − лапа; 4 − присоединительная резьба;
5 − насадочный прилив; 6 – насадка.

Рис.2.89. Общий вид лапы.

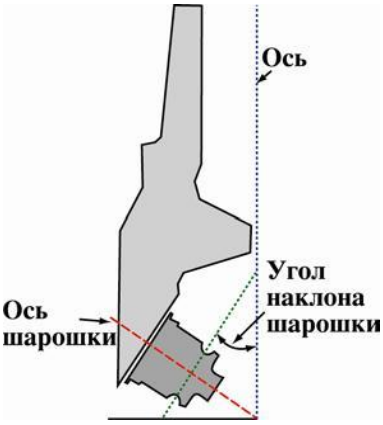


Рис.2.90. Основные элементы лапы

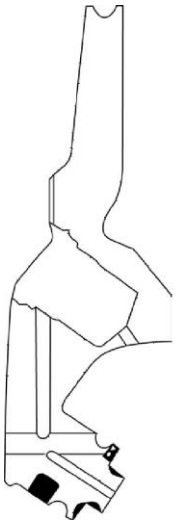


Рис. 2.91. Схема лапы с внутренними каналами.



Рис. 2.92. Общий вид цапфы.



Рис. 2.93. Общий вид шарошки с фрезерованным вооружением.

Собранная секция состоит из лапы (рис.2.89, 2.90, 2.91) заканчивающейся цапфой (рис.2.92.). На цапфе на подшипниках смонтирована свободно вращающаяся шарошка (рис.2.93.). Взаимная ориентация секций в долоте осуществляется с помощью двухгранного угла, фрезеруемого на каждой лапе, и сборочных штифтов.

Вооружение шарошечных породоразрушающих инструментов

Вооружение предназначено для разрушения горной породы. Шарошки, как правило, имеют коническую форму и могут быть одно- (рис.2.94, 2.95) и многоконусными. Тело одноконусной шарошки (рис 2.94) ограничено двумя коническими поверхностями. Конус 1 называется основным, а конус 2 − обратным.

Тело двухконусной шарошки (рис.2.96) ограничено тремя коническими поверхностями, а трехконусной − четырьмя. Конусы, расположенные между основным и обратным конусами, называются дополнительными. Вершины дополнительных конусов направлены к оси долота и их боковые поверхности взаимодействуют с забоем. Дополнительные конусы принято нумеровать, начиная от основного конуса в сторону обратного.

Шарошка характеризуется следующими геометрическими параметрами: диаметр $d_ш$, углы основного 2α и дополнительного $2\alpha i$ конусов, высота $H_ш$.

Угол при вершине основного конуса определяет объем шарошки.

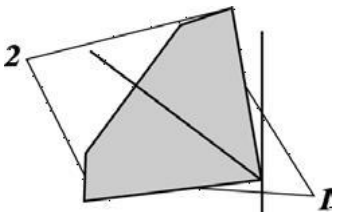


Рис.2.94**.** Тело одноконусной шарошки.

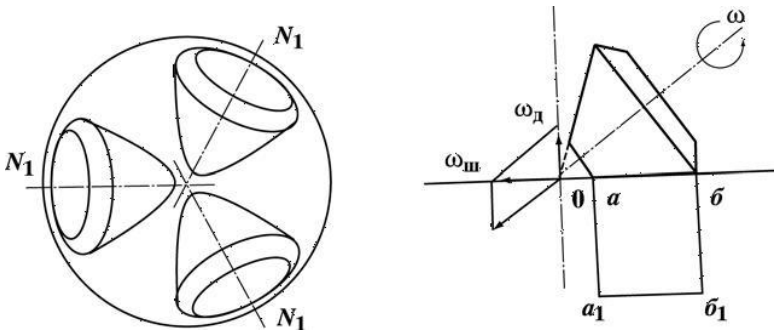


Рис. 2.95. Кинематика одноконусной шарошки:
ωд - угловая скорость вращения долота; ωш - угловая скорость шарошки;
а, а1, б, б 1 - проекция образующей корпуса шарошки на забой.

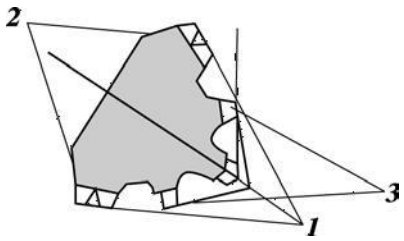


Рис. 2.96. Тело двухконусной шарошки:
1 – основной конус; 2 − обратный конус;
3 − дополнительный конус.

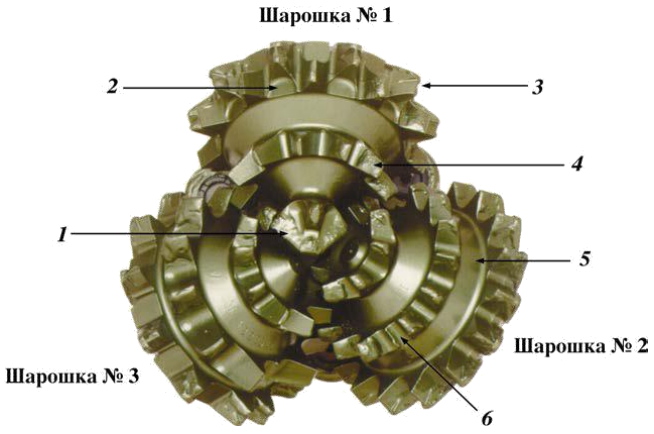


Рис.2.97. Основные элементы шарошек долота с твердосплавным вооружением:
1 − внутренние венцы; 2 − пирамидальный резец внутреннего венца; 3 − зазор между резцами; 4 − резцы калибрующего венца; 5 − межвенцовая канавка

Шарошки принято нумеровать в зависимости от того, какое место занимает первый венец по отношению к оси долота (рис.2.98, 2.99). Шарошке, у которой первый венец расположен в зоне оси долота и разрушает центральную часть забоя, присваивается

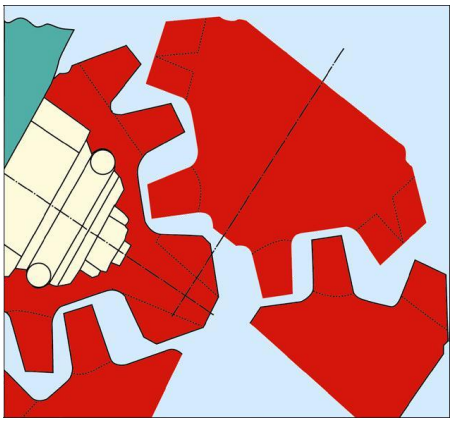


Рис.2.98. Смещение осей шарошек.

первый номер. Шарошка, первый венец которой разрушает кольцо, прилегающее к центральной части забоя, является второй.

Расположение шарошек относительно оси долота определяется следующими параметрами:

− углом наклона оси шарошки к оси долота β;

− выносом вершины шарошки за ось долота, f;

− величиной смещения осей шарошек в плане k.

Угол наклона оси шарошки к оси долота для современных серийных шарошечных долот лежит в пределах $51^0\ 57^0 30'$ и определяется типом долота.

Величина выноса вершины шарошки за ось долота определяется типоразмером долота и лежит в пределах 0−12 мм.

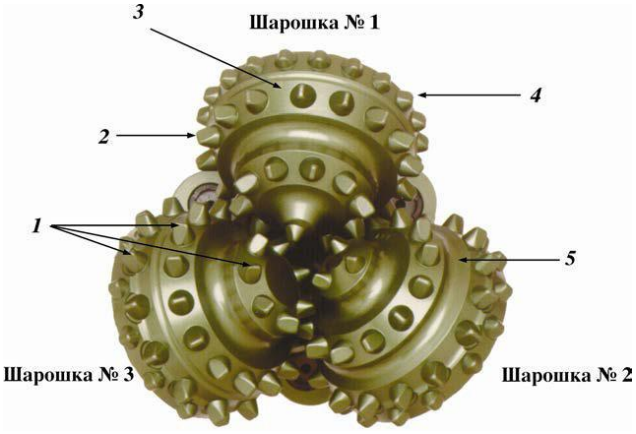


Рис. 2.99. Основные элементы шарошек долота с фрезерованным вооружением:
1 − центральная точка; 2 − уменьшенный зубец; 3 − зубцы калибрующего венца;
4 − защитное покрытие; 5 − межвенцовая канавка; 6 − зазор между зубцами.

В плане оси шарошек расположены относительно друг друга под углом 120^0, а по отношению к оси долота возможны два варианта расположения:

− долота с несмещенными осями шарошек, оси которых пересекаются в одной точке на оси долота;

− долота со смещенными осями шарошек (рис.2.100).

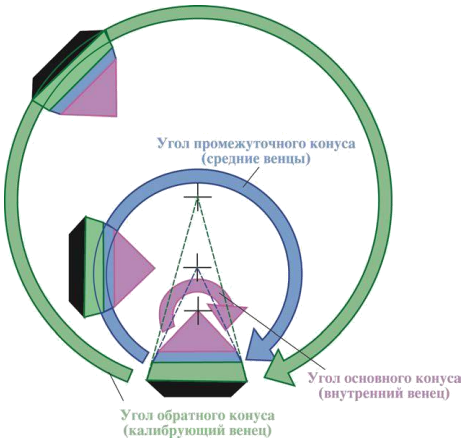


Рис.2.100. Схема смещения осей шарошки.

Оси смещаются в сторону вращения долота, и при этом смещение считается положительным. Величина смещения лежит в пределах 4−10 мм и определяется типоразмером долота. Долота считаются с несмещенными осями шарошек, если они имеют смещение, не превышающее 1,5 мм. Такое смещение называют технологическим. Оно гарантирует отсутствие отрицательного смещения шарошек, которое могло появиться в результате неблагоприятного сочетания допусков на размеры лап и неточностей сборки и сварки секций в корпус.

По расположению шарошек относительно друг друга следует различать два вида долот:

− долота с самоочищающимися шарошками, у которых центральные венцы каждой из шарошек входят в межвенцовое пространство соседних шарошек;

− долота с не самоочищающимися шарошками, у которых контуры соседних шарошек не пересекаются.

На венцах шарошек фрезеруются или крепятся элементы вооружения (зубцы), предназначенные для разрушения горной породы.

Совокупность всех зубцов на всех шарошках называют вооружением долота. Вооружение долот бывает трех видов:

− фрезерованное, армированное твердым сплавом;

− твердосплавное зубковое (штыревое);

− комбинированное (по спецзаказу) (рис.2.101).



Рис.2.101. Комбинированное вооружение.

В современных шарошечных долотах используются фрезерованные зубки разных форм для обеспечения лучшей породоразрушающей способности и долговечности (рис. 2.102).

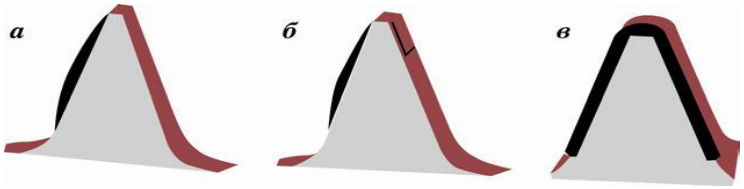


Рис.2.102. Типовые формы фрезерованных зубцов шарошечных долот производства ОАО «Волгабурмаш»:
а − тип 1, наплавляется только набегающая грань; б − тип 2, наплавляются набегающая грань и начало сбегающей грани; в − тип 3, наплавляются полностью все четыре грани и площадка притупления

Для обеспечения долговечности фрезерованного вооружения шарошки изготавливаются из малоуглеродистых легированных сталей (например, марок 17Н3МА, 18ХН3МА, 20ХН3А) с последующей их химико-термической обработкой. Химико-термическая обработка позволяет получить высокую твердость поверхностного цементированного слоя глубиной 0,6−2,4 мм в зависимости от диаметра долота (с увеличением диаметра глубина цементации возрастает), необходимую прочность и ударную выносливость сердцевины.

Боковые и торцовые грани зубцов, а также калибрующие поверхности обратных конусов шарошек направляются (армируются) твердым зерновым сплавом − релитом, представляющим измельченный литой карбид вольфрама.

Кроме того, в некоторых конструкциях долот в обратные конуса шарошек запрессовываются цилиндрические твердосплавные (сплав типа ВК11ВК) вставки с последующей наплавкой. Для улучшения охлаждения наплавленных поверхностей обратных конусов на них выполняются канавки.

В долотах некоторых типов в качестве элементов вооружения на центральных и периферийных венцах используются твердосплавные зубки, изготовленные из вольфрамокобальтового сплава типа ВК11ВК. Зубок имеет форму цилиндра, один торец которого плоский, а другой является рабочей головкой зубка, непосредственно воздействующий на горную породу (рис.2.103).

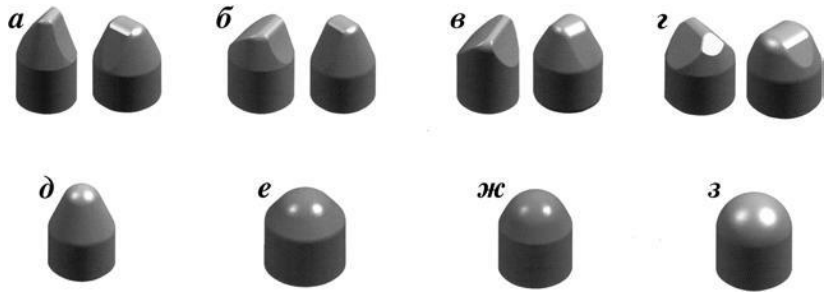


Рис. 2.103. Формы твердосплавных зубков шарошечных долот производства ОАО «Волгабурмаш»:
а − для очень мягких пород; б − для мягких пород; в − для мягких пород, перемежающихся со средними; г − для средних пород; д − для средних пород, перемежающихся с твердыми; е − для твердых пород; ж − для твердых пород, перемежающихся с крепкими; з − для крепких пород

Важным геометрическим параметром вооружения шарошечного долота является коэффициент перекрытия забоя, который рассчитывается по формулам:
(для долот с фрезерованными зубцами)

$$\eta = {}^{\Sigma}\sum l_{ij}/R_{д}, \qquad (2.1)$$

где η − коэффициент перекрытия забоя; l_{ij} − сумма длин зубцов по одному с каждого венца всех шарошек (i − номер шарошки, j
− номер венца); $R_{д}$ − радиус долота;
(для долот с твердосплавными зубками)

$$\eta = {}^{\Sigma}\sum d_{ij}/R_{д}, \qquad (2.2)$$

где d_{ij} − сумма диаметров зубков по одному с каждого венца всех шарошек (i -номер шарошки, j − номер венца).

Системы очистки забоя и элементов вооружения шарошечных породоразрушающих инструментов

Система очистки забоя предназначена для формирования потоков промывочной жидкости или продувочного агента и направления его в нужную часть забоя. Она включает в себя внутреннюю полость долота 1, подводящий канал 2 (один или несколько), выходное отверстие 3 (одно или несколько) (рис.2.104).

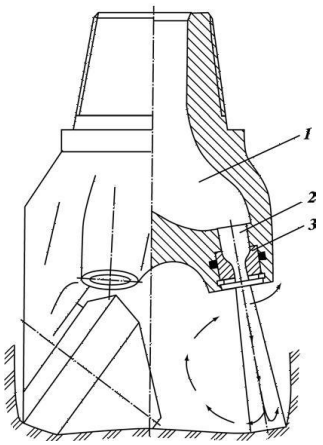


Рис. 2.104. Схема системы промывки шарошечных долот

В зависимости от направления струи промывочного агента долота подразделяются на долота:

− с центральной промывкой или продувкой (рис.2.105);

− с боковой гидромониторной промывкой или продувкой.

У первых долот струя направлена в центральную часть забоя на шарошки. Выходное отверстие выполнено в центре долота и имеет в большинстве случаев круглое сечение.

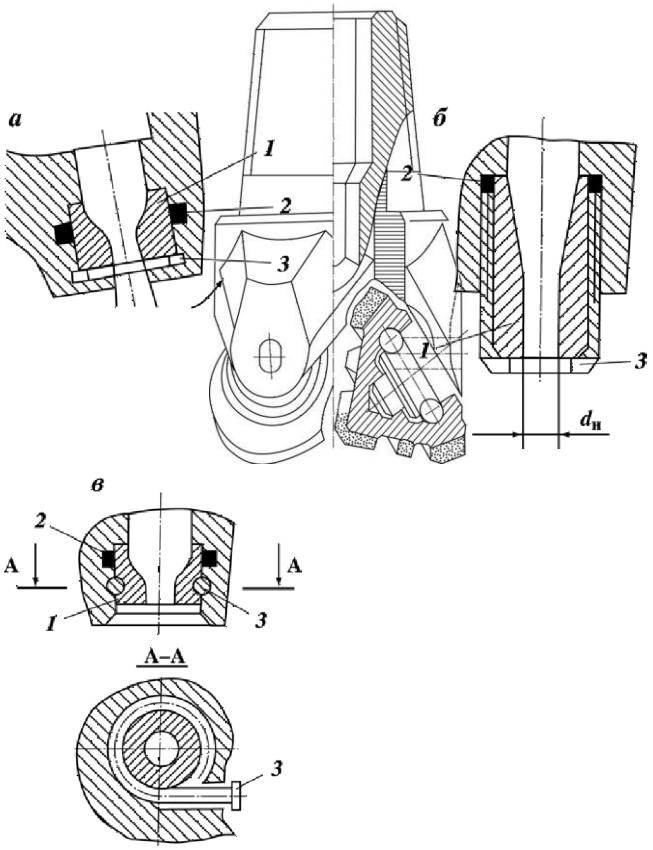


Рис.2.105. Схема долота с центральной системой промывки

У вторых долот выходные отверстия направляют струи жидкости между шарошками на периферийную часть забоя под некоторым углом к оси долота. Это обеспечивает направление струи одновременно к стенке скважины и в сторону, противоположную направлению вращения долота.

Струи непосредственно воздействуют на породу, интенсифицируя очистку забоя от шлама. Долота с такой системой промывки принято называть гидромониторными.

Для предотвращения размыва выходных отверстий в гидро-мониторных долотах устанавливаются гидромониторные насадки. Эти системы образуют гидромониторные узлы (ГМУ).

Рис. 2.106. Схемы ГМУ шарошечных долот:
а − крепление пружинным кольцом; б − крепление резьбовой втулкой; в − крепление гвоздем

Каждый ГМУ (рис.2.106.) включает три обязательных элемента: насадку 1, уплотнение 2, удерживающий замок 3. Насадка является сменной и изготавливается из твердого материала, способного противостоять эрозионному изнашиванию. Уплотнение 2 предназначено для герметизации зазора между насадкой 1 и корпусом. Переток промывочной жидкости по этому зазору приводит к интенсивному размыву отверстия в корпусе и выпадению из него насадки. Замок 3 предназначен для удержания насадки 1 в корпусе долота.

Герметизация зазора между насадкой 1 и корпусом во всех трех рассмотренных конструкциях осуществляется тороидальным резиновым кольцом 2.

Основной эксплуатационный параметр ГМУ − выходной диаметр dn насадки.

Гидравлическая система современных долот позволяет выбирать схему промывки забоя и вооружения долота, обеспечивающую наилучший эффект их очистки в зависимости от свойств породы и условий бурения. Это достигается применением различных схем промывки центральной, периферийной или асимметричной.

Под асимметричной схемой промывки понимают работу двух или даже одной периферийной насадки вместо трех. В большом числе случаев весьма эффективны комбинированные схемы, когда одновременно работают центральная и периферийные насадки.

Для бурения скважин с продувкой забоя сжатым газом выпускаются долота с продувкой. Отличительной особенностью этих долот является наличие центрального продувочного канала уменьшенного сечения в корпусе долота и каналов в каждой лапе, которые подводят часть нагнетаемого газа в полости опор шарошек для их охлаждения и очистки от возможного попадания в них мелких выбуренных частиц породы и пыли (рис.2.107).

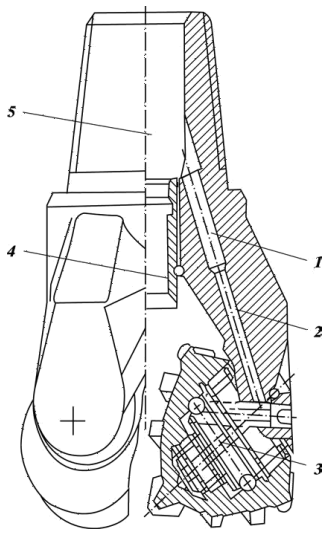


Рис.2.107. Схема ГМУ для продувки сжатым газом:
1, 2 − продувочные каналы в лапе долота; 3 − замковый подшипник;
4 − центральный промывочный узел; 5 − внутренняя полость в корпусе долота

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

2.7. Типы и основные размеры шарошечных долот по гост 20692−2003

ДОЛОТА ШАРОШЕЧНЫЕ

Технические условия

Roller bits. Specifications

Дата введения 2004—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на шарошечные долота для сплошного бурения скважин.

Требования, изложенные в разделах 3—5 (кроме 5.2), разделах 6—8, являются обязательными.

Обязательные требования, обеспечивающие безопасность работы с шарошечными долотами, изложены в 4.4—4.6.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.032—74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения

ГОСТ 15.309—98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 164—90 Штангенрейсмасы. Технические условия

ГОСТ 577—68 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия

ГОСТ 3242—79 Соединения сварные. Методы контроля качества

ГОСТ 7918—75 Замки для геолого-разведочных бурильных труб диаметром 50 мм. Технические условия

ГОСТ 14192—96 Маркировка грузов

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 28487—90 Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль. Размеры. Допуски*

3 Классификация и основные размеры

3.1 Долота следует изготовлять следующих видов:

I — одношарошечные;

II — двухшарошечные;

III — трехшарошечные.

* На территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 50864—96 Резьба коническая замковая для элементов бурильных колонн. Профиль, размеры, технические требования.

Издание официальное

3.2 Долота следует изготовлять следующих типов:

М — со стальными зубьями для бурения мягких пород;

МЗ — с твердосплавными зубками для бурения мягких абразивных пород;

МС — со стальными зубьями для бурения мягких пород с пропластками средней твердости;

МСЗ — с твердосплавными зубками для бурения мягких абразивных пород с пропластками средней твердости;

С — со стальными зубьями для бурения пород средней твердости;

СЗ — с твердосплавными зубками для бурения абразивных пород средней твердости;

СТ — со стальными зубьями для бурения пород средней твердости с пропластками твердых;

Т — со стальными зубьями для бурения твердых пород;

ТЗ — с твердосплавными зубками для бурения твердых абразивных пород;

ТК — со стальными зубьями и твердосплавными зубками для бурения твердых пород с пропластками крепких;

ТКЗ — с твердосплавными зубками для бурения твердых абразивных пород с пропластками крепких;

К — с твердосплавными зубками для бурения крепких пород;

ОК — с твердосплавными зубками для бурения очень крепких пород.

3.3 По расположению и конструкции промывочных и продувных узлов (каналов) долота следует изготовлять с:

центральной промывкой — Ц;

боковой гидромониторной промывкой — Г;

комбинированной промывкой — ЦГ;

центральной продувкой — П;

боковой продувкой — ПГ.

3.4 Опоры шарошек следует изготовлять на:

подшипниках с телами качения и одном или более упорных подшипниках скольжения, или без упорных подшипников скольжения — В;

подшипниках с телами качения и одном или более упорных подшипниках скольжения и герметизацией опоры — ВУ;

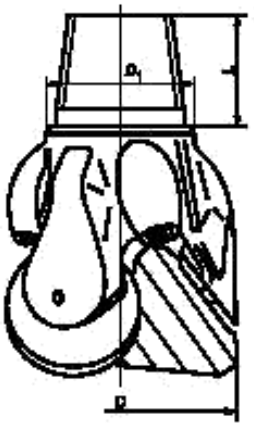
одном радиальном и одном или более упорных подшипниках скольжения (остальные подшипники с телами качения) — Н;

одном радиальном и одном или более упорных подшипниках скольжения (остальные подшипники с телами качения) и герметизацией опоры — НУ;

двух или более радиальных подшипниках скольжения с одним или более упорным подшипником скольжения — А;

двух или более радиальных подшипниках скольжения с одним или более упорным подшипником скольжения и герметизацией опоры — АУ.

3.5 Основные размеры долот и обозначения присоединительной резьбы должны соответствовать указанным на рисунке 1 и в таблице 1.



Примечание — Рисунок не определяет конструкцию долота

Рисунок 1

Таблица 1

Размеры в миллиметрах

Диаметр долота D		Диаметр упорного уступа D_1 ± 0,4	Длина ниппеля L − 4,8	Обозначение присоединительной резьбы
Номин.	Пред. откл.			
76,0	+ 0,6	57,0	50	3-42
93,0	+ 0,8	65,0; 77,4; 78,18	76; (60)	3-50
95,3		77,4; 78,18; 83,0		3-63,5; 3-66
98,4				
114,3				
117,5		92,47	88,9; (70)	3-76
120,6				
127,0				
130,2		92,47; 105,17	88,9; 95,25; (70)	3-76; 3-88
132,0				
139,7		83,0; 105,17	70,0; 95,25; (60)	3-63,5; 3-88
146,0				
151,0				
161,0				
165,1				
171,4				
187,3				
190,5		136,13	107,95; (80)	3-117
200,0				
212,7				
215,9				
222,3				
238,1				
241,3		142,1; 187,72	102; 127; (80)	3-121; 3-152
244,5				
250,8				
269,9				
295,3				
304,8				
311,1				
320,0				
349,2				
365,1	+ 1,6	187,72; 196,0; 203*; 215,9	127,0; (80); 133,35	3-152; 3-171; 3-177
368,3				
371,5				
374,6				
393,7				
444,5				
469,9	+ 2,4	196,0; 215,9; 243,28; 243,8	127,0; 133,35; 136,53; 137,0	3-171; 3-177; 3-201
473,1				
490,0				
508,0				

* Для корпусных долот с муфтовой присоединительной резьбой.

Примечания

1 Размеры в скобках указаны для долот с укороченной резьбой.

2 По заказу потребителя допускается изготовление долот с размерами, отличными от указанных.

3 Долота с опорами А и В следует изготовлять: с $D = 76\,^{+0,6}_{-0,3}$ мм, с D от $93\,^{+1,0}_{-0,3}$ мм до $320,0\,^{+1,0}_{-0,3}$ мм, с D от (349,2 ± 1,5) мм до (393,7 ± 1,5) мм; с $D \geq 444,5$ мм ± 2,0 мм.

Пример условного обозначения трехшарошечного долота диаметром 215,9 мм для бурения абразивных пород средней твердости (СЗ), с боковой гидромониторной промывкой (Г), на двух или более радиальных подшипниках скольжения с одним или более упорным подшипником скольжения и герметизацией опоры (АУ):

Долото шарошечное III 215,9 СЗ-ГАУ ГОСТ 20692—2003

4 Технические требования

4.1 Долота следует изготовлять в соответствии с требованиями настоящего стандарта, по рабочим чертежам, утвержденным в установленном порядке.

4.2 Точность изготовления долот должна соответствовать значениям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Размеры в миллиметрах

Наименование параметра	Тип долота	Норма точности для долот диаметрами, не более							
		от 76,0 до 98,4 включ.	св. 98,4 до 171,4 включ.	св. 171,4 до 250,8 включ.	св. 250,8 до 311,1 включ.	св. 311,1 до 349,2 включ.	св. 349,2 до 393,7 включ.	св. 393,7 до 490,0 включ.	св. 490,0
Разновысотность шарошек относительно упорного уступа	М, МС, С, М3, МС3, С3	1,1	1,5	1,6		2,2	2,4	2,6	3,3
	СТ, Т, Т3, ТК3	0,9	1,3	1,6		2,0	2,4	2,6	3,3
	ОК, К	0,7	1,0	1,2		1,5	1,7	2,6	—
Радиальное биение шарошек относительно оси резьбы	М	1,0	1,1	1,4	2,0	2,3	2,8	3,0	3,8
	МС, С, М3, МС3, С3	1,0	1,1	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	3,8
	СТ, Т, Т3, ТК3	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,3	3,0	3,0
	ОК, К	0,6	0,8	1,2	1,4	1,5	1,8	3,0	—

4.3 Долота следует изготовлять с правой конической замковой резьбой.

Резьбы З-42 и З-63,5 — по техническому документу, утвержденному в установленном порядке.

Резьба З-50 — по ГОСТ 7918.

Остальные резьбы (кроме величины натяга) — по ГОСТ 28487.

Соответствие обозначений присоединительной резьбы по настоящему стандарту и спецификации 7 Американского нефтяного института (API Spec 7) приведено в приложении А.

4.4 Натяг конической замковой резьбы должен быть:

$10{,}35^{+0{,}4}$ мм — для ниппельной резьбы З-42;

$10{,}00^{+0{,}4}$ мм — для ниппельной резьбы З-50;

$16{,}00^{+0{,}4}$ мм — для ниппельной резьбы З-63,5;

$15{,}875\ ^{+0{,}25}_{-0{,}80}$ мм — для ниппельных резьб З-88, З-117, З-121, З-152, З-171, З-177, З-201;

$0\ ^{+0{,}35}_{-0{,}25}$ мм — для муфтовых резьб З-88, З-117, З-121, З-152, З-171, З-177, З-201.

4.5 Система промывки гидромониторных долот диаметрами 190,5 мм и более должна быть герметична при давлении жидкости 7,85 МПа; диаметрами менее 190,5 мм — при давлении жидкости 5 МПа.

4.6 Насадки в гидромониторных долотах с боковой промывкой диаметрами 190,5 мм и более должны удерживаться при давлении жидкости 7,85 МПа; диаметрами менее 190,5 мм — при давлении жидкости 5 МПа. Насадки должны быть сменными.

4.7 В сварных швах на поверхностях упорного уступа ниппеля и на расстоянии 25 мм над упорным уступом ниппеля не допускаются дефекты сварки, на остальной резьбовой части ниппеля

допускаются единичные поры и раковины диаметром не более 1 мм в количестве не более 3 шт. на каждом шве. На резьбовой части корпусных долот допускаются единичные поры и раковины диаметром не более 2 мм в количестве до 5 шт.

4.8 Требования к материалам, химико-термической обработке, комплектующим, краскам, смазкам должны соответствовать нормативной и технической документации, утвержденной в установленном порядке.

4.9 Поверхность долот, кроме присоединительной резьбы, упорного уступа ниппеля (упорного торца муфты), торца ниппеля и заходной фаски должна быть покрыта ровным слоем краски. После высыхания краска должна прочно удерживаться на долоте. Класс покрытия VII — по ГОСТ 9.032.

4.10 Поры, вздутия, мелкие пузыри и выступания коррозии через краску, а также попадание краски на присоединительную резьбу, упорный уступ, клапаны, в отверстия крышек смазочных резервуаров, промывочные каналы гидромониторных долот не допускаются.

4.11 Присоединительная резьба должна быть покрыта антикоррозионной смазкой.

4.12 Опоры шарошек должны быть заполнены смазкой. Заполнение смазкой долот с опорой НУ следует проводить до появления смазки из-под манжеты. Долота с опорами АУ и ВУ перед заполнением смазкой вакуумируют.

4.13 Шарошки долот с опорами АУ, НУ, ВУ должны проворачиваться на опорах от руки со значительным усилием. Шарошки долот с опорами Н, В, А должны свободно и плавно проворачиваться на опорах от усилий руки.

Зацепление зубьев или зубков одной шарошки за зубья или зубки, а также за корпус другой шарошки не допускается.

4.14 Пружинное кольцо компенсационного узла долота должно заходить по всему периметру в канавку и не иметь повреждений, а крышка не должна проворачиваться от руки.

4.15 Требования надежности

4.15.1 Срок сохраняемости долот — не менее 18 мес со дня изготовления.

4.16 Комплектность

4.16.1 В комплект поставки входят: долото с установленными насадками и (или) клапанами, а также паспорт долота.

По согласованию с потребителем допускается поставка долот без насадок.

4.17 Маркировка

4.17.1 Маркировка долот должна быть четкой и сохраняться на протяжении срока службы долота.

4.17.2 На торце ниппеля (пояске муфты) маркируются:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- условное обозначение долота (допускается обозначение стандарта не маркировать);
- обозначение присоединительной резьбы (по требованию потребителя);
- порядковый номер долота по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- дата изготовления (месяц, год);
- клеймо технического контроля.

Примечание — Допускается маркирование товарного знака предприятия-изготовителя на других поверхностях долота.

4.18 Упаковка

4.18.1 Поверхность присоединительной резьбы, включая упорный уступ ниппеля (упорный торец муфты), торец ниппеля и заходную фаску, должна быть полностью покрыта ровным слоем консервационной смазки по технической документации, утвержденной в установленном порядке.

4.18.2 Долота упаковывают в соответствии с технической документацией, утвержденной в установленном порядке.

По согласованию с потребителем допускается не упаковывать долота, при этом должна быть обеспечена защита присоединительной резьбы.

Каждое долото должно сопровождаться паспортом, содержащим:

- наименование продукции;
- наименование страны-изготовителя;
- наименование предприятия-изготовителя;
- область применения продукции;
- основные технические характеристики;
- изображение знака соответствия для сертифицированной продукции;
- юридический адрес предприятия-изготовителя (продавца);
- массу нетто;

2.8. Лицензионные шарошечные долота производства ОАО «Волгабурмаш»

В 1997 г. ОАО «Волгабурмаш». сертифицировало свою продукцию, выпускаемую по лицензии американской фирмы «Dresser», в Международной организации по стандартам (International Standards Organization − ISO) и Американском нефтяном институте (American Petroleum Institute − API) с получением сертификатов соответствия ISO 96-371 и API 7-0268. После этого выпускаемые ОАО «Волгабурмаш» долота классифицированы по международной системе IADC (I − International, A − Association, (of), D − Drilling, C − Contractors).

Система IADC базируется на четырехсимвольном коде, отражающем конструкцию долота и тип горной породы, для бурения которой оно предназначено.

Первые три символа кода − цифровые, а четвертый − буквенный.

Последовательность цифровых символов определяет: серию вооружения (породы) − тип вооружения (породы) − конструкцию опоры/калибрующих поверхностей.

Четвертый буквенный символ − дополнительные характеристики.

Первая цифра кода (1−8) − восемь серий вооружения, соответствующих восьми категориям разбуриваемых пород.

Серии 1−3 соответствуют долотам с фрезерованным вооружением.

Серии 4−8 соответствуют долотам с твердосплавным зубковым (штыревым) вооружением.

Вторая цифра кода характеризует тип вооружения (породу) внутри серии.

Каждая серия разделена на четыре типа пород по твердости. Чем больше цифра − тем выше твердость породы, для бурения которой предназначено долото.

Третья цифра характеризует конструкцию опоры и наличие (или отсутствие) дополнительной защиты калибрующих поверхностей (венцов шарошек) от износа по диаметру:

1 − открытая опора качения;

2 − открытая опора качения для бурения с продувкой воздухом;

3 − открытая опора качения + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек (обратных конусах шарошек);

4 − герметизированная опора качения;

5 − герметизированная опора качения + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек (обратных конусах шарошек);

6 − герметизированная опора на подшипниках скольжения;

7 − герметизированная опора на подшипниках скольжения + твердосплавные вставки на калибрующих поверхностях шарошек (обратных конусах шарошек);

8, 9 − резервные, для использования в будущем.

Некоторые зарубежные фирмы уже используют эти резервные обозначения. Так, например на фирме «Smith International, Inc.»:

8 − долота для бурения горизонтальных и наклонных скважин (L, XP);

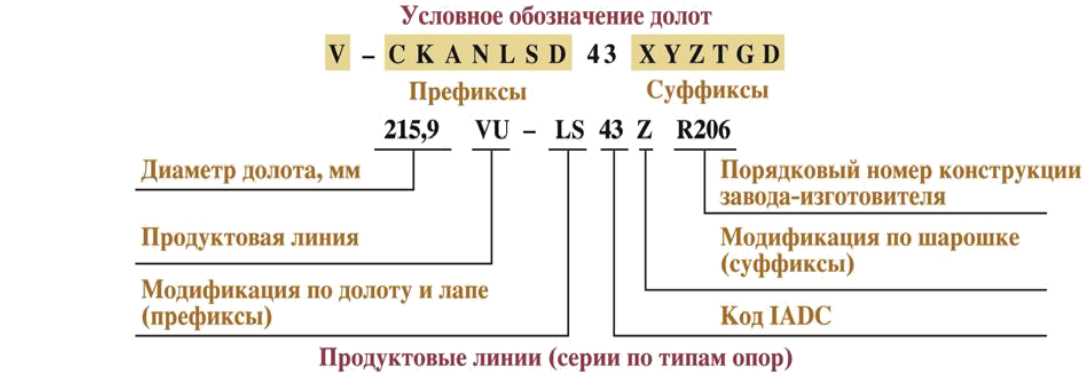
9 – долота для геотермального бурения (G) и бурения забойными двигателями (M).

Четвертый буквенный символ кода − дополнительные характеристики − содержит 16 английских букв и используется для обозначения специальных конструкций вооружения, опор, систем промывки и защиты корпусов долот от износа, но он является необязательным для производителей долот:

A − для бурения с продувкой воздухом;

B − для высокооборотного бурения (> 450 об/мин); C − центральная насадка;

D − специальная конструкция вооружения, уменьшающая самопроизвольное искривление ствола скважины;



Продуктовые линии (серии по типам опор)

A	V	N	VU	NU	AU	AUP	AUL
два радиальных подшипника скольжения	только подшипники качения	один подшипник скольжения (остальные подшипники качения)	только подшипники качения с уплотнением	один подшипник скольжения с уплотнением	два радиальных подшипника скольжения с уплотнением	долота малого диаметра до 172 мм	два радиальных подшипника скольжения с уплотнением (разрезная плавающая втулка и упорная шайба)

	Префиксы
C	центральныая насадка
K	комбинированная промывка
A	продувка воздухом
N	удлиненные насадки
L	наплавка козырька и набегающей грани лапы
S	армирование спинки лапы твердосплавными зубками
D	армирование спинки лапы зубками с алмазным покрытием

	Суффиксы
X	клиновидный зубок
Y	конический зубок
Z	зубок прочей формы, отличный от клиновидного и конического
T	усиленная объемная наплавка зубьев
G	дополнительное армирование твердосплавными зубками обратного конуса шарошки
D	армирование обратного конуса шарошки зубками с алмазным покрытием

Рис. 2.108. Условные обозначения лицензионных долот производства ОАО “Волгабурмаш”.

E − удлиненные насадки;
G − усиленная защита козырьков лап от износа;
H − долота для наклонного и горизонтального бурения;
J − гидромониторное долото для набора зенитного угла (кривизны);
L − калибрующие накладки на спинках лап, усиленные твердосплавными штырями;
M − долота для бурения винтовыми забойными двигателями;
S − стандартные долота с фрезерованным вооружением;
T − двухшарошечные долота;
W − усовершенствованное вооружение, запатентованное производителем;
X − твердосплавные зубки клиновидной формы;
Y − твердосплавные зубки конической формы;
Z − другие формы зубков.

После сертификации продукции ОАО «Волгабурмаш» изменило обозначение и кодирование шарошечных долот, выпускаемых по лицензии американской фирмы «Dresser», в своих каталогах (рис. 32).

Продуктовые линии (серии долот по типам опор) лицензионных долот в соответствии с ГОСТ 20692−75 нормируют эксплуатационные частоты их вращения:

(V) (> 450 об/мин);
(VU) (> 450 об/мин);
(N) (250−450 об/мин);
(NU) (250−450 об/мин);
(AU) (< 90 об/мин).

В табл. 9. показаны примеры обозначения шифров лицензионных шарошечных долот производства ОАО «Волгабурмаш» после сертификации.

Таблица 2.1.

Примеры обозначения долота по продуктовым линиям

Твердосплавное вооружение	
76,0 A-C74ZR306	76,0 − диаметр долота, мм; A − продуктовая линия; C − центральная промывка; 74 – крепкие породы по IADC; Z − сферический зубок (отличный от клиновидного и конического); R306 – порядковый номер конструкции завода - изготовителя
215,9 V-NL63YR276	215,9 − диаметр долота, мм; V – продуктовая линия; N − удлиненные насадки; L – наплавка козырька и набегающей грани лапы; 63 – твердые абразивные породы по IADC; Y – конический зубок; R276 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
311,1 N-43XR102M	311,1 − диаметр долота, мм; N – продуктовая линия; 43 − очень мягкие абразивные породы по IADC; X − клиновидный зубок; R102M − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
215,9 VU-LS43ZR206	215,9 − диаметр долота, мм; VU – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 43 − очень мягкие абразивные породы по IADC; Z − ковшеобразный зубок (отличный от клиновидного и конического); R206 − порядковый номер конструкции завода - изготовителя
215,9 NU-62XR05	215,9 − диаметр долота, мм; NU – продуктовая линия; 62 − твердые абразивные породы по IADC; X − клиновидный зубок; R05 − порядковый номер конструкции завода - изготовителя
165,1 AU-L51XR111	165,1 − диаметр долота, мм; AU – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; 51 − мягкие абразивные породы по IADC; X − клиновидный зубок; R111 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
124,0 AUPLS54XR413	124,0 − диаметр долота, мм; AUP – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 54 − средние абразивные породы по IADC; X − клиновидный зубок; R413 – порядковый номер конструкции завода - изготовителя
311,1 AULLS83Y R29	311,1 − диаметр долота, мм; AUL – продуктовая линия; L − наплавка козырька набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 83 − очень крепкие породы по IADC; Y − конический зубок; R299 -порядковый номер конструкции завода-изготовителя
Фрезерованное вооружение	
93,0 A-C31R307	93,0 − диаметр долота, мм; A − продуктовая линия; C − центральная промывка; 31 − твердые породы по IADC; R306 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
444,5 V-K11TGR130	444,5 − диаметр долота, мм; V − продуктовая линия; K − комбинированная (боковая и центральная) промывка; 11 − мягкие породы по IADC; T − усиленная объемная наплавка зубьев; G − дополнительное армирование твердосплавными зубками

	обратного конуса шарошки; R130 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
215,9 N-N21R163	215,9 − диаметр долота, мм; N − продуктовая линия; N − удлиненные насадки; 21 − средние породы по IADC; R163 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
215,9 VU-LS21R190	215,9 − диаметр долота, мм; VU – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 21 − средние породы по IADC; R190 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя
215,9 NU-LS11TGR183	215,9 − диаметр долота, мм; NU – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 11 − мягкие породы по IADC; T −усиленная объемная наплавка зубьев; G − дополнительное армирование твердосплавными зубками обратного конуса шарошки; R183 – порядковый номер конструкции завода-изготовителя
200,0 AU-11TR133	200,0 − диаметр долота, мм; AU – продуктовая линия; 11 − мягкие породы по IADC; T − усиленная объемная наплавка зубьев; R133 – порядковый номер конструкции завода-изготовителя
215,9 AULLS13TGR415	215,9 − диаметр долота, мм; AUL – продуктовая линия; L − наплавка козырька и набегающей грани лапы; S − армирование спинки лапы твердосплавными зубками; 13 − мягкие средние породы по IADC; T − усиленная объемная наплавка зубьев; G − дополнительное армирование твердосплавными зубками обратного конуса шарошки; R415 − порядковый номер конструкции завода-изготовителя

2.9. Одношарошечные долота

Конструкционная схема одношарошечного долота показана на рис.2.109, а его общий вид приведен на рис. 2.110, 2.111. Сферическая шарошка оснащена твердосплавными штырями. Центр сферы располагается в точке пересечения осей. Ось шарошки наклонена под углом 30^0 к оси долота. Промывка осуществляется через отверстие в корпусе долота. Опора долота гораздо больше, чем в трехшарошечных долотах, и состоит из цапфы и трех подшипников: скольжения, шарикового и шарикового замкового.

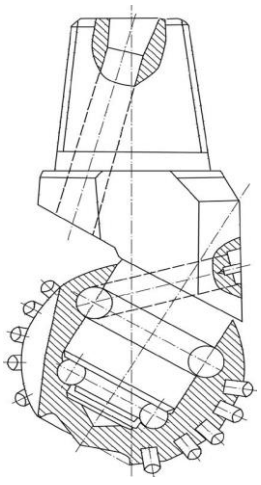


Рис.2.109. Схема одношарошечного долота

Одношарошечные долота выпускают диаметрами 138-216 мм. Они предназначены для низкооборотного бурения в породах средней твердости. Поскольку часть зубков при бурении находится в постоянном контакте с породой, серийное одношарошечное долото относится к долотам режуще-скалывающего действия.

2.10. Система кодирования износа шарошечных долот, принятая в России

Система кодирования износа шарошечных долот, применяемая в России, разработана ВНИИБТ, бывшим главным научно-исследовательским институтом буровой техники в СССР. Система оценивает износ шарошечных долот по четырем направлениям: износу вооружения, износу опор, износу диаметра и аварийный износ.

Износ вооружения (хотя бы одного венца):

В1 − уменьшение высоты зубцов на 1/4;

В2 − уменьшение высоты зубцов на 1/2 (2/4);

В3 − уменьшение высоты зубцов на 3/4;

В4 − уменьшение высоты зубцов на 4/4 (полностью).

При наличии скола фрезерованных зубцов, скола и выпадения твердосплавных зубков добавляется индекс С. Общее количество (в %) сколотых фрезерованных зубцов и выпавших твердосплавных зубков записывается в скобках. Например: С(20).

При закруглении зубцов периферийных венцов добавляется индекс Р. Например: С(20)Р.



Рис.2.110. Общий вид одношарошечного долота с герметизированной маслонаполненной опорой



Рис.2.111. Общий вид одношарошечного долота с открытой опорой

Износ опоры (хотя бы одной шарошки):

П1 − износ небольшой: «качка» торца шарошки относительно оси цапфы невелика (например, до 2 мм для долота диаметром 190−214 мм; до 4 мм для долот диаметром 243−295 мм); тела качения не обнажены;

П2 − износ средний: «качка» торца шарошки большая (например, до 5 мм для долот диаметром 190−214 мм, до 8 мм для долот диаметром 243−295 мм); тела качения не обнажены;

П3 − износ большой: «качка» торца шарошки значительная (например, 5 мм для долот диаметром 190−214 мм; больше 8 мм для долот диаметром 243−295 мм); значительный износ или разрушение части тел качения; имеется опасность их выпадения; «заедание» шарошки при вращении от руки;

П4 − отказ (разрушение) опор: разрушение и поворот роликов; разрушение шариков, козырьков лап и тыльной части шарошек с выпадением тел качения; трещины и «лыски» на шарошках.

В случае повреждения узла герметизации маслонаполненной опоры (выход из строя уплотнения или его выпадение) добавляется индекс У, количество поврежденных узлов указывается в скобках. Например: У(2).

В случае заклинивания, шарошек добавляется индекс К, количество заклиненных шарошек указывается в скобках. Например: К(2).

В случае повреждения гидромониторного узла (размыв гнезда, выпадение насадок) добавляется индекс Г, количество поврежденных узлов указывается в скобках. Например: Г(3).

Износ по диаметру. Уменьшение диаметра долота обозначается индексом Д и выражается в мм. Например: Д6.

Аварийный износ:

Ав − «оставление» вершин шарошек на забое;

Аш − «оставление» шарошек на забое;

Ас − «оставление» секций на забое;

Ац − «оставление» цапфы с шарошкой на забое.

Количество «оставленных» на забое лап, шарошек и их вершин указывается римскими цифрами в скобках. Например:

Ав(I); Аш(I, II); Ас(I); Ац(III).

Примеры применения кода для оценки износа долот

1. Вооружение «сработано» на 10 %, опоры имеют средний износ, «заклинены» две шарошки, диаметр долота сохранился: В1П2К(2)Д0.

2. Вооружение изношено на 3/4, 50 % зубцов имеют сколы, калибрующие кромки зубцов периферийных венцов закруглены, опоры имеют большой износ, «качка» торца шарошки 10 мм, диаметр долота уменьшился на 7 мм: В3С(50)РП3Д7.

3. Вооружение «сработано» полностью, опора разрушена, часть тел качения выпала, первая шарошка «оставлена» на забое: В4П4Аш(I).

4. В скважине оставлены все шарошки: Аш(III).

Примеры записи износа долот с помощью кода в буровом журнале и суточном рапорте:

269,9 С-ГНУ № 8639 – В2С(30)РП3Д6Г(2)У3;

190,5 С-ГВ № 1642 – В1П1К(I)Ав(I)Д0;

215,9 С-ГВ № 2894 – В4П4Ас(II);

244,5 Т-ЦВ № 6785 – В2П3Ац(I);

244,5 С-ГН № 9735 – В1П2К(2)Д3Г(1).

В современной России работают зарубежные фирмы, а наши буровые предприятия используют импортные буровые долота, чаще с инженерным сопровождением. В связи с эти возникла потребность в оценке износа по системе IADC, применяемой за рубежом.

Кодирование износа шарошечных породоразрушающих инструментов по кодам IADC

25 лет назад Международная ассоциация буровых подрядчиков (IADC) ввела стандартизированную систему описания износа породоразрушающих инструментов всех видов, в том числе и шарошечных долот.

За рубежом износ долот кодируют по трем параметрам: износ вооружения, износ опор, износ диаметра. Кроме того, в примечаниях приводятся повреждения других видов, причины подъема долота и прочие сведения (рис.2.112, 2.113.).

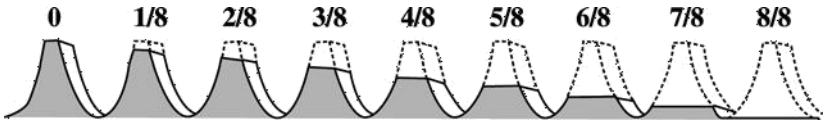


Рис.2.112. Структурная схема кодирования износа долот по IADC

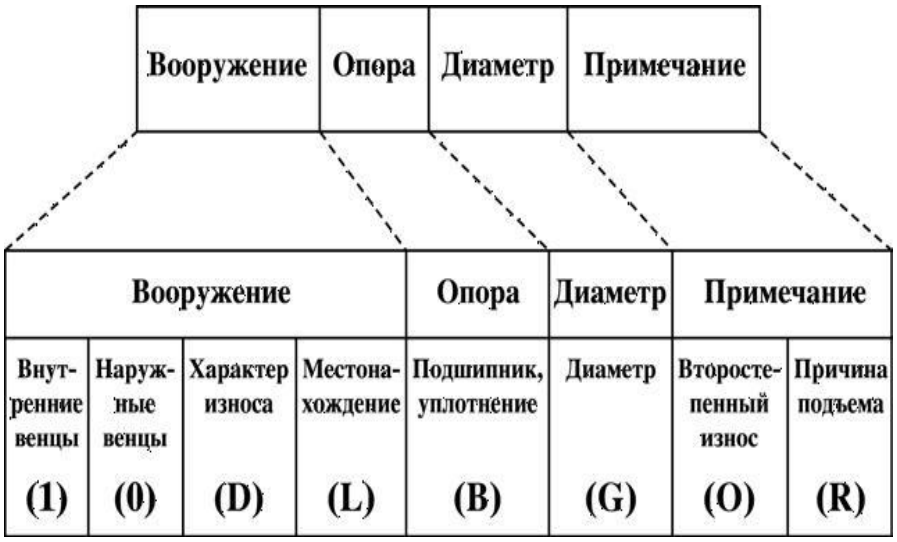


Рис. 2.113. Схема оценки износа вооружения долот с фрезерованным вооружением

1. Износ вооружения:

(I) – износ внутренних венцов;

(O) – износ наружных венцов;

(D) – характер износа;

(L) – местонахождение.

Пример определения кода износа твердосплавного (штыревого) вооружения: (Пу · 8) + (Пи · Ки) = Кд, где Пу − количество сломанных и/или утерянных зубков, в долях; 8 − оценка их износа (8/8); Пи − количество изношенных (вследствие истирания) зубков в долях; Ки − оценка их износа, в восьмых долях высоты зубка; Кд − код износа.

Например, у долота отсутствует половина зубков вследствие слома или утери, тогда остальные зубки имеют 50%-ный износ по высоте (4/8) вследствие истирания, код износа такого долота равен шести (6), т.е. (0,5 · 8) + (0,5 · 4) = 6.

D − харак те р износ а:

BC − слом шарошки;

CR − кернение долота;

LN − потеря насадки;

RO − кольцевой износ;

BF − отлом алмаза, пластины;

CT − скол зубков;

LT − потеря зубков (резцов);

SD − повреждение козырька;

BT − скол зубков (резцов);

ER − эрозия;

OC − эксцентричный износ;

SS − самозатачивание зубков;

BU − образование сальника;

FC − затупление вершины зубка;

PB − механическое повреждение при спуско-подъемных операциях (СПО);
TR − трекинг;
CC − трещина в шарошке;
HC − трещины перегрева;
PN − закупорка насадки;
WO − промыв инструмента;
CD − истирание заклиненной шарошки
JD − метал на забое; (промывочного канала);
WT − износ зубков (резцов);
CI − взаимозацепление шарошек;
LC − потеря шарошки;
RG − износ по диаметру;
NO − отсутствие износа.
L − место нахождение износ а:
N − носовый венец (центральный);
M − средние венцы;
G − наружный венец;
A − все венцы. Шарошка №: 1; 2; 3.

2. Износ опоры (B) − износ подшипников или уплотнений.
Открыта я опора:
0 − ресурс опоры не использован;
8 − ресурс использован полностью (шарошка заклинена или утеряна).
Герметизированная опора:
E − работоспособная опора (уплотнение);
F − отказ уплотнений (разрушены, утеряны);
N − невозможность определения состояния опоры (уплотнения).

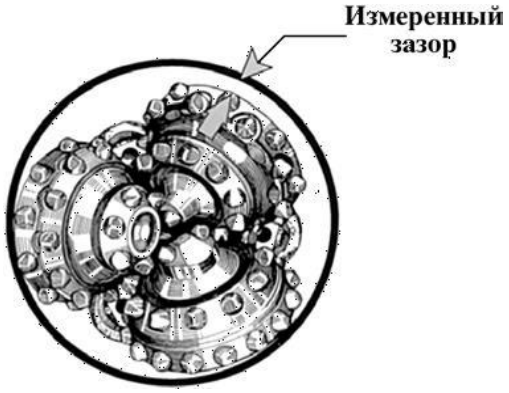


Рис. 2.114. Схема измерения износа по диаметру

3. Износ долота по диаметру:
G − уменьшение диаметра долота, в долях дюйма (1/16 (1,5875 мм)).
При оценке износа по диаметру применяют специальный шаблон (измерительный инструмент) и правило 2/3.
Износ по диаметру равен зазору, измеренному при помощи шаблона (рис.2.114) и умноженному на 2/3 (0,75).
4. Примечание:
O − второстепенный износ; описываются любые другие виды износа долота в дополнение к ранее приведенным в колонке D;
R − причина подъема долота:
BHA − смена компоновки низа бурильной колонны (КНБК);

RIG − ремонт бурового оборудования;
HR − подъем по времени;
DST − пластовые испытания;
CM − обработка. бурового раствора;
TD − проектный забой (колонна);
LIH − потеря инструмента на забое;
DTF − отказ инструмента;
CP − отбор керна;
TQ − рост момента;
LOG − геофизическое исследование скважин (ГИС);
FM – смена геологической обстановки;
PP − изменение давления на стояке;
TW − отворот инструмента (трубы);
DP − разбуривание цементного стакана;
HP − авария;
PR − падение механической скорости проходки;
WC − погодные условия;
DSF − повреждение бурильной колонны.

Приведем практические примеры описания износа шарошечных долот по кодам IADC.

Пример 1. Долото выглядит изношенным в процессе бурения пород тверже предела, на который это долото было рассчитано (рис.2.115). На этот факт указывают сильный износ зубков внутреннего ряда, а также подъем по причине падения механической скорости, вызванной сломом зубков при бурении слишком твердых для данного долота пород. Слишком высокая осевая нагрузка на долото также может привести к подобному внешнему виду долота после подъема. Правильным подбор долота был в случае, если долбление продолжалось не слишком долго, и при этом отсутствуют второстепенные характеристики износа, состояние уплотнения рабочее, и долото не изношено по диаметру. Однако если долбление продолжалось по времени меньше ожидаемого, подбор долота был ошибочным. Долото могло быть слишком «мягким» для пород данного типа, либо осевая нагрузка превышала допустимые значения. Далее приведена оценка его износа по коду IADC: 7.1.BT.M.E.I.WT.PR.



Рис.2.115. Общий вид отработанного долота, описанного в примере

Пример 2. Долото выглядит изношенным в процессе бурения пород тверже предела, на который это долото было рассчитано (рис.2.116). На этот факт указывают сильный износ зубков внутреннего ряда, а также подъем по причине падения механической скорости, вызванной сломом зубков при бурении слишком твердых для данного долота пород. Слишком высокая осевая нагрузка на долото также может привести к подобному

внешнему виду долота после подъема. Правильным подбор долота был в случае, если долбление продолжалось не слишком долго, и при этом отсутствуют второстепенные характеристики износа, состояние уплотнения рабочее, и долото не изношено по диаметру. Однако если долбление продолжалось по времени меньше ожидаемого, подбор долота был ошибочным. Долото могло быть слишком «мягким» для пород данного типа, либо осевая нагрузка превышала допустимые значения. Далее приведена оценка его износа по коду IADC: 5.8.WT.A.3.2.FC.HRS.



Рис.2.116. Общий вид отработанного долота, описанного в примере 2.

2.11. Алмазные долота, долота ИСМ и PDC

Главной особенностью алмазных (классических) долот является наличие в них алмазных режущих элементов (натуральных или искусственных алмазов). В буровых долотах обычно используют наименее ценную разновидность натуральных алмазов − борт, баллас и карбонадо. В производстве долот используют только карбонадо (бразильские технические алмазы) или черные алмазы.

Перед использованием в буровых долотах природные алмазы обычно окатывают путем трения алмаза об алмаз. В результате такой обработки получают более прочные овализованные алмазы, подверженные раскалыванию в меньшей мере, чем остроугольные. Искусственные (синтетические) алмазы по прочности близки к естественным алмазам. Технические показатели алмазных долот во многом зависят от качества и размеров алмазов. Качество алмазов определяют группой и категорией. К высшим группе и категории относятся крупные алмазы диаметром 2−3 мм (от 3 до 12 зерен на карат) и мелкие (до 1000 зерен на карат). Карат равен 0,2 г.

Стальной корпус с присоединительной резьбой по всей поверхности контакта спаян с матрицей. Матрицы изготавливают из композиционного материала, называемого шихтой, состоящей из кобальта и зерен карбида вольфрама, являющегося основным износостойким компонентом. Промывочные отверстия в матрице выходят на торцовую часть долота и переходят в промывочные каналы. Последние делят поверхность матрицы на секторы. На рабочей и калибрующей поверхностях секторов матрицы по определенной схеме размещены и закреплены алмазы. Алмазы закрепляют в процессе изготовления матрицы методами порошковой металлургии. После изготовления долота вылет алмазов над рабочей поверхностью матрицы должен составлять 0,10−0,25 их диаметра.

По форме и направлению пазов, промывочных каналов, рабочих органов и всей рабочей части выделяют алмазные долота двух типов, производимых в России: долота спиральные (ДС) (см. рис. 2.117. а) и радиальные (ДР) (см. рис. 2.117., б).

По размещению алмазов в матрице различают долота с поверхностной вставкой алмазов (однослойные) (рис. 2.118.) и импрегнированные (рис. 2.119.).

Долота с поверхностной вставкой алмазов получают при однослойной укладке относительно крупных алмазов в специальную огнеупорную форму, а импрегнированные

− равномерным перемешиванием мелких и невысокого качества алмазов в поверхностном слое толщиной от 6 до 10 мм.

Диаметры алмазных долот несколько (примерно на 2 мм) меньше диаметров шарошечных долот.

По профилю рабочих поверхностей алмазные долота подразделяются на:

− долота с системой мелких торовидных выступов (ДР, ДИ) (см. рис. 2.117, д);

− долота с системой крупных торовидных выступов (ДК, ДИ, ДУ) (см. рис. 2.117., г);

− долота с гладким профилем рабочих поверхностей (ДР, ДО, ДЛС) (см. рис. 2.117., в).

По способу армирования изготавливаются алмазные долота трех модификаций:

− однослойные долота (ДЛ, ДР);

− импрегнированные долота (ДИ, ДКСИ);

− комбинированные долота с однослойным и импрегнированным армированием (ДУ, ДУС). Долота с поверхностной вставкой алмазов получают при однослойной укладке относительно крупных алмазов в специальную огнеупорную форму, а импрегнированные − равномерным перемешиванием мелких и невысокого качества алмазов в поверхностном слое толщиной от 6 до 10 мм.

Диаметры алмазных долот несколько (примерно на 2 мм) меньше диаметров шарошечных долот.

По профилю рабочих поверхностей алмазные долота подразделяются на:

− долота с системой мелких торовидных выступов (ДР, ДИ) (см. рис. 2.117, д);

− долота с системой крупных торовидных выступов (ДК, ДИ, ДУ) (см. рис. 2.117, г);

− долота с гладким профилем рабочих поверхностей (ДР, ДО, ДЛС) (см. рис. 2.117., в).

По способу армирования изготавливаются алмазные долота трех модификаций:

− однослойные долота (ДЛ, ДР);

− импрегнированные долота (ДИ, ДКСИ);

− комбинированные долота с однослойным и импрегнированным армированием (ДУ, ДУС).

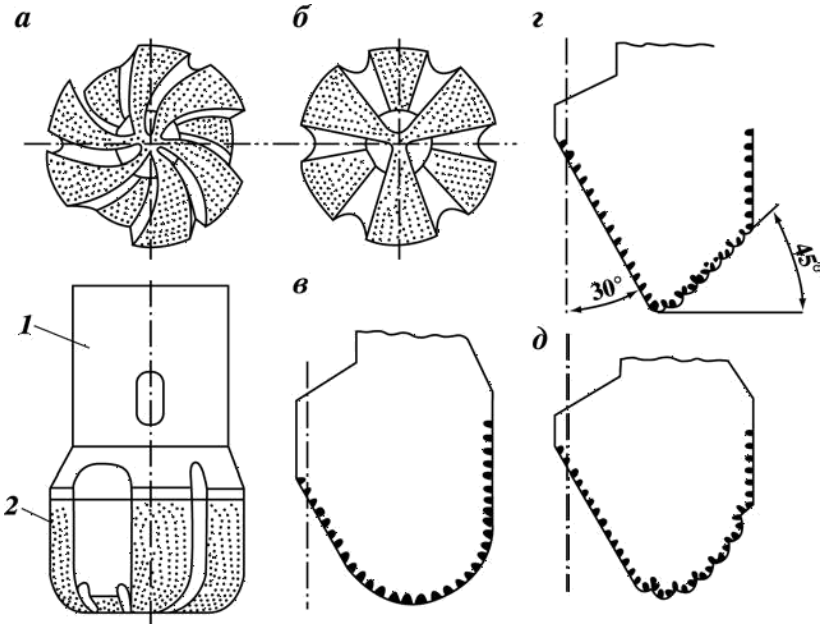


Рис. 2.117. Алмазные долота выпускаемые в России.



Рис. 2.118. Общий вид однослойного алмазного долота, оснащенного крупными натуральными алмазами



Рис. 2.119. Общий вид импрегнированного алмазного долота

Примеры условной записи (шифра) алмазных долот:
ДК-212М6:
Д − обозначение алмазного долота;
К − долото со ступенчатым профилем;
212 − номинальный диаметр, мм;
М − для мягких пород (выполняется однослойным);
6 − номер модели;
ДИ-188С6:
Д − обозначение алмазного долота;
И − импрегнированное долото;
188 − номинальный диаметр долота, мм;
С − для средних пород;
6 − номер модели;
ДР-159СТ1:
Д− обозначение алмазного долота;
Р − радиальное долото;
159 − номинальный диаметр, мм;
СТ − для среднетвердых пород (выполняются только однослойными);
1 − номер модели;
ДКС-138С:
Д − обозначение алмазного долота;
К − долото со ступенчатым профилем;
С − долото с синтетическими алмазами;
138 − номинальный диаметр, мм;
С − для средних пород;
ДЛС-267С1:
Д − обозначение алмазного долота;
Л − однослойное радиальное лопастное;
267 − номинальный диаметр, мм;
С − для средних пород;
1 − номер модели.

2.12. Кодирование износа алмазных (классических) долот

Кодирование износа проводится по системе, принятой в России (ВНИИБТ). Виды износа алмазных долот записывают буквой и цифрами, обозначающими расположение и размер выработки.

Буквами обозначают вид и форму износа:

О − обнажение алмазов;

Ц − выработка в центральной части долота;

Т − кольцевая выработка на торцовой рабочей поверхности;

П − выработка периферийной рабочей поверхности;

d − износ кернообразующего отведения бурильной головки;

D − износ по диаметру.

Результаты общего состояния долота записывают словами:

«в работе» или «отработано».

«В работе» − это значит, что долото после очередного рейса осталось работоспособным и может быть использовано повторно.

«Отработано» − долото непригодно для дальнейшего использования из-за:

− выработки в центральной части долота;

− кольцевой выработки в центральной, торцовой или периферийной частях долота;

− износа долота по диаметру более чем на 3 мм;

− выпадения алмазов в результате эрозионного износа матрицы долота;

− других видов износа.

Примеры записи видов износа алмазных долот:

Ц40 · 20 − выработка в центральной части долота диаметром 40 мм и глубиной 20 мм;

Т140 · 150 · 5 − кольцевая выработка на торцовой поверхности долота между диаметрами 140 и 150 мм глубиной 5 мм;

П208 · 35 − выработка периферийной части долота от края долота до диаметра 208 мм глубиной 35 мм;

О 1/2.Д212.d82 − обнажение зерен алмазов торцовой поверхности на 0,5 размера зерна, износ долота по диаметру до 212 мм, увеличение диаметра кернообразующего отверстия до 82 мм.

Примеры записи износа алмазных долот в буровом журнале: отработано, Д212Т140 · 150 · 5 − долото непригодно к дальнейшему использованию, долото по диаметру сработано до 212 мм (номинальный диаметр был 214,3 мм), на торцевой поверхности образовалась кольцевая выработка между диаметрами 140 и 150 мм глубиной 5 мм; в работе, Д214,3Т140 · 150 · 2Т70 · 80 · 1 − долото пригодно к дальнейшему использованию, диаметр долота не изменен, имеет две торцовые выработки: первую между диаметрами 140 и 150 мм глубиной 2 мм; вторую между диаметрами 70 и 80 мм глубиной 1 мм.

2.13. Долота ИСМ

Конструкция долота ИСМ, разработанного Украинским научно-исследовательским институтом сверхтвердых материалов, приведена на рис. 2.120,2.121, 2.122.



Рис.2.120. Общий вид долота ИСМ радиального типа.



Рис.2.121. Общий вид долота ИСМ торцового типа.



Рис.2.122. Общий вид долота ИСМ секторного типа.

Стальной корпус с присоединительной замковой резьбой на торцовой профильной рабочей поверхности и калибрующей поверхности имеет вставки из сверхтвердого материала «Славутич», обладающего высокой износостойкостью . Вылет вставок над рабочей поверхностью корпуса составляет 3−5 мм. На калибрующей поверхности вставки утоплены, т.е. их вылет равен 0. Для оснащения долот применяют цилиндрические вставки диаметром 8−12 мм с плоскими, полусферическими и клиновыми рабочими торцами.

Рабочие элементы крепятся к стальному корпусу методом пайки.

На обратном конусе вставки размещены по спирали, на его поверхности проточена спиральная канавка для дополнительной циркуляции бурового раствора, выноса шлама и охлаждения вставок.

Буровой раствор из промывочных отверстий поступает в основные и дополнительные промывочные каналы. Основные промывочные каналы делят всю рабочую и калибрующую поверхность долота на секторы.

Долота ИСМ могут быть как с обычной промывкой (отверстия без насадок), так и гидромониторными (с насадками). При этом насадки изготавливаются из твердого сплава согласно ТУ 88 УССР ИСМ-472−75 и ГОСТ 3882−74. Их форма обычно такая же, как и форма насадок для шарошечных долот.

Долота ИСМ с обычной промывкой используют, как правило, при турбинном бурении, а гидромониторные − при роторном способе бурения.

Форма рабочей поверхности вставок марки «Славутич» и количество вставок

определяются физико-механическими свойствами горных пород.

Долота ИСМ выпускаются трех разновидностей: режущие, торцовые и истирающие.

Режущие долота ИСМ предназначены для бурения в мягких и средних пластичных породах. Количество вставок минимально возможное, обеспечивающее не более чем полутора кратное перекрытие забоя. Это позволяет при относительно небольших нагрузках на долото создавать значительные удельные нагрузки. Общее содержание вставок марки «Славутич» в долоте режущей разновидности в 6−10 раз меньше, чем в истирающем ИСМ. Оно возрастает от центра к периферии долота.

Форма рабочей части лопасти может быть либо выпуклой, либо выпукло-вогнутой.

Торцовые долота ИСМ предназначены для забуривания нового ствола при бурении направленных скважин, а также для ликвидации аварий. Кроме того, они применяются в среднемягких горных породах.

Истирающие долота ИСМ предназначены для бурения мягких и средних малоабразивных пород. Они могут быть либо радиальными, либо секторными. Первая конструкция применяется для турбинного бурения, вторая − для роторного и турбинного.

Секторные долота имеют комбинированное вооружение. Их наружный ступенчатый корпус оснащен вставками с клиновидной рабочей головкой, а внутренний − вставками с круглой рабочей головкой. Такое вооружение применяется в долотах, предназначенных для бурения пород перемежающейся твердости.

Примеры условной записи долот ИСМ:

ИСМ-188-РГ-10:
- ИСМ − вид долота;
- 188 − номинальный диаметр, мм;
- Р − режущее;
- Г − гидромониторное;
- 10 − номер модели;

ИСМ-292-А-МС:
- ИСМ − вид долота;
- 292 − номинальный диаметр, мм;
- А − для аварийных работ;
- МС − мягкие и средние породы.

ИСМ-267-МС-2:
- ИСМ − вид долота;
- 267 − номинальный диаметр, мм;
- МС − мягкие и средние породы;
- 2 − номер модели.

2.14. Долота PDC

Общий вид долота PDC (P − polycrystalline, D − diamond, C − cutter) представлен на рис. 2.123.. Долото состоит из корпуса с присоединительной замковой резьбой и рабочей части долота − матрицы с лопастями, оснащенными резцами. В матрице между лопастями в промывочных каналах смонтированы гидромониторные промывочные узлы.

Резцы долот PDC двухкомпонентные. Тело резца состоит из прессованного карбида вольфрама. Рабочая кромка резца упрочнена поликристаллическими синтетическими алмазами толщиной 0,5−0,7 мм.

Упрочнение резцов поликристаллическими алмазами повышает износостойкость резцов, а наличие карбидовольфрамового тела (подкладки) увеличивает пластичность резцов в целом (рис.2.124.).

Размеры резцов и их формы показаны на рис.2.125, 2.126.

Резцы вручную впаиваются в гнезда лопастей специальным припоем, как показано на

рис. 2.127., 2.128.

После оснащения лопастей резцами проводят балансировку долота на специальном стенде, добиваясь минимального дисбаланса сил, действующих на долото при разрушении горной породы. При балансировке минимизируются вибрации долота, что приводит к увеличению скорости бурения, срока службы долота и достижению высокого экономического эффекта. Долота PDC изготавливают двух видов: долота с цельным стальным корпусом и матричные, с твердосплавной матрицей, припаеной к стальному корпусу.



Рис. 2.123. Общий вид долота PDC.

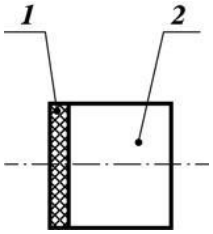


Рис. 2.124. Схема резца долота PDC:
1 − алмазный слой; 2 − твердосплавная основа.

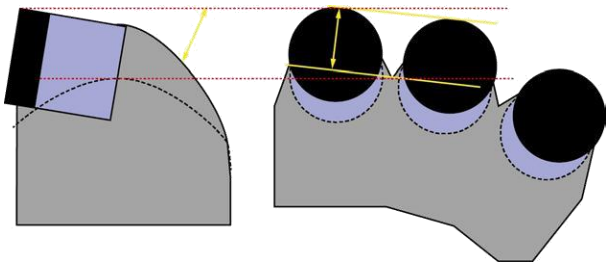


Рис. 2.125. Формы резцов долот PDC.

В долотах PDC первого вида целиковый корпус изготавливается резанием на специальных станках, там же высверливаются гнезда под резцы, в которые их впаивают по специальной технологии. При работе таких долот вместе с резцами изнашивается корпус долота, который не подлежит реставрации.

В матричных долотах корпус с присоединительной резьбой изготавливается из стали резанием, а импрегнированная матрица – методом порошковой металлургии, т.е. в водородной печи шихта (смесь порошкообразного карбида вольфрама и кобальта) спекается при температуре 1300 ^{0}C.

В форму под матрицу (опоку) по шаблону в места, предназначенные под резцы,

вставляют графитовые стержни. После спекания матрицы стержни извлекают, а на их место впаивают резцы. Готовую матрицу по всей плоскости припаивают к стальному корпусу. После этого долото балансируется. При работе таких долот импрегнированная матрица не изнашивается.

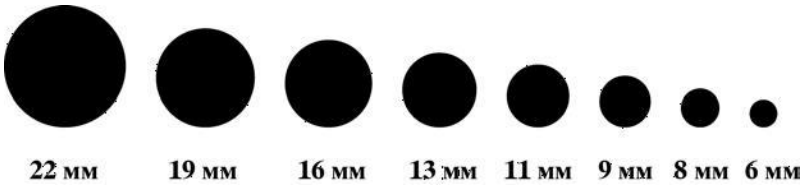


Рис. 2.126. Диаметры резцов долот PDC.

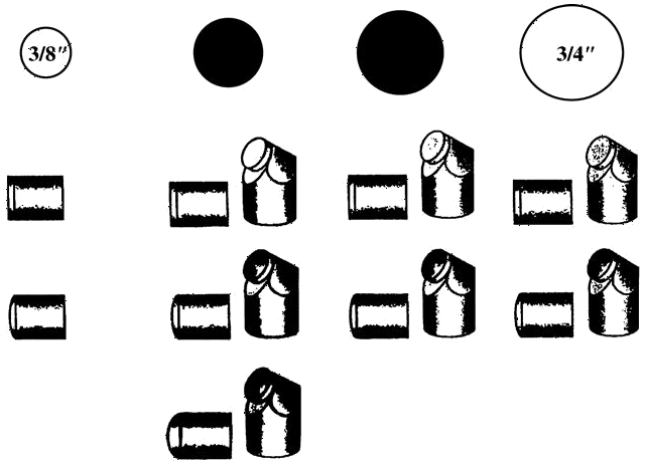


Рис. 2.127. Положение резца в лопасти долота PDC.



Рис. 2.128. Общий вид готового к работе долота PDC.

Изнашиваются в основном резцы. Поэтому такие долота подлежат реставрации. При реставрации изношенные резцы выпаивают, а на их место впаивают новые. За счет реставрации существенно снижается стоимость таких долот.

Особую группу долот PDC составляют бицентричные долота (рис. 2.129, 2.130).

Особенность работы бицентричных долот заключается в том, что при бурении они образуют новый ствол большего диаметра, чем проходной ствол.

Схемы спуска и бурения бицентричными буровыми долотами показаны на рис. 2.131, 2.132, 2.133, 2.134.



Рис. 2.129. Общий вид бицентричного долота



Рис. 2.130. Элементы бицентричного долота

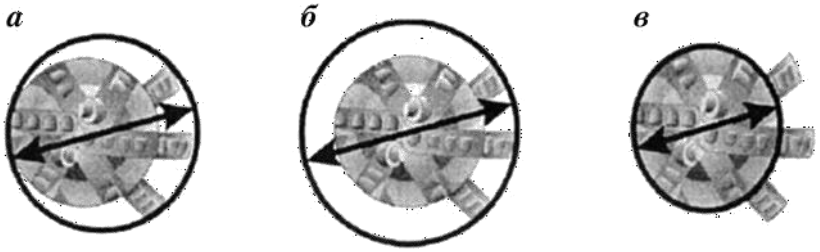


Рис.2.131. Схемы формирования диаметра скважины бицентричным долотом: а − проходной диаметр; б − разбуриваемый диаметр; в − диаметр «пилота»

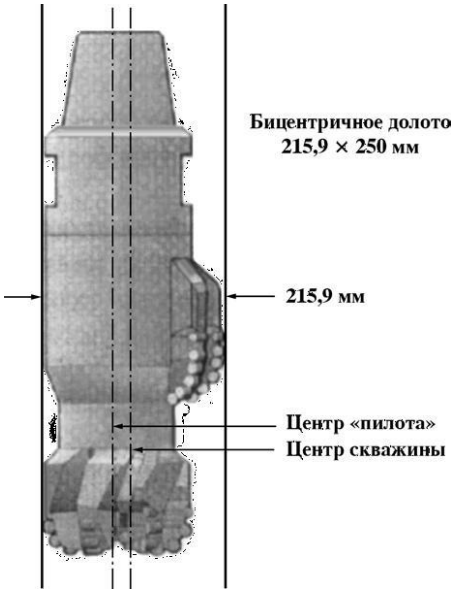


Рис. 2.132. Схема спуска бицентричного долота в скважину



Рис.2.133. Схема бурения скважины бицентричным долотом

Бицентричные долота используют при бурении вторых стволов, при необходимости намывки гравийных фильтров в зоне продуктивного пласта.

В последние годы буровые долота PDC получили широкое применение во всем мире, в том числе и в России за счет их высокой стойкости (тысячи метров на долото) и высоких механических скоростей бурения. На сегодня в России имеется шесть производителей породоразрушающих инструментов PDC: ООО «Азимут», ООО НПП «Буринтех», ОАО НПП «Бурсервис», ОАО «Волга-бурмаш», ЗАО «Проммашсервис», СП ЗАО «Удол», что указывает на повышенный спрос данного инструмента.

Основными мировыми производителями породоразрушающих инструментов PDC являются фирмы США и Китая. Они же являются изготовителями шарошечных и алмазных (классических) породоразрушающих инструментов.

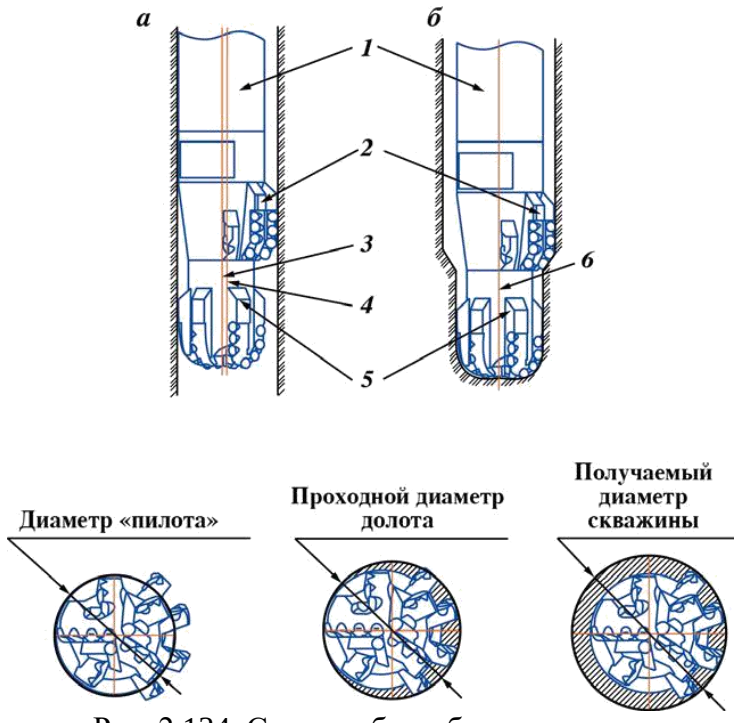


Рис. 2.134. Схема работы бицентричного долота:
а − при спуско-подъемных операциях; б − при бурении; 1 − гидра-влический забойный двигатель; 2 − расширитель; 3 − ось «пилота»; 4 − ось скважины; 5 − «пилот»; 6 − оси «пилота» и скважины (совпадают)

Буровые долота PDC классифицируют по системе IADC (табл.2.2).
Пример условной записи долота PDC S121:
S − стальной корпус;
1 − для мягких пород;
2 − диаметр резцов 19 мм;
1 − короткий профиль.

Таблица 2.2.

Классификация долот PDC по коду IADC

Тип корпуса	Тип горных пород		Диаметр резцов, мм		Тип профиля долота
M – матричный корпус	1	Очень мягкие	2 3 4	19 13 8	1 − короткий «рыбий хвост»
	2	Мягкие	2 3 4	19 13 8	2 − короткий профиль
S – стальной корпус	3	Мягкие средние	2 3 4	19 13 8	3 − средний профиль
	4	Средние	2 3 4	19 13 8	4 − длинный профиль

В связи с широким применением буровых долот PDC в России приведем некоторые общие рекомендации по их эксплуатации:

по осевой нагрузке:

0,25−1,0 тс на 1 дюйм диаметра долота (но не более 1,1 тс) при бурении в мягких породах;

0,5−1,1 тс на 1 дюйм диаметра долота (но не более 1,4 тс) при бурении в породах средней твердости;

0,7−1,8 тс на 1 дюйм диаметра долота (но не более 2,0 тс) при бурении в твердых породах;

0,9−1,8 тс на 1 дюйм диаметра долота (но не более 2,0 тс) при бурении в крепких породах.

по частоте вращения:

100−180 об/мин в неабразивных породах; 60−80 об/мин в абразивных породах;

по гидравлической мощности, подводимой к долоту, на 1 дюйм^2 площади забоя скважины:

2−7 л/с на 1 дюйм^2 площади забоя при использовании бурового раствора на водной основе;

1−5 л/с на 1 дюйм^2 площади забоя при использовании бурового раствора на нефтяной основе.

В табл. 6 приведены рекомендуемые подачи бурового раствора для буровых долот различных диаметров.

Таблица 2.3.

Диаметр долота RDC, дюйм (мм)	Подача насоса, л/мин	Удельный расход на 1″ диаметр долота, л/мин
17 1/2 (444,5)	3 000−4 000	170−230
12 1/4 (331,1)	2 300−2 800	190−230
8 1/2 (215,9)	1 200−1 500	140−180
6 (152,4)	600−800	100−135

2.15. Кодирование износа долот PDC

Очень важно ввести аналогичную систему описания износа и для долот с неподвижными резцами, т.е. всех не шарошечных (безопорных).

В 1987 г. такая система была разработана подкомитетом по буровым долотам Международной ассоциации буровых подрядчиков. В 1991 г. система была отредактирована. Систему описания износа можно применять для не шарошечных долот всех типов, включая долота с природными поликристаллическими (PDC) и термостойкими поликристаллическими (TSP) алмазами, а также импрегнированные бурильные головки и долота безопорные, не оснащенные алмазным вооружением (ИСМ).

Система описания износа едина для буровых долот и бурильных головок всех конструкций. Таблица описания износа долот стандарта IADC включает коды для обозначения износа шарошечных долот и долот с неподвижными резцами. Параметры износа вносятся в соответствующие восемь колонок.

Табл. 2.4. аналогична схеме кодирования износа шарошечных долот по системе IADC: колонки 1−4 − код износа вооружения («Вооружение»); колонка 5 (B) − код износа опоры («Подшипник, уплотнение»), так как в безопорных долотах (долотах с неподвижными резцами) нет опор, в этой колонке всегда ставится знак «X»; колонка 6 (G) − износ долота по диаметру («Диаметр»); колонки 7 и 8 − второстепенный износ (или вторичные характеристики износа) и причина подъема («Второстепенный износ» и «Причина подъема»).

Таблица 2.4.

Кодирование износа безопорных долот по IADC

Таблица описания износа долот стандарта IADC							
Вооружение				B	G	Примечание	
Внутренние ряды	Наружные ряды	Описание износа	Местонахождение	Опора. Уплотнение	Диаметр 1/16″	Второстепенный износ	Причина подъема
2	6			X			

Степень износа внутренних и внешних рядов вооружения долота с поверхностно-вставленными алмазами определяется при помощи линейной шкалы от 0 до 8, аналогично шарошечным долотам. Цифры увеличиваются с ростом степени износа: 0 означает отсутствие износа, 8 − полный износ, 4 − 50%-ный износ.

Износ резца долота PDC определяется по линейной шкале от 1 до 8 от края до края алмазной пластины, независимо от формы, размера, типа или вылета резца.

Степень износа резцов схематично показана на рис. 2.135. Для определения степени износа записывают среднюю величину износа каждого сектора.

Как показано (см. рис. 2.135), 2/3 радиуса представлено внутренними рядами. Пять

резцов имеют степень износа «2».

Проведем расчет путем определения средней степени износа для каждого резца в группе из пяти:

(4 + 3 + 2 + 1 + 0)/ 5 = 2.

Для сектора «Внешние ряды» степень износа рассчитывается аналогично:

(5 + 6 + 7)/3 = 6.

Таким образом, степень износа внешних рядов − «6».

Цифры вносят в таблицу описания износа долот стандарта IADC (табл. 2.5.).

В колонках 3 и 7 указывают характеристики износа, т.е. наиболее заметные изменения физического состояния применяемого долота по сравнению с новым, используя двухбуквенные коды (табл. 2.5) На рис. 2.136, 2.137. показаны характеристики износа.

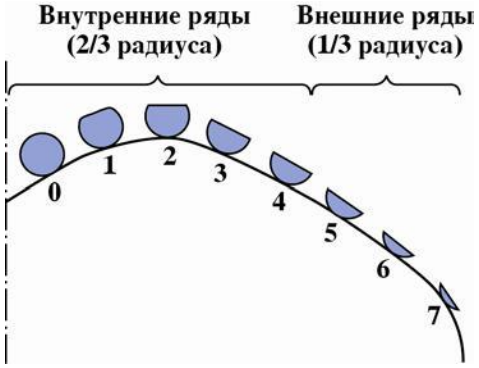


Рис. 2.135. Схема износа вооружения (внутренние и наружные венцы) (для бурильной головки осевая линия будет проходить по внутреннему диаметру).

Таблица 2.5.

Кодирование износа безопорных долот по IADC

Таблица описания износа долот стандарта IADC							
Вооружение				B	G	Примечание	
Внутренние ряды	Наружные ряды	Описание износа	Местонахож-дение	Опора. Уплотнение	Диаметр 1/16″	Второстепенный износ	Причина подъема
		WT		X		RO	
П р и м е ч а н и я: 1. В колонке «Местонахождение» укажите номер (а) шарошки (шарошек). 2. При отсутствии износа поставьте Л/О в колонке «Описание износа». 3. При отсутствии второстепенного износа поставьте Л/О в колонке «Второстепенный износ»							

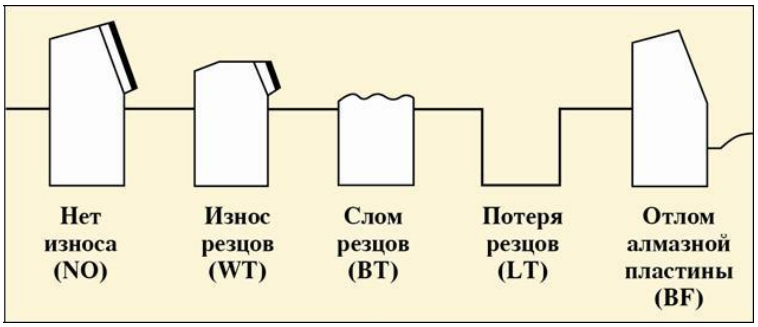


Рис. 2.136 Формы износа твердосплавных резцов, запрессованных в тело полости долота.

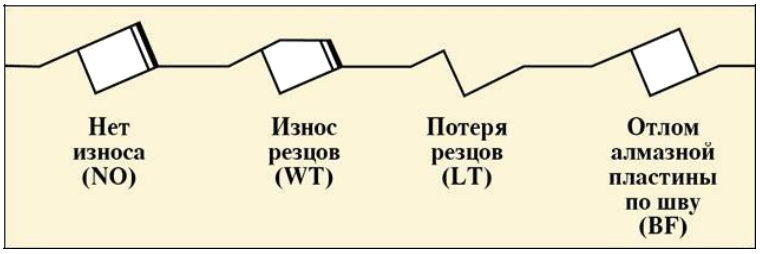


Рис. 2.137. Формы износа твердосплавных резцов

Кодовые обозначения типов второстепенного износа:
∗BC − слом шарошки;
CR − кернение долота;
LN − потеря насадки;
RO − кольцевой износ;
BF − отлом алмазной пластины по шву;
CT − скол зубков (резцов);
LT − потеря зубков (резцов);
SD − повреждение козырька;
BT − скол зубков (резцов);
ER − эрозия;
OC − эксцентричный износ;
SS − самозатачивание резцов;
BU − образование сальника;
FC − затупление верхушек резцов;
PB − механическое повреждение при СПО;
TR − трекинг;
∗CC − трещина в шарошке;
HC − трещины перегрева;
PN − закупорка насадки;
WO − промыв инструмента;
∗CD − истирание заклиненной шарошки (промывочного канала);
JD − метал на забое;
WT − износ зубков (резцов);
CI − взаимозацепление шарошек;
∗LC − потеря шарошки;
RG − износ по диаметру;
NO − отсутствие износа;
RR − подлежит повторному спуску;
NR − не подлежит повторному спуску.
Примеры описания износа долот PDC показаны на рис. 2.138, 2.139, 2.140.



Рис. 2.138. Износ резцов (WT)



Рис. 2.139. Скол резцов (BT)



Рис. 2.140 Кернение долота (CR)

В колонке «Местонахождение» указывается местоположение износа вооружения, описанного в колонке 3.

На рис. 2.141. показаны четыре существующих профиля долота с неподвижными резцами и коды для описания местоположения износа. Один (или больше) из этих кодов используют при указании местоположения характеристики износа.

В колонке G указывают износ диаметра долота по калибру. Буква I означает сохранение диаметра. Уменьшение наружного диаметра измеряется в 1/16″.

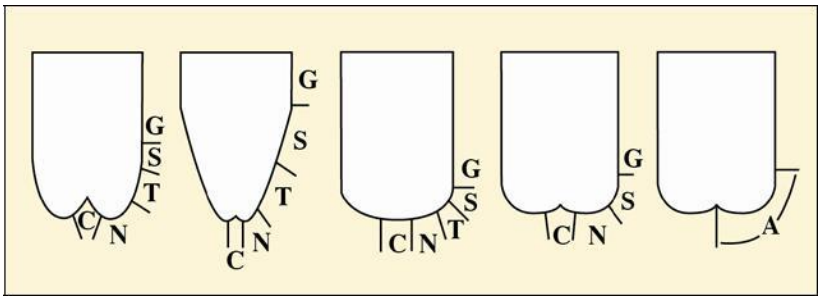


Рис. 2.141. Профили долот с неподвижными резцами:
C − конусный сектор; N − торцевой сектор; T − крыло; S − плечевой сектор; G − наружный диаметр; A − все участки

Приведем обозначения износа долот с фиксированными резцами:
I − сохранение диаметра;
1/16 − износ по диаметру до 1/16″;
2/16 − износ по диаметру от 1/16″ до 1/8″;
3/16 − износ по диаметру от 1/8″ до 3/16″;
4/16 − износ по диаметру от 3/16″ до 1/4″.

Кодовые обозначения причин подъема долота:
BHA − смена КНБК;
DMF − отказ забойного двигателя;
DSF − повреждение бурильной колонны;
DST − испытания пластов;
DTF − отказ инструмента;
LOG − ГИС (каротаж, инклинометр);
RIG − ремонт бурового оборудования;
CM − обработка бурового раствора;
CP − отбор керна;
DP − разбуривание цементного стакана;
FM − смена геологической обстановки;
HP − авария;
HR − подъем по времени;
PP − изменение давления на стояке;
PR − падение скорости проходки;
TD − проектный забой (колонна);
TQ − рост крутящего момента;
TW − отворот инструмента (трубы);
WC − погодные условия;
WO − промыв бурильной колонны.

Приведем практические примеры описания износа долот с фиксированными резцами.

Пример 1. Долото R437GN применялось для горизонтального бурения глинистых сланцев. КНБК включала забойный двигатель 6 3/4" Mach 1 с фиксированным углом перекоса. Во время первого долбления было пробурено 118 м за 8,5 ч. Долото поднято с глубины 1433 м. Механическая скорость бурения составляла 13,9 м/ ч. При обследовании долота после подъема не было обнаружено признаков износа (рис.2.142.).



Рис.2.142. Общий вид долота после подъема. Спецификация долота: тип R437GN; размер 8,5″; общая площадь потока 0,6

Результаты обследования внесены в табл. 2.4.

Таблица 2.4.

Кодовое описание износа долота R437GN (пример 1)

Таблица описания износа долот стандарта IADC							
Вооружение				B	G	Примечание	
Внутренние ряды	Наружные ряды	Описание износа	Местонахождение	Опора. Уплотнение	Диаметр 1/16″	Второстепенный износ	Причина подъема
0	0	NO	A	X	I	NO	TD

Пример 2. Долото R437GN применялось при бурении интервала от хрупких до вязких глин и песчаника в горизонтальной скважине. Было пробурено 387 м за 29,5 ч со средней механической скоростью 13,1 м/ч.

КНБК включала забойный двигатель 6 3/4″ Mach 1 с изменяемым углом перекоса. Долото поднято с глубины 1820 м по причине низкой механической скорости бурения. После поднятия долота выяснилось, что снижение механической скорости бурения произошло по причине кернения долота и потери всех четырех насадок, а на оставшихся резцах не было обнаружено значительных признаков износа (рис.2.143.).

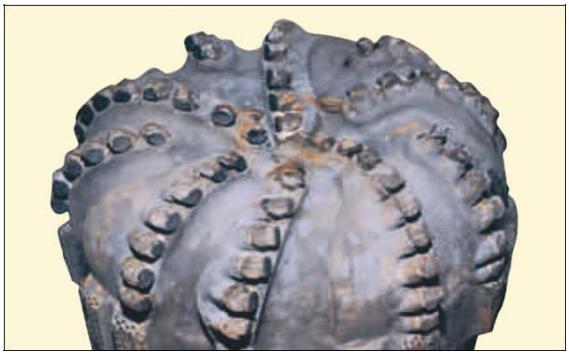


Рис.2. 143. Общий вид долота. Спецификация долота: тип R437GN; размер 8,5″; общая площадь потока 0,6

Результаты обследования внесены в табл. 10.

Пример 3. В районе Северного моря долото R435SG применялось на протяжении четырех СПО. Всего было пробурено 977 м за 166,3 ч в основном в соленых и агидритных породах (цехштейн). В трех из четырех спусков КНБК включала забойный двигатель Mach 1 DTU (210−320 об/мин). При обследовании после двух первых спусков не было выявлено существенного износа вооружения.

Таблица 2.5.

Кодовое описание износа долота R437GN (пример 2)

Таблица описания износа долот стандарта IADC							
Вооружение				B	G	Примечание	
Внутренние ряды	Наружные ряды	Описание износа	Местонахождение	Опора. Уплотнение	Диаметр 1/16″	Второстепенный износ	Причина подъема
6	2	CR	C	X	T	LN	PR
Примечание. Хотя произошла потеря всех четырех насадок, в колонке «Описание износа» указано «Кернение долота» (CR), так как главной причиной потери насадок является кернение. Потеря насадок (LN) отмечена в колонке «Второстепенный износ».							

В колонке «Причина подъема» в обоих случаях было указано «Отказ инструмента» (DTF).

После третьего спуска (пробурено 389 м за 89,5 ч) долото было поднято по причине смены КНБК. При этом наблюдался равномерный износ ±20 % внутренних и внешних рядов вооружения.

При обследовании долота после четвертого спуска было выявлено 50 % износа внутренних рядов и 60 % износа внешних рядов вооружения. Также наблюдались сильная эрозия и потеря резцов в секторе крыла (рис. 2 .144).

Результаты обследования внесены в табл.2.6. Содержащуюся в описании износа

информацию можно использовать для нескольких целей. С ее помощью изготовители долот могут проанализировать прочность конструкции и область применения своей продукции.

Буровики могут усовершенствовать программы бурения. Систему оценки можно компьютеризировать и создать всемирную базу данных с целью повышения эффективности подбора долот для конкретных условий применения.



Рис. 2.144. Общий вид долота после четвертого спуска. Спецификация долота: тип R435SG; размер 12,25″; общая площадь потока 0,65− 1,60.

Таблица 2.6.

Кодовое описание отработанного долота R435SG (пример 3)

Таблица описания износа долот стандарта IADC							
Вооружение				B	G	Примечание	
Внутренние ряды	Наружные ряды	Описание износа	Местонахождение	Опора. Уплотнение	Диаметр 1/16″	Второстепенный износ	Причина подъема
0	0	NO	A	X	I	NO	DTF
Спуск 1							
0	0	NO	A	X	I	NO	DTF
Спуск 2							
0	0	NO	A	X	I	NO	DTF
Спуск 3							
0	0	NO	A	X	I	NO	DTF
Спуск 4							
0	0	NO	A	X	I	NO	DTF

Основной причиной введения единой системы оценки является необходимость стандартизации сведений о долоте, независимо от места и конкретных условий его применения.

2.16. Шарошечные и лопастные бурильные головки гост 21210−75

Породоразрушающий инструмент для бурения скважин кольцевым забоем называют бурильными головками.

Бурильные головки предназначены для бурения скважин с отбором керна. Они могут использоваться со стационарными либо съемными керноприемниками.

Бурильные головки могут быть шарошечными, лопастными, фрезерными, алмазными (классическими) ИСМ или PDC.

Шарошечные бурильные головки (рис. 2.145) выполняются с одной, тремя, четырьмя, пятью, шестью, восемью и более рабочими органами. Шарошки в бурильной головке могут быть:

− коническими;

− одно-, двух-, или трехконусными;

− в виде усеченного конуса;

− цилиндрическими;

− цилиндроконическими;

− сферическими;

− чечевицеобразными.

Число и конструкция подшипников в опоре каждой шарошки также могут быть различными в зависимости, главным образом, от формы исполнения, габаритных размеров шарошки и бурильной головки.

Лопастные бурильные головки предназначены для отбора керна в мягких породах роторным способом в комплекте с несъемным керноприемником (табл.2.7).

Промывочный узел состоит обычно из нескольких каналов, просверленных в лапах или корпусе бурильной головки. Выходные промывочные отверстия во избежание размыва керна располагаются между шарошками подальше от центра.

Важными параметрами конструкции бурильной головки являются высота и коэффициент керноприема.

Высотой керноприема принято называть расстояние от зоны образования керна до кернорвателя, а коэффициентом керноприема − отношение к этому расстоянию диаметра керна.

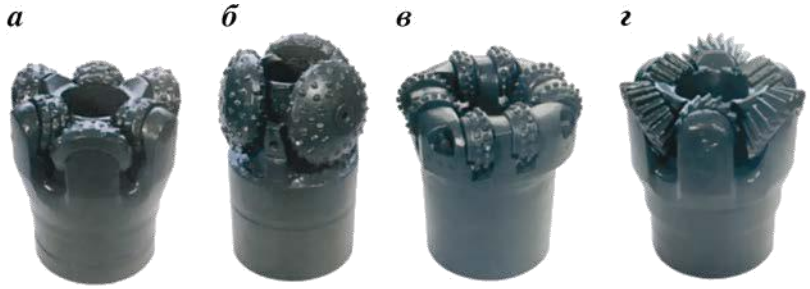


Рис.2.145. Общий вид шарошечных бурильных головок:
а − ТКЗ; б − СЗ; в − МСЗ; г − СТ

Таблица 2.7.

Типы, область применения бурильных головок и исполнение их рабочей части по ГОСТ 21210−75

Тип	Область применения	Исполнение рабочей части
М	Бурение мягких устойчивых пород	Лопасти со вставными твердосплавными зубцами, с наплавкой твердого сплава и без наплавки
МСЗ	Бурение мягких пород с пропластками пород средней твердости	Шарошки со вставными твердосплавными зубками
СЗ	Бурение пород средней твердости	
СТ	Бурение пород средней твердости с пропластками пород твердых	Шарошки со вставными твердосплавными зубками или фрезерованными зубцами с наплавкой или без наплавки твердым сплавом
ТЗ	Бурение твердых пород	Шарошки со вставными твердосплавными зубками
ТКЗ	Бурение твердых абразивных пород с пропластками пород крепких	

Пример условного обозначения бурильной головки для керноприемных устройств без съемного керноприемника (К) с наружным диаметром D = 139,7 мм, внутренним диаметром d = 52 мм для бурения мягких пород:

К 139,7/52 М ГОСТ 21210−75.

Пример условного обозначения бурильной головки для керноприемных устройств со съемным керноприемником (КС) с наружным диаметром D = 187,3 мм, внутренним диаметром d = 40 мм для бурения пород средней твердости:

КС 187,3/40 СЗ ГОСТ 21210−75.

2.17. Алмазные бурильные головки и бурильные головки ИСМ и PDC

Промышленностью выпускаются алмазные (классические) бурильные головки, оснащенные как природными, так и синтетическими алмазами (рис. 2.146, 2.147).

Бурильные головки первого класса изготавливаются трех разновидностей: однослойные радиальные, однослойные ступенчатые и импрегнированные.

Однослойные радиальные бурильные головки выпускаются серийно одного типа СТ двух модификаций в четырех моделях:



Рис.2.146. Общий вид импрегнированной алмазной бурильной головки

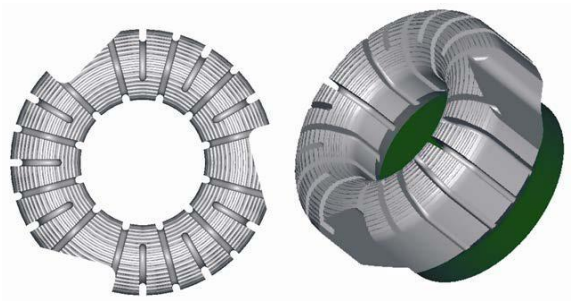


Рис. 2.148. Общий вид однослойной алмазной бурильной головки

КР 159/67 СТ2;

КР 188/80 СТ2;

КР 212/80 СТ2;

КР 188/40 СТ1.

В записи бурильных головок приняты следующие обозначения:

К − бурильная головка;

Р − радиальная разновидность;

159/67 − номинальный наружный диаметр бурильной головки/диаметр керноприемного отверстия, мм;

СТ − тип бурильной головки;

2 − порядковый номер модификации.

Однослойные ступенчатые бурильные головки выпускаются двух типов М и С:

тип М − одной модификации 2 в одной модели:

КТ 188/40 М2;

типа С − двух модификаций 3 и 5 в двух моделях:

КТ 138/52 С3;

КТ 138/45 С5.

Импрегнированные бурильные головки выпускаются только типа С модификации 3 в двух моделях:

КИ 188/80 С3;

КИ 212/80 С3.

В бурильных головках обеих моделей с твердосплавной матрицей перемешаны алмазы XXXIV группы.

Бурильные головки второго класса с синтетическими алмазами изготавливаются двух разновидностей: однослойные и импрегнированные ступенчатые.

Они выпускаются только одного типа С и одной модификации 3.

Однослойные ступенчатые бурильные головки изготовлялись в двух моделях:

КТС 188/80 С3; КТС 212/80 С3.

Импрегнированные − в трех моделях:

КТСИ 138/52 С3; КТСИ 188/8 С3;

КТСИ 212/80 С3.

Алмазные бурильные головки производятся в соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 39.026−76.

Бурильные головки для колонковых снарядов со съемным керноприемником изготавливаются с ниппельной наружной присоединительной резьбой, а бурильные головки для колонковых снарядов с несъемным керноприемником − с муфтовой внутренней резьбой.

ОСТ 39.026−76 также предусмотрено выполнение бурильных головок для колонковых снарядов со съемным керноприемником следующих семи размеров, мм:

185,7/40;

188,9/40;

211,1/60;

214,3/60;

242,1/60;

267,5/60;

292,9/60.

Бурильные головки размерами 185,7/40 и 188,9/40 выпускаются с ниппелем З-147, размером 211,1/60 и 214,3/60 − с ниппелем З-161, а остальные − с ниппелем З-171. Бурильные головки для керноприемных снарядов с несъемным керноприемником производятся следующих размеров, мм:

130,4/60;
138,1/60;
141,3/52;
147,6/52;
157,1/67;
163,5/67;
169,8/67;
185,7/80;
188,9/80;
195,3/80;
211,1/80;
214,3/80;
220,7/80;
242,1/100;
267,5/100;
292,9/100;
308,7/100;
317,6/100;
346,8/100.

Бурильные головки ИСМ, вооруженные вставками со сверхтвердым материалом «Славутич», выпускаются в настоящее время одной и той же разновидности (рис. 72) и одного типа МС.

Эти бурильные головки армируются вставками с материалом «Славутич» по

наружной рабочей поверхности шести лопастевидных рабочих органов, составляющих единое целое с продолговатым полым корпусом, а также по внутренней центральной части, обеспечивающей образование керна.

Изготовление таких бурильных головок проводится в соответствии с ТУ 88 УССР ИСМ 472−76. Этими техническими условиями предусматривается изготовление бурильных головок под общим шифром ИСМ трех типов: М, МС и С.

Общий вид бурильных головок ИСМ и PDC представлен на рис. 2.149, 2.150. Бурильные головки, как и буровые долота, имеют стальной корпус с присоединительной резьбой и рабочие органы в виде лопастей, оснащенные резцами из поликристаллических синтетических алмазов.

Бурильные головки могут быть цельнометаллические стальные и матричного типа, аналогично буровым долотам. Технология изготовления бурильных головок PDC аналогична технологии изготовления буровых долот.

Бурильные головки PDC применяют для бурения с отбором керна в породах от мягких до средней твердости.



Рис.2.149. Общий вид бурильных головок ИСМ

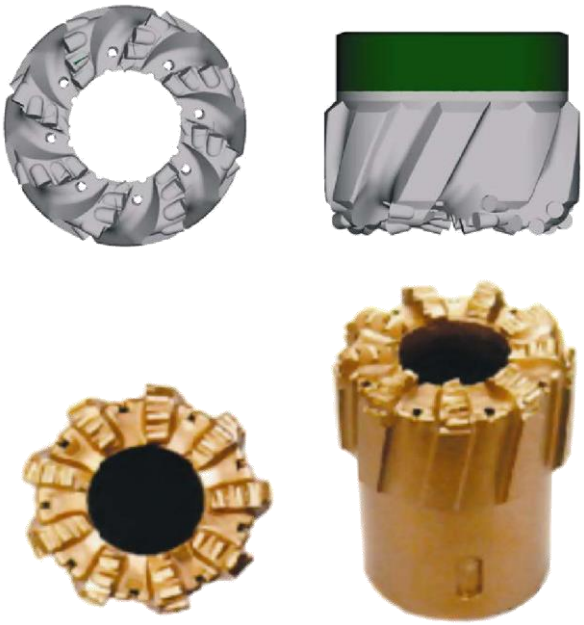


Рис.2.150. Общий вид бурильной головки PDC



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

Методическое пособие к комплексу практических занятий по дисциплине «Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ» для студентов специальности 21.05.03 Технология геологической разведки Очного и заочного обучения

Часть 1
Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……

1. Исследование свойств горных пород методом вдавливания

Лабораторная работа № 1. Исследование деформационных свойств горных пород и энергоемкости их разрушения……

Лабораторная работа № 2. Исследование явления скачкообразности процесса разрушения горных пород……

Лабораторная работа № 3. Исследование влияния микротвердости и структуры кристаллитов и минералов, слагающих горную породу, на абразивные свойства породы……

2. Исследование механических свойств горных пород при статических и динамических нагрузках

Лабораторная работа № 1. Определение предела прочности горных пород при одноосном сжатии……

Лабораторная работа № 2. Исследование процесса разрушения горных, пород при воздействии динамических нагрузок……

Лабораторная работа № 3. Определение дробимости горных пород……

3. Исследование дисперсных сред

Лабораторная работа № 1. Исследование закономерностей изменения удельной поверхности порошков при диспергировании горных пород……. ……

Лабораторная работа № 2. Исследование влияния среды на процесс разрушения и диспергирования горных пород…….....

4. Комплексное исследование свойств и процессов разрушения горных пород

Лабораторная работа № 1. Определение физико-механических параметров скальных горных пород……

Лабораторная работа № 2. Определение упругих свойств горных пород……

Лабораторная работа №3. Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском……..
Лабораторная работа № 4. Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском…….....
Литература…….....

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее методическое пособие предназначено для выполнения практических занятий по профилирующим дисциплинам для студентов специальности 21.05.03 специализация № 3 Технология и техника разведки МПИ. Предложенные в методическом пособии практические занятия выполняются с целью закрепления теоретических знаний, приобретения практических навыков в выполнении работ лабораторного характера, в том числе с элементами НИРС, расчетов, необходимых при изучении студентами профилирующих дисциплин, курсовом и дипломном проектировании. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в приложении. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

Структурно, в зависимости от теоретического характера лабораторных исследований, методическое пособие представлено в трех частях:

часть 1 - Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород;

часть 2 - Исследование буровых промывочных жидкостей и тампонажных растворов;

часть 3 - Методика обработки результатов исследования при выполнении лабораторных работ и справочные материалы.

Список литературы, использованной при написании методического пособия, приведен в конце каждой части.

В подготовке материалов по комплексному исследованию свойств и процессов разрушения горных пород (часть 1) принимал участие студент Сазонов М. В.

Объем данных работ рассчитан, в основном, на 2-4 часа, реже - на 6-8 часов в случае проведения студентами

комплексных исследований повышенной сложности и детальности.

Полученные результаты лабораторных исследований оформляются студентами в виде отчета, содержащего следующие данные и разделы:

1. Полное наименование работы.
2. Состав исполнителей.
3. Руководитель работы.
4. Задание, дата.
5. Исходные данные.
6. Порядок выполнения работы.
7. Выводы и рекомендации по результатам исследований.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ВДАВЛИВАНИЯ

Лабораторная работа № 1. Исследование деформационных свойств горных пород и энергоемкости их разрушения

Целью работы является исследование деформационных свойств горных пород и энергоемкости их разрушения при воздействии на породы высоких механических полей.

Задача работы состоит в определении механических свойств горных пород методом вдавливания штампа, в проведении расчетов параметров деформационных свойств и энергоемкости разрушения пород, а также в технико-технологической оценке результатов лабораторных исследований

При выполнении настоящей лабораторной работы студенты знакомятся с методикой определения показателей механических свойств горных пород методом вдавливания штампа на установке УМГП-3, проводят испытания образцов горной породы и обрабатывают полученные при испытаниях графики "нагрузка-деформация" [1, 2].

Полученные результаты лабораторных исследований являются основой для расчетов показателей твердости, упругости, пластичности и энергоемкости разрушения горных пород при разной степени деформирования. В конце оформления отчета по данной лабораторной работе дается практическая оценка полученных результатов лабораторных исследований применительно к различным технологическим процессам горного производства, сопровождающимся деформацией и разрушением горных пород.

Содержание работы

Исходные материалы: цилиндрические образцы горных пород (керна) высотой 30-50 мм и диаметром 40-60 мм. Лабораторная работа выполняется группой (бригадой) по 3-4 человека в течение 2-х часов. Перед началом выполнения лабораторной работы руководитель выдает каждой группе (бригаде) образцы исследуемых горных пород, решает вопрос о количестве исследуемых образцов. Причем лабораторная работа, выполняемая каждой группой студентов по отдельности, может являться частью целого комплекса исследований физико-механических свойств. В данном случае результаты лабораторных исследований объединяются вместе и подвергаются анализу в их совокупности.

В процессе выполнения лабораторной работы студенты проводят определение показателей механических свойств горных пород методом вдавливания штампа (рис. 1).

Метод вдавливания цилиндрического штампа с плоским основанием в специально приготовленную плоскую поверхность цилиндрического образца (керна) горной породы высотой 30-40 мм и диаметром 40-60 мм является основным методом для получения количественных характеристик механических свойств горных пород, разрушаемых при бурении скважин.

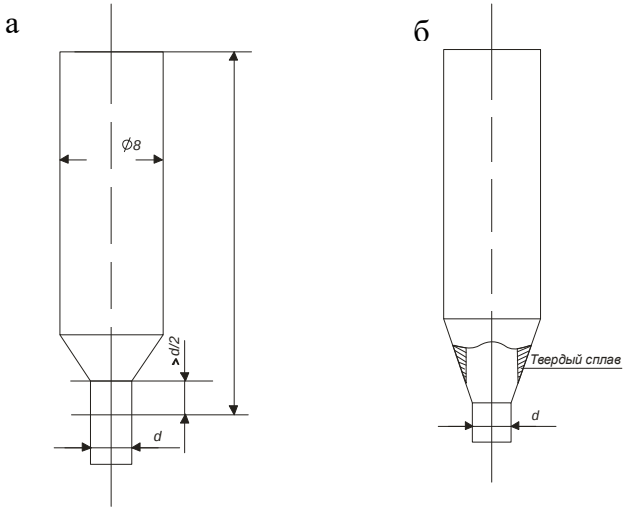


Рис. 1. Виды цилиндрических штампов:

(а - для пониженной твердости горных пород, б - для твердых горных пород)

При вдавливании в твердые горные породы (твердость 3000 МПа) применяются твердосплавные цилиндрические штампы, при меньшей твердости - штампы из закаленной стали. При испытании плотных и однородно пористых пород можно использовать штампы площадью 2 мм^2, а для пород с величиной зерна больше 0,25 мм лучше использовать штампы площадью 3 мм^2. Для сильно пористых и малопрочных пород необходимы штампы с площадью основания 5 мм^2 и более. Эти площади соответствуют притуплению зубьев шарошечных долот. Подготовка установки УМГП-3 к проведению испытаний и испытание ведется аналогично тому, как описано в лабораторной работе 2, за исключением того, что после получения скачка разрушения горной породы (для хрупких, например, гранита и пластично-хрупких пород, например, мрамора) выключается двигатель кнопкой "стоп-нагрузка",

а двигатель записи деформации оставляется включенным до остановки барабана.

Полученные результаты испытаний на установке УМГП-3 обрабатывают следующим образом.

Все горные породы по характеру поведения при вдавливании штампа делятся на три класса: I – хрупкие, II – пластичнохрупкие, III – высокопластичные и сильно пористые. Каждому классу пород соответствуют характерные графики "нагрузка-глубина вдавливания" (рис. 2).

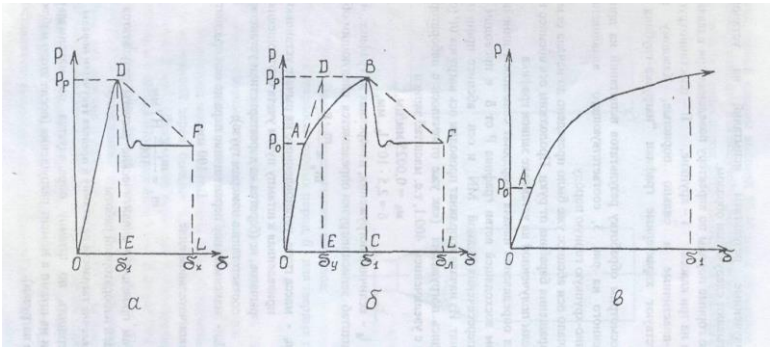


Рис. 2. График «Нагрузка-глубина вдавливания»

Рассмотрим обработку результатов испытаний на примере графика, приведенного на рис. 3, соответствующего вдавливанию штампа в пластично-хрупкую горную породу.

Начало оси абсцисс уже было проведено до начала опыта, когда P=0, путем вращения барабана от руки. Продолжим ось абсцисс: на 1-2 см далее за пределы полученной на установке записи графика.

Для определения начала координат совмещаем линейку с линейным участком восходящей ветви графика P от δ и проводим прямую MN. Точку пересечения прямой MN и оси абсцисс принимаем за начало координат. Из начала координат проводим ось нагрузок OP (ось ординат).

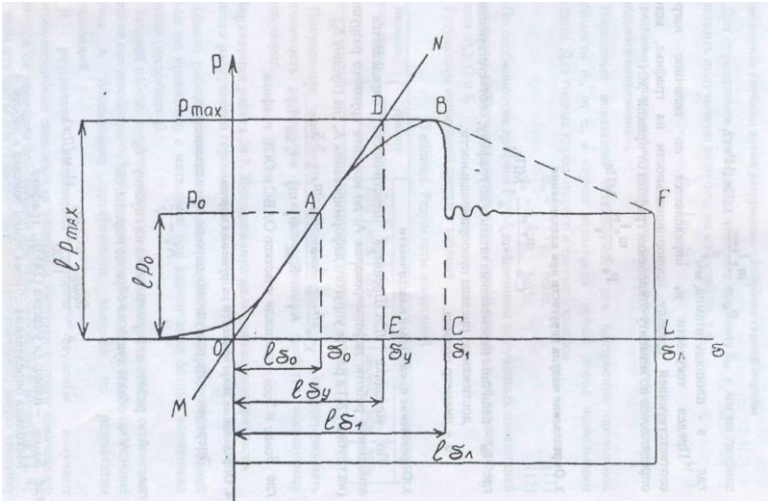


Рис.3. Обработка графика Р от δ при вдавливании штампа.

Запись погружения (как уже отмечалось в лабораторной работе 2) ведется с увеличением 400:1, т.е. масштаб записи

$$M_{\delta} = 0{,}0025 \text{ мм/мм},$$

$$\delta = 2{,}5\times10^{-3}\, l_{\text{g}}, \text{ мм}, \qquad (1)$$

где l_{g} - величина погружения, измеренная на графике, мм.

Масштаб записи нагрузки определяется следующим образом:

$$m_p = \frac{m_i \cdot g}{L} \qquad (2)$$

где m_i - масса груза, установленного на рычаге установки, приведенная к штампу путем учета соотношения плеч рычагов, кг (берется из характеристики установки в соответствии с номером груза);

L - максимальное перемещение пера по оси ординат:

$$L = 100\text{мм}.$$

В окончательном виде

$$m_p = \frac{m_i \cdot g}{100}, \text{ Н/мм;}$$

Затем проводятся аналитические расчеты результатов исследований настоящей лабораторной работы.

1. Определение твердости по штампу и предела текучести породы

Твердость по штампу определяется по максимальной величине нагрузки на штамп в момент разрушения (после этого наблюдается резкое падение нагрузки):

$$P_{\text{ш}} = \frac{m_p l_{\text{pmax}}}{S}, \text{ МПа (Н/мг),} \qquad (4)$$

где S - площадь штампа, мм^2.

Предел текучести p_0 определяется по величине нагрузки, соответствующей пределу пропорциональности на графике, который определяется по моменту отклонения графика от прямой MN.

$$P_0 = \frac{m_p l_{\text{p0}}}{S}, \text{ МПа} \qquad (5)$$

2. Определение модуля упругости при вдавливании

$$C = \frac{m_{\text{p}} l_{\text{p0}}}{d m_{\delta} l_{\delta 0}}, \text{ МПа,} \qquad (6)$$

где $l_{\delta 0}$ - величина перемещения штампа по графику, соответствующая достижению предела пропорциональности;

d - диаметр штампа.

3. Определение показателей пластичности

По методике Л. А. Шрейнера пластичность определяется как отношение работы деформирования A_1 до момента хрупкого разрушения (на глубину 6) к работе упругого деформирования A_2 (на глубину δ_y).

$$K = \frac{A_1}{A_y} = \frac{S_{OABC} \cdot m_p \cdot m_\delta}{S_{ODE} \cdot m_p \cdot m_\delta} = \frac{2S_{OABC}}{l_{p\max} \cdot l_{\delta y}}, \quad (7)$$

где S_{OABC} и S_{ODE} - площади участков OABC и ODE графика.

4. Определение энергоемкости разрушения породы

Энергоемкость разрушения породы при вдавливании

$$A_v = \frac{A}{V}, \quad (8)$$

где A - работа деформирования на глубину $\delta_л$;
V - объем лунки на образце породы, $см^3$.

$$A = \frac{S_{OAFBL} \cdot m_p \cdot m_\delta}{1000}, \text{ Н·м (Дж)}, \quad (9)$$

где S_{OAFBL} - площади участка OAFBL графика.

Методика определения объема лунки описана в работе 4.

5. Определение глубины лунки разрушения на образце горной породы

Для определения необходимо измерить величину $l_{\delta л}$ в мм на графике и умножить полученную величину на масштаб m_δ, т.е.

$$\delta_л = l_{\delta л}, \text{ мм}. \quad (10)$$

6. Определение предельной интенсивности касательных напряжений и среднего нормального напряжения σ_0.

Названные показатели используются для построения предельной зависимости σ_{is} от σ_0 в случае испытания горных пород несколькими методами. Для горных пород второго и третьего классов

$$\sigma_{is} = 0{,}55\ p_0, \quad \text{МПа}, \tag{11}$$

$$\sigma_0 = 0{,}50\ p_0, \quad \text{МПа}, \tag{12}$$

По особенностям графика Р от δ и величинам полученных показателей механических свойств определить класс горной породы и ее категорию по $P_ш$ (или P_0), С и К.

Результаты испытаний свести в таблицу.

Таблица

Результаты испытаний

Название горной породы	Диаметр штампа d, мм	Расчетные показатели						
		$P_ш$, МПа	P_0, МПа	C_1, МПа	К	A_v, Дж/см^3	σ_{is}, МПа	σ_0, МПа

Полученные результаты проанализировать и охарактеризовать энергоемкость разрушения и деформационные свойства исследуемых горных пород.

Лабораторная работа № 2. Исследование явления скачкообразности процесса разрушения горных пород

Целью работы является изучение особенностей разрушения горной породы по сравнению с металлами при вдавливании острых конических штампов (инденторов).

Задачей работы является экспериментальное исследование студентами кинетики скачкообразного процесса разрушения горных пород, проведение анализа и

обоснование практических выводов по результатам исследований.

В результате выполнения работы студенты получают экспериментальные зависимости величины нагрузки острого конического индентора от величины деформации для горной породы и металлов [3, 4]. При этом студенты могут лично пронаблюдать скачкообразную кинетику процесса разрушения горной породы, в отличие от процесса разрушения металла, и сделать соответствующие практические выводы. Полученные в ходе лабораторных исследований диаграммные бланки на установке УМГП-3 студентами обрабатываются, строятся графики "нагрузка-деформация" как для образцов горной породы, так и для образцов металла, даются рекомендации по повышению эффективности разрушения горных пород и технологии работы породоразрушающих инструментов.

Содержание работы

Исходные материалы: образцы горной породы в форме цилиндров (например, размером 50×50 мм) со шлифованной торцевой поверхностью и пластинки металла (железо, медь, бронза и др.) размером порядка 30×30×5 со шлифованной испытуемой поверхностью. Лабораторная работа выполняется группой студентов по 3-4 человека в течение 2-х часов. Основная часть лабораторных исследований проводится на установке УМГП-3 (рис. 4, 5).

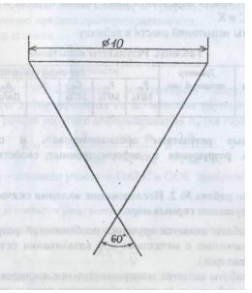


Рис. 4. Острый конус индентора

Устройство установки

Установка УМГП-3 предназначена для изучения по графику деформации механических свойств горных пород и самого процесса разрушения при вдавливании острого конуса и цилиндрического штампа с плоским основанием площадью от 1 до 5 мм^2 [2].

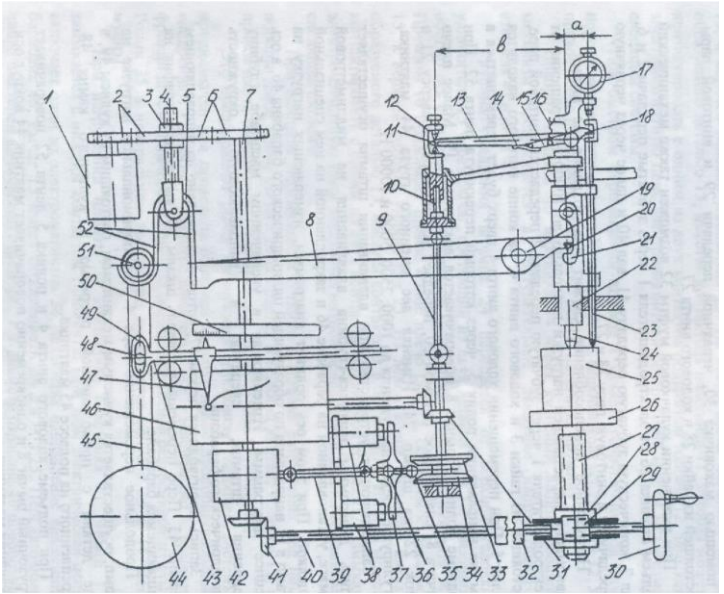


Рис. 5. Схема установки УМГП-3

Установка состоит из четырех частей:

1) подвижного столика, 2) нагрузочного приспособления, 3) устройства для визуального измерения глубины внедрения индентора, 4) устройства для записи диаграммы нагрузка-глубина внедрения при вдавливании инденторов.

Подвижный столик 26 служит для установки вертикального перемещения образца 25 до соприкосновения со штампом 24 и штоком 22 нагрузочного

приспособления. Это перемещение осуществляется вручную с помощью маховичка 30, червячной передачи 29 и винтовой пары, состоящей из гайки 28 и ходового винта 27.

При включении кулачковой муфты 32 возможен также механический подъем столика 26 от электродвигателя 1 через зубчатые передачи 2 и 6, вал 7, коническую зубчатую передачу 41, вал 40 и далее через червячную передачу 29 и винтовую пару 28 и 27.

Нагрузочное приспособление служит для создания на штамп 24 равномерно нарастающей нагрузки предельно до 10000 Н. Вращение от электродвигателя 1 через зубчатую передачу 2 передается винтовой паре, состоящей из гайки 3 и ходового винта 4, на конце которого находится ролик 5. При перемещении ходового винта 4 вверх будет перемещаться в том же направлении ролик 5, через который перекинута лента 52. При подъеме ролика 5 рычаг 8 поворачивается вокруг оси 19. Малое плечо рычага 8, снабженное призмой 20, передает усилие через траверсу 21 и шток 22 на штамп 24. Изменяя вес сменного груза 44 маятника, регулируют предел нагружения до 1000, 2500, 5000 и 10000 Н.

Записывающее устройство при вдавливании штампа осуществляет запись диаграммы нагрузка-глубина вдавливания на миллиметровой бумаге, установленной на барабане 46 и закрепленной на нем специальной защелкой. При этом ось ординат диаграммы, измеряющая нагрузку на штамп в Н, направлена по образующей цилиндрического барабана 46, а ось абсцисс диаграммы. Измеряющая в увеличенном масштабе глубину внедрения штампа, свернута в направляющую окружность цилиндрического барабана.

Запись производится пером 47, которое закреплено на направляющем стержне 43. Перо перемещается вдоль шкалы 50, вычерчивая график на вращающемся барабане.

Продольное перемещение пера 47, пропорциональное нагрузке на штамп, осуществляется кулисным механизмом, состоящим из кулисы 49, в виде детали с прямолинейной прорезью и кулисного камня 48, закрепленного на подвесе 45 маятника.

При подъеме ходового винта 4 и ролика 5 лента 52 поворачивает нагрузочный рычаг 8 и одновременно поворачивает маятник 44 вокруг оси 51 качания маятника.

Поворот подвеса 45 маятника 44 через кулисный выпрямляющий механизм превращается в поступательное движение направляющего стержня 43 и пера 47.

Глубина внедрения штампа 24 передается от верхней головки удлинителя 23 через рычаг, состоящий из двух деталей 15 и 13, имеющих общую ось вращения 18 и связанных между собой плоской пружиной 14. Пружина 16 прижимает правое малое плечо рычага, образуемое деталью 15, к верхней головке удлинителя 23. На левом конце большого плеча, образуемого деталью 13, имеется контактная пластинка 11, которая может контактировать с одним из двух контактов подвижной головки 12, замыкая электромагнитную цепь электромагнитной реверсивной муфты механизма следящей системы.

При быстром перемещении штампа в момент разрушения под ним породы левое плечо рычага 13 опирается о верхний контакт головки 12, а правое плечо поворачивается вокруг оси 18, натягивая пружину 14.

Поворот подвеса 45 маятника 44 через кулисный выпрямляющий механизм превращается в поступательное движение направляющего стержня 43 и пера 47.

Глубина внедрения штампа 24 передается от верхней головки удлинителя 23 через рычаг, состоящий из двух деталей 15 и 13, имеющих общую ось вращения 18 и связанных между собой плоской пружиной 14. Пружина 16 прижимает правое малое плечо рычага, образуемое деталью 15, к верхней головке удлинителя 23. На левом конце большого плеча, образуемого деталью 13, имеется

контактная пластинка 11, которая может контактировать с одним из двух контактов подвижной головки 12, замыкая электромагнитную цепь электромагнитной реверсивной муфты механизма следящей системы.

При быстром перемещении штампа в момент разрушения под ним породы левое плечо рычага 13 опирается о верхний контакт головки 12, а правое плечо поворачивается вокруг оси 18, натягивая пружину 14.

Это предохраняет рычаг от поломки. Механизм следящей системы предназначен для проворота барабана на угол прямо пропорциональный внедрению штампа. Электродвигатель 42 непрерывно вращает фрикционный конический ролик 35 электромагнитной реверсивной муфты Ролик 35 в нейтральном положении не касается конусов 33 и 34 этой муфты.

При нагружении штампа 24 контактная пластинка 11 рычага 13 замыкается с нижним контактом головки 12. При этом электрическая цепь включает один из электромагнитов 38, задающих направление вращению барабана 46. Рычаг 13 имеет отношение плеч а:в=1:25. Передаточные числа шестерен конической передачи 31 и диаметр барабана 46 подобраны таким образом, что пир перемещении головки 12 на I мм окружность барабана перемещается на 16 мм. Следовательно, окружность барабана 46 перемещается на величину в 25×16 = 400 раз большую, чем перемещение штампа 24 при его внедрении в образец 25. Поэтому один мм записи деформации на бланке соответствует 2,5 мкм реального перемет штампа. Это необходимо знать при расшифровке диаграмм записи «нагрузка-деформация».

При нагрузке штампа контактная пластина 11 замыкается с верхним контактом головки 12, электрическая цепь включает другой электромагнит 38, срабатывает рычаг 37 с якорем, поворачиваясь вокруг оси 36, ролик 3 прижимается к конусу 33 фрикционной муфты, карданный вал 9 начинает вращаться в обратном направлении, ходовой винт 10 вывинчивается из гайки головки 12, и эта головка

поднимается вверх в исходное положение до отрыва пластинки 11 от верхнего контакта головки 12.

Подготовка установки УМГП-3 к работе

1. На барабан установить диаграммный бланк. Для этого открыть замок барабана (защелка на оси барабана), снять барабан с вала, открыть защелку на барабане, установить диаграммный бланк и закрыть защелку на барабане. Установить барабан на вал, закрыть замок.
2. Прочистить перо и заправить его чернилами,
3. Установить требуемое (по заданию) число грузов на рычаг. С этой целью отвернуть гайку с рычага и снять или добавить грузы, закрепить гайку (при пределе измерений свыше 0-1000 Н малый груз не снимается).
4. На поверхность штока установки установить штамп, предварительно измерив с помощью микрометра его диаметр. Торцевую поверхность штампа, прикладываемую к штоку установки, смазать машинным маслом.
5. Установить выбранный образец на столик прибора.
6. Включить вилку прибора в сеть.
7. Включить тумблер "сеть" прибора. При включении тумблера "сеть" загорается сигнальная лампочка на панели прибора.
8. Штурвалом 30 подвести образец породы в соприкосновение со штампом. Соприкосновение штампа с образцом породы считается правильным, если перо прибора не сдвинулось по образующей (нет предварительного нагружения штампа вручную) и горит лампочка "деформация-увеличение". Регулировка длины ножки индикатора деформации производится специальными гайками, устанавливаемыми на обоих концах ножки индикатора Регулировку вести очень плавно с тем, чтобы четко настроить ножку индикатора на момент включения "Деформация – увеличение" сразу

после сигнала "Деформация-увеличение". Оба этих сигнала контролируются загоранием сигнальных лампочек и слабыми щелчками (включение электромагнитов).

9. Осторожно опустить перо на бланк на барабане и плавным движением барабана дать направление (прочертить) нулевой линии длиной 5-6 см.

Проведение опыта

Одновременным нажатием кнопок "нагрузка" и "деформация" включаются оба электродвигателя. Вдавливание конических штампов в горную породу производится до получения нескольких скачков разрушения или до полного выбора деформации (предел измерения деформации составляет 750 мкм - один оборот барабана), в металле - до ? оборота барабана. Кнопками "стоп" выключают электродвигатели. Включается кнопка "разгрузка". Разгрузка производится до нулевой линии (электродвигатель выключается конечным микровыключателем автоматически). Разгрузку можно производить и вручную (быстрее), для чего штурвал вывести из зацепления в зубчатой муфте и вращением против часовой стрелки, следя за пером, доводят нагрузку до нуля.

При малой нагрузке вращение вести медленно, чтобы не пропустить щелчка микровыключателя, в противном случае будет поломка микровыключателя. После разгрузки установки штурвалом отвести столик прибора с образцом и включить кнопку электродвигателя "деформация", электродвигатель оставлять включенным до полной остановки барабана (барабан вращается в обратную сторону). При пропуске этой операции в следующем опыте деформация записываться не будет.

После опыта диаграммный бланк снимается с барабана.

Техника безопасности при работе на установке УМГП-3

1. К работе на установке УМГП-3 студенты допускаются только после проверки знаний по правилам работы на установке.

2. Установка УМГП-3 работает от электросети напряжением 380 в. Перед началом работы необходимо убедиться в надлежащем заземлении.

3. Изучение устройства установки вести только после отключения прибора от сети.

После окончания экспериментальных исследований студенты должны на диаграммном бланке записать дату испытания, материал образца (порода или металл) и построить ось нагрузки (ось ординат) и ось деформации (ось абсцисс). Начало координат находится путем совмещения линейки с линейным участком первой восходящей ветви графика нагрузка-деформация и проведения прямой, пересекающей нулевую линию. Из начала координат провести ось нагрузки. По резкому падению нагрузки при вдавливании конуса в породу выделить на графике "нагрузка - глубина вдавливания" первый, второй и третий скачки разрушения. Описать качественное отличие в разрушении металла и горной породы. Сделать выводы и рекомендации по выполненной работе.

Лабораторная работа № 3. Исследование влияния микротвердости и структуры кристаллитов и минералов, слагающих горную породу, на абразивные свойства породы

Цель работы - исследования степени влияния микротвердости размеров и формы составных элементов горной породы (минералов, кристаллитов, цементов, и т.п.) на абразивные свойства горных пород.

Задача работы состоит в определении микротвердости составных элементов горной породы,

определении ее абразивных свойств и определении взаимосвязи между параметрами микротвердости горной породы и ее абразивными свойствами.

В процессе выполнения работы студенты занимаются изучением методики определения микротвердости минералов на приборе ПМТ-3 и методики определения абразивности по методу Барона [5]. Затем производится подготовка проб в соответствии с требованиями вышеуказанных методов и сами лабораторные исследования. По результатам лабораторных данных строятся графики: $A = f\left(\frac{H_{м,\max}}{H_{м,\min}}\right)$ и $A = f\left(H_{м,\max}\right)$ [1, 6]. Дается анализ полученных лабораторных данных и их влияния на эффективность разрушения горных пород породоразрушающим инструментом (алмазным, твердосплавным и др.).

Содержание работы

Исходные материалы: шлифовальные образцы горных пород, вдавленные в кристаллы на предметном стекле и шлифовальные образцы в виде дисков (керна) высотой 25-40 мм. Количество образцов определяется руководителем. Лабораторная работа выполняется группой студентов в количестве 3-4 человек и рассчитывается на 4 часа: 2 часа - на изучение методик определения микротвердости и абразивности горных пород, знакомство с приборами и подготовку проб; 2 часа - на проведение исследований и обработку полученных результатов, написание отчета.

Выполнение настоящей лабораторной работы производится в следующем порядке.

1. Определение микротвердости составных элементов, слагающих породу (минералов, кристаллитов, цементов, зон ослаблений и т.п.)

Разрушение породы, например, при бурении или резке камня всегда сопровождается износом породоразрушающего инструмента и, в первую очередь, его вооружения. Горную породу можно рассматривать как агрегаты, состоящие из одного (мономинеральная горная порода) или нескольких (полиминеральная горная порода) минералов. От соотношения твердости минералов, входящих в горную породу, и материалов породоразрушающего инструмента будет зависеть интенсивность износа последнего. В связи с этим возникает необходимость определения микротвердости минералов и металлов. Определение микротвердости минералов и металлов производится на стандартном приборе ПМТ-3, созданном в 1949 году под руководством академика В. Л. Линника. Прибор предназначен для измерения твердости материалов вдавливанием пирамиды от 0,02 до 2Н [1, 2, 5]. Общий вид прибора показан на рис. 6.

Известно, что при вдавливании в хрупкие тела микронаконечников с большими углами заострения хрупкие тела не разрушаются, а при вдавливании образуются пластические отпечатки. Измеряя эти отпечатки и зная нагрузку, при которой проводилось вдавливание, определяют микротвердость.

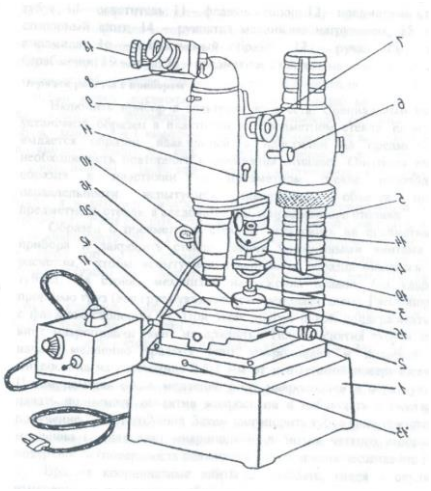


Рис. 6. Прибор ПМТ-3

Устройство прибора ПМТ-3

Общий вид прибора ПМТ-3 приведен на рис. 6. Прибор состоит из следующих основных узлов и деталей: 1 - станина; 2 - координатный винт; 3-стойка механизма нагружения; 4 - механизм нагружения; 5 - стойка; 6 - винт микроподачи; 7 - винт макроподачи; 8-окулярный микрометр, 9-тубус; 10 - осветитель; 11 - флажок-стопор; 12 - предметный столик, 13 -стопорный винт, 14 - рукоятка механизма нагружения, 15 - алмазная пирамида; 16 - испытуемый образец; 17 - ручка; 18 - отсчетный барабанчик; 19 - груз; 20 - предметное стекло.

Порядок работы с прибором

Включить прибор в электрическую сеть. Специальным устройством установить образец в пластилин на предметном стекле. Если студентам выдается образец, вдавленный в пластилин на предметном столе, необходимость повторного вдавливания отпадает. Операция вдавливания образца в пластилин на предметном стекле необходима для параллельности испытуемой

поверхности объекта поверхности предметного стекла, а следовательно, и предметного столика.

Образец с предметным стеклом установить на предметный столик прибора и закрепить стекло сверху прижимными винтами с таким расчетом, чтобы испытуемая поверхность образца оказалась под осью тубуса. На стойку механизма нагружения плавно, без удара, ввести прорезью груз (вес груза указывается преподавателем). Расстопорить тубус с флажком-стопором 11. При этом другой рукой поддерживать тубус за винт макроподачи (винт не вращать). После снятия тубуса со стопора начать медленно вращать винт макроподачи и подвести объектив микроскопа на расстояние 0,5-1 мм от испытуемой поверхности образца. Потом, вращая очень медленно винт макроподачи в обратную сторону, начать поднимать объектив микроскопа и наблюдать в окуляре тубуса получение "светлого" поля. Затем застопорить тубус флажком-стопором и, медленно вращая винт микроподачи, добиться четкого изображения на поверхности (поверхность появляется в поле зрения неожиданно резко).

Вращая координатные винты 2, выбрать, глядя в окуляр, место измерения на поверхности образца (если в поле зрения попали отпечатки, вращая координатные винты 2, вывести их из поля зрения). Вращая столик, плавно до упора перевести испытуемый образец под механизм нагружения. Плавным поворотом (в течение 5 с) рукоятки нагружения одним пальцем до упора против часовой стрелки опустить груз на испытуемую поверхность В течение 10 с держать пирамиду под заданной нагрузкой для получения отпечатка Обратным плавным движением разгрузить пирамиду (поднять груз). Убедившись, что пирамида поднята над поверхностью, можно плавно поворачивать столбик обратно на 180^0 до упора и тем самым перевести образец под объектив.

Измерение диагонали отпечатков

Измерение диагонали отпечатков производится окулярным микрометром АМ9-2 и мерной линейкой, встроенной в тубус, с применением креста нитей и двух рисок, также встроенных в тубус.

Перед измерением диагонали нужно расположить крест нитей так, чтобы он перемещался по одной из диагоналей отпечатка (рис. 7). Само измерение производится следующим образом: фиксируют положение креста нити в начале диагонали отпечатка и берут отсчет. Первая цифра отсчета - целое число делений на мерной линейке, вторая цифра отсчета - десятки делений на барабане окулярного микрометра, третья цифра - единицы делений на барабане окулярного микрометра. Например: на мерной линейке две риски находятся между цифрами 3 и 4, первая цифра отсчета будет 3; на барабане 60, вторая цифра - 6; единиц деления на барабане окулярного микрометра 7, третья цифра будет 7. Первый отсчет -367.

Затем перемещают крест нити по диагонали отпечатка и в конце диагонали фиксируют положение креста и берут второй отсчет. Например, второй отсчет 442. Величина перемещения креста нитей будет равна 442-367=75 (в делениях). Цена деления микрометра АМ9-2 при апертуре А=0,65 равна 0,3 мкм. Тогда измеренная длина диагонали отпечатка равна 75-0,3 =22,5 мкм.

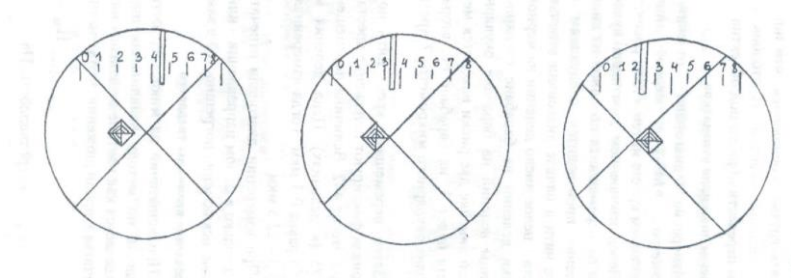


Рис. 7. Расположение креста нитей в тубусе прибора на отпечатке исследуемого элемента горной породы (*P* выражается в ньютонах, *d* в мкм).

При измерении диагонали отпечатка необходимо передвигать крест нитей только в одном направлении - или слева направо, или справа налево с целью исключения погрешностей в замерах из-за люфта винта.

Определение величины твердости

При испытании на микротвердость как при обычном испытании на твердость по методу вдавливания пирамиды величина микротвердости определяется как частное от деления нагрузки P на боковую поверхность F отпечатка в предположении, что углы отпечатка такие же, как у пирамиды

$$H_{м} = \frac{P}{F}\ , \qquad (1)$$

где $H_м$ - микротвердость, Па.

В свою очередь

$$F = \frac{d^2}{2\sin\frac{\alpha}{2}} \qquad (2)$$

где d - длина диагонали, мкм;

α - угол при вершине пирамиды Виккерса, равный 136°. В окончательном виде

$$H = \frac{1.854 \cdot 10^6 \cdot P}{d^2}\text{, МПа.} \qquad (3)$$

Для ускорения вычисления твердости приведены таблицы твердости 1, 2 и 3 для нагрузок 0,2; 0,5 и 1 Ньютон. При нагрузках в 10 раз больших или меньших эти таблицы

также применимы, соответственно число твердости необходимо уменьшить или увеличить в 10 раз.

2. Определение абразивности образцов горной породы методом Барона

Настоящие методики определения абразивности горных пород разработаны в институте горного дела им. А. А. Скочинского, Л. И. Бароном и А. В. Кузнецовым. Сущность ее заключается в истирании о поверхность образца горной породы торца вращающегося стержня из незакаленной стал и -серебрянки с последующим определением весового износа стержня во время опыта. За критерий абразивности принимается суммарная потеря в весе стержня за стандартное время опыта 10 минут. Опытное потирание стержня производится при осевой нагрузке 150 Н и скорости вращения 400 об/мин [5].

Испытания производятся на установке, выполненной на базе обычного сверлильного станка типа НС - 1 2 А.

Образец горной породы устанавливается в зажимном приспособлении таким образом, чтобы истираемая поверхность была перпендикулярна шпинделю станка. В патроне станка закрепляется эталонный стержень из инструментальной калиброванной стали-серебрянки У8А, диаметром 8 мм. Изготовление стержней производится на токарном станке, где пруток разрезается на части, длиной 70 мм. В одном из торцов каждого стержня высверливается центральное отверстие диаметром 4 мм и глубиной 12 мм.

Определение абразивности породы производят "Сверлением" образца породы эталонным стержнем, предварительно взвешенным на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Исследования производят по схеме парных опытов: сначала "сверление" осуществляется в течение 10 мин одним концом стержня, затем в течение 10 мин – другим.

После опыта стержень очищается и снова взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Коэффициент абразивности породы вычисляется на основании результатов исследований по формуле

$$A = \frac{\sum q_i}{2n_n}, \qquad (4)$$

где A - коэффициент абразивности, мг,

q_i - потеря массы эталонного стержня за каждый парный опыт, мг;

n_n - число парных опытов.

На каждом образце горной породы проводится 3-5 парных опытов, а в целом по пробе необходимо провести 9-15 таких опытов

Необходимое число единичных опытов определяется с учетом коэффициента вариации, зависящего от структуры горных пород, на основании величины отношения

$$a = \frac{K_{доп}}{K_{вар}} \qquad (5)$$

где $K_{доп}$ - допускаемое отклонение точности определения коэффициента абразивности;

$K_{вар}$ - коэффициент вариации, принимаемый согласно табл. 4

Согласно абсолютной величины a необходимо определить минимальное число единичных опытов, руководствуясь табл. 5.

Таблица 1

Определение чисел твердости в МПа при испытании алмазной квадратной пирамидой с двухгранным углом при вершине 136° для нагрузки *P*, равной 0,2 Н

Диагональ от отпечатка, мкм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	-	-	-	14840	10300	7560	5800	4580
10	3700	3060	2580	2200	1892	3648	1448	1284	1141	126
20	928	841	766	701	644	594	548	508	473	442
30	412	386	362	340	320	302	286	270	256	244
40	232	220	210	200	191,6	183,2	175,2	168,0	161	154,4
50	148,4	142,6	137,2	132	127,2	122,6	118,2	114,2	110,2	106,6
60	103,0	99,8	95,6	93,4	90,6	87,8	85,2	82,6	80,2	78,0
70	75,6	73,6	71,6	69,6	67,8	66,0	64,2	62,6	61,0	59,4
80	58,0	566	55,2	53,8	52,6	51,4	50,2	49,0	48,0	46,8
90	45,8	44,8	43,8	42,8	42,0	41,0	40,2	39,4	38,6	37,8
100	37,0	38,4	35,6	35,0	34,2	33,6	33,0	32,4	318	31,2
110	30,6	30,2	29,6	29,0	28,6	28,0	27,6	27,0	26,6	26,2
120	25,8	254	35,0	24,6	24,2	23,8	23,4	23,0	22,6	22,2
130	22,0	21,6	21,2	21,0	20,6	20,4	20,0	19,76	19,48	19,2
140	18,92	8,66	18,4	18,14	17,88	17,64	17,40	17,16	16,94	16,7
150	16,48	6,26	16,06	15,84	15,64	15,44	15,24	15,05	14,86	14,68
160	14,48	14,30	14,14	13,96	13,80	13,2	13,46	13,30	13,41	12,98

Таблица 2

Определение чисел твердости в МПа при испытании алмазной квадратной пирамидой с двухгранным углом при вершине 136° для нагрузки *P*, равной 0,5 Н

Диагональ отпечатка, *d*, мкм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	-	-	-	-	14840	25750	18900	14500	11540
10	9250	7650	6450	5500	4730	4120	3620	3210	2860	2570
20	2320	2100	1920	1750	1610	1480	1370	1270	1180	1105
30	1030	965	905	850	800	755	715	67,5	640	610
40	580	550	525	500	479	458	438	420	402,5	38,6
50	371	356	343	330	318	306,5	295,5	285,5	275,5	266,5
60	257,5	249	239	233,5	226,5	219,5	213	2065	200,5	195,0
70	189,0	184,0	179,0	174,0	169,5	165,0	160,5	56,5	152,5	148,5
80	145,0	141,5	138,0	134,5	131,5	128,5	125,5	122,5	120,0	117,0
90	114,5	112,0	109,5	107,0	105,0	102,5	100,5	985	96,5	94,5
100	92,5	91,0	89,0	87,5	85,5	84,0	82,5	81,0	79,5	78,0
МО	76,5	75,5	74,0	72,5	71,5	70,0	69,0	67,5	66,5	65,5
120	64,5	63,5	62,5	61,5	60,5	59,5	58,5	57,5	56,5	55,5
130	55,0	54,0	53,0	52,5	51,5	51,0	50,0	49,4	48,7	48,0
140	47,3	46,6	46,0	45,3	44,7	44,1	43,5	42,9	42,4	41,8
150	41,2	40,7	40,2	39,5	39,1	38.6	38,1	37,6	37,2	36,2
160	36,2	35,8	35,4	34,9	34,5	34,1	33,7	33,2	32,8	32,5

Таблица 3

Определение чисел твердости в МПа при испытании алмазной квадратной пирамидой с двухгранным углом при вершине 136° для нагрузки *P*, равной 1 Н

Диагональ отпечатка, *d*, мкм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	18500	15300	12900	11000	9460	8240	7240	6420	5720	5140
10	4640	4200	3830	3500	3220	2970	2740	2540	2360	2210
20	2060	1930	1810	1700	1600	1510	1430	1350	1280	1220
30	1160	1100	1050	1000	958	916	976	840	805	772
40	742	713	686	660	636	613	591	671	551	533
50	515	498	478	467	453	439	426	413	401	390
60	378	368	358	348	339	330	321	313	305	297
70	290	283	276	269	263	257	251	245	240	234
80-	229	224	219	214	210	205	201	197	193	189
90	185	182	178	175	171	168	165	162	159	156
100	153	151	148	145	143	140	138	135	133	130
110	129	127	125	123	121	119	117	115	113	111
120	110	108	106	105	103	102	100	988	974	960
130	946	933	920	907	894	882	870	858	847	935
140	824	813	803	792	782	772	762	752	743	734
150	724	715	707	698	690	681	673	665	657	649
160	642	634	627	620	673	606	599	592	585	579

Таблица 4

Определение коэффициента вариации $\kappa_{вар}$

Структура пород	Размер зерен, мм	$\kappa_{вар}$, %
Крупнозернистая	5	30
Среднезернистая	3-5	22
Мелкозернистая	0.3-0.2	19
Тонкозернистая с включениями	0.2	34

Таблица 5

Определение минимального числа единичных опытов

a	2,0	0,98	0,69	0,57	0,49	0,48
n	1	4	8	12	16	20

Запись результатов измерений и вычислений производится в таблице 6.

Таблица 6

Определение абразивности горных пород

№	Порода		Номер образца опыта	Масса стержня. $G_{1,2}$, мг		Потеря массы, мг	Абразивность. А, мг				Примечание
	шифр	название		до опыта	после опыта		по опыту	по образцу	среднее по пробе	коэф. вариац, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

3. Построение графиков и выводы результатов работы

Построение графиков по результатам измерений и вычислений настоящей лабораторной работы. Количественный и качественный анализ зависимостей $A = f\left(\frac{H_{м,\max}}{H_{м,\min}}\right)$ и $A = f\left(H_{м,\max}\right)$ а также степени зернистости (крупно-, средне-, мелко-, микрозернистости) исследуемых образцов горных пород.

Обосновать практическое значение полученных результатов лабораторных исследований и дать практические рекомендации.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Лабораторная работа № 1. Определение предела прочности горных пород при одноосном сжатии

Целью данной работы является определение предела прочности горных пород путем разрушения образцов правильной формы.

Задачей работы является освоение студентами методики определения предела прочности горных пород при одноосном статическом нагружении и изучение взаимосвязи указанного параметра с известными характеристиками крепости горных пород.

Величина критических сжимающих напряжений, при которых происходит разрушение породы, называется пределом прочности на сжатие Показатель сопротивления пород одноосному сжатию $\sigma_{сж}$ является наиболее распространенной оценкой прочностных свойств пород и определяется как частное от деления максимальной разрушающей силы Ртах, полученной при одноосном раздавливании образца горной породы, на начальную площадь поперечного сечения образца S:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{\max}}{S} \qquad (1)$$

Это условное разрушающее напряжение называют также прочностью при одновременном сжатии. Однако этот показатель может рассматриваться только как некоторая относительная характеристика, которая может быть использована для сравнения крепости различных пород. Показатель прочности горных пород зависит от ряда факторов, связанных с природным несовершенством строения и структурными особенностями горных пород, таких как:

- неоднородность петрографического состава,
- слоистость;
- наличие микротрещин.

Вместе с тем, прочность образцов в значительной степени зависит от условий и техники проведения испытаний:

- формы и размеров образца;
- соотношения между размерами образцов;
- скорости приложения нагрузки и др.

С учетом перечисленных факторов прочность горных пород на одноосное сжатие определяется по следующей методике [5, 6].

Рекомендуется использовать образцы цилиндрической формы с диаметром d=42 мм и отношением высоты к диаметру 1/d = 1. Отклонения этих величин для диаметра и высоты допускаются в пределах от 40 до 45 мм и до 5 % для отношения высоты к диаметру. Цилиндрические образцы получаются при разрезании кернов на части, причем торцевые поверхности должны быть строго параллельны друг другу и перпендикулярны к образующей цилиндра Отклонение от параллельности образцов по диаметру основания образца и отклонение от перпендикулярности торцов к образующей цилиндра должно быть не более 0,05 мм.

Подготовленный образец помещают между плитами пресса и доводят до разрушения. Значение максимальной нагрузки разрушения фиксируется, а прочность при сжатии определяется по формуле (1). В том случае, если образец имеет отношение высоты к диаметру отличное от 1, необходимо произвести пересчет по формуле:

$$\sigma_N = \frac{9\sigma_{сж}}{7 + 2\frac{d}{1}} \qquad (2)$$

где σ_N - прочность на сжатие, определенная на образце с иным соотношением $\frac{d}{1}$.

Как уже отмечалось выше, полученное значение прочности может быть использовано для сравнения крепости различных пород. Термин "крепость" применим как для характеристики горных пород в отношении сопротивления их разрушению при добывании, так и в отношении их устойчивости с точки зрения сохранности горных выработок. Он пригоден для характеристики любых видов разрушения и поэтому можно рассматривать крепость как сопротивление разрушению вообще. Мерой крепости горных пород является коэффициент крепости f, предложенный профессором Протодьяконовым М. М. (см. табл. 9 Приложения)

Определять коэффициент крепости породы проф. Протодьяконов предложил по величине предела прочности пород на одноосное сжатие

$$f = \frac{\sigma_{сж}}{100 \cdot 10^5} \qquad (3)$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности пород на основе сжатия, Па.

Коэффициент крепости проф. Протодьяконова М. М. является величиной безразмерной и может иметь максимальное значение, равное 20. В процессе выполнения лабораторной работы студенты знакомятся с методикой оценки прочностных свойств горных пород, в частности, $\sigma_{сж}$, при статическом нагружении образцов на прессе и требованиями к подготовке исследуемых образцов После проведения исследований образцов горных пород на прессе рассчитываются значения предела прочности горных пород при одноосном сжатии - $\sigma_{сж}$, а результаты работы оформляются в виде таблицы В заключении даются анализ

полученных результатов исследований и практические рекомендации по их применению.

Содержание работы

Исследуемые виды горных работ выбираются, преимущественно, с различными прочностными свойствами. Количество образцов пород определяется руководителем и составляет 3-5 штук

Образцы горных пород, предназначенные для исследования студентами, могут быть приготовлены заранее.

Необходимым оборудованием и измерительными приборами для проведения исследований являются:

- пресс любой, например, марки П-50;
- камнерезный и шлифовальный станки,
- штангенциркуль;
- микрокалькулятор.

Лабораторная работа выполняется группой студентов в количестве 2-3 человека и рассчитана на 2 часа без подготовки образцов.

Выполнение настоящей работы производится в следующем порядке:

- подготавливают к работе пресс;
- измеряют площадь поперечного сечения образца и устанавливают его на нижнюю плиту;
- опускают верхнюю плиту до касания ею верхнего торца образца;
- включают двигатель маслонасоса,
- поворачивая ручку управления по часовой стрелке, осуществляют подачу масла в гидроцилиндр пресса;
- после разрушения образца сбрасывают давление масла и выключают двигатель;
- определяют по шкале нагрузок разрушающее усилие Рт» и рассчитывают по следующей формуле предел прочности породы одноосному сжатию:

$$\sigma_{сж} = \frac{4P_{\max}}{\pi d^2} \quad (4)$$

где d - диаметр образца.

При необходимости используется формула (2) эксперимента заносятся в таблицу.

Таблица

Результаты эксперимента

Номер образца	Испытуемая порода	S,м^2	$P_{\max}$, Н	$\sigma_{сж}$, Па	f

Обработка и анализ результатов исследований

По формуле (3) определяют коэффициент крепости породы по проф. Протодьяконову М. М. Затем дается руководителем задание рассчитать прочность породы на одноосное сжатие, если известен коэффициент крепости по шкале М. М. Протодьяконова (например, при f = 2, 5, 10, 15, 18) и определить коэффициент крепости f по данной шкале, если известны прочности пород на одноосное сжатие (полученные при проведении настоящих исследований или заданные руководителем произвольно). Дать практические выводы по результатам исследований прочностных свойств горных пород при статическом одноосном их нагружении.

Лабораторная работа № 2. Исследование процесса разрушения горных пород при воздействии динамических нагрузок

Целью работы является исследование энергозатрат при динамическом нагружении горных пород.

Задача работы состоит в изучении процесса динамического вдавливания в горную породу на копровой установке со свободно падающим ударником с породоразрушающим элементом. При этом исследуются

зависимости удельной объемной работы разрушения, глубины лунки h, объема разрушенной породы $V_л$ от кинетической энергии удара Т. Такие зависимости представляют большой практический интерес при любых технологических процессах, сопровождающихся разрушением горных пород при динамическом воздействии на них породоразрушающих элементов [3, 7].

Так, например, при бурении скважин имеют место исключительно динамические процессы. Поэтому с точки зрения бурения скважин представляет интерес динамическое приложение нагрузки со стороны элементов породоразрушающего инструмента к горной породе. При экспериментальном изучении динамического деформирования и разрушения пород используются принципы приближенного моделирования, которые реализуются на специальных установках [2].

В процессе выполнения работы студенты знакомятся с устройством копровой установки, на которой производится динамическое вдавливание в породу породоразрушающего элемента, и проводят серию исследований по установленной руководителем программе. Результатами работы являются произведенные студентами расчеты удельной объемной работы разрушения $A_у$, построенные графики зависимостей $A_y = f(T)$ и $V_л = f(T)$, а также практические рекомендации по кинетике разрушения горных пород в различных производственных процессах: в бурении, обработке камня, измельчении и диспергации горных пород.

Содержание работы

Исходными материалами для исследований являются образцы горных пород в форме цилиндров высотой 30-50 мм и диаметром 40-60 мм Количество испытуемых образцов горных пород определяется руководителем. Лабораторная работа выполняется группой (бригадой) по 3-4 человека в течение 2-х часов.

Опыты проводятся на вертикальном копре (рис. 1). Копер состоит из основания 6, направляющих 7, стойки 8, масштабной линейки 5, ударника 2, сменных грузов 1, плиты для крепления образцов горной породы 9, штанги 4. В штанге прессовой посадкой крепится цилиндрический штамп с плоским основанием.

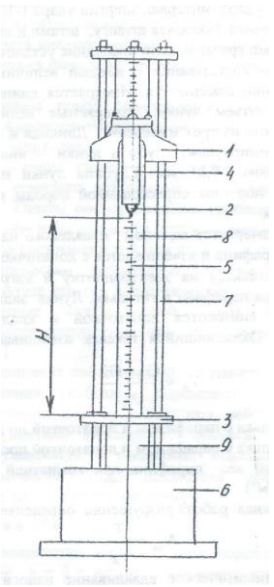


Рис. 1. Копровая установка со свободнопадающим ударником с породоразрушающим наконечником

Выполнение лабораторной работы и обработка результатов исследований проводятся в следующем порядке.

Исследуемый образец устанавливают на основании копра. Крепят плиту, завинчивая гайки "от руки". Гайки устанавливаются как над плитой, так и под плитой. Последние предохраняют штамп от разрушения в случае раскалывания образца. По заданной преподавателем

энергии удара определяется высота сбрасывания ударника по формуле:

$$H = \frac{T}{G} \qquad (1)$$

где H - высота сбрасывания;

T - энергия удара (интервал энергии удара 1-10 Дж);

G - вес ударника (включая штангу, штамп и шпильки со сменными грузами, если последние установлены).

Проводится три сбрасывания с каждой величиной энергии удара. Образовавшиеся лунки измеряются. Измеряется длинная и короткая ось лунки, глубина и объем лунки. Замеряемые величины берутся как среднеарифметические из трех измерений. Длинная и короткая оси лунки измеряются штангенциркулем, глубина лунки - индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм. Глубина лунки измеряется в самой глубокой части, но порошок спрессованной породы под штампом (ядро сжатия) не удаляется.

Объем лунки измеряется методом "плавленого парафина". В тигелек кладется кусочек парафина и взвешивается с лопаточкой на аналитических весах, после чего ставится на электроплитку и нагревается до 70° С - момент расплавления парафина в тигельке. Лунка заливается парафином. Избытки парафина снимаются лопаточкой и кладутся в тигелек с лопаточкой вместе. Охладившийся тигелек взвешивается. Объем лунки определяется так

$$V_{л} = \frac{G1 - G2}{\gamma_{п}} \qquad (2)$$

где $G1$ - вес тигелька с парафином и лопаточкой до заливки;

$G2$ - вес тигелька с парафином и лопаточкой после заливки;

$\gamma_п$ - удельный вес парафина при комнатной температуре (9200 Н/м^3) Удельная объемная работа разрушения определяется по формуле

$$A_{уд} = \frac{T}{V_л} \qquad (3)$$

Последующее динамическое вдавливание наносится на расстоянии двух диаметров лунки от предыдущего. Значение $A_{уд}$ для одной точки графика определится как среднеарифметическое из 3-х измерений.

По полученным данным построить графики зависимости $A_{уд} = f(T)$ и $V_л = f(T)$. Сделать выводы и практические рекомендации.

Техника безопасности при работе на копре

Сбрасывать груз только после того, как убедитесь, что руки товарищей убраны с поражающей штампом поверхности горной породы.

Лабораторная работа № 3. Определение дробимости и горных пород

Целью работы является определение характеристик разрушаемости горных пород под действием динамических нагрузок

Задачей работы является освоение студентами методики проведения исследований и расчета показателей разрушаемости и дробимости горных пород при динамических нагрузках, производимых на вертикальном копре при сбрасывании.

Дробимость горных пород определяется энергетической оценкой разрушения породы в сложном напряженном состоянии.

Это сложное напряженное состояние характеризуется тем, что деформации и напряжения сжатия трансформируются, превращаясь в трудноопределимый

комплекс деформаций и напряжений, вызывающих разрушение породы. Опыты по определению дробимости проводятся на породных образцах, при этом считается, что возникающее в этих образцах сложное напряженное состояние в той или иной мере приближает опыты к технологическим процессам разрушения породы на производстве Получаемые в результате опытов энергетические характеристики разных пород, сопоставленные между собой, дают представление об энергоемкости процесса разрушения при выполнении технологических горных работ [3, 5, 7].

В процессе выполнения лабораторной работы студенты знакомятся с методикой проведения работы, выполняют экспериментальные исследования разрушения горных пород при действии динамических нагрузок. Затем студентами выполняются расчеты и дается анализ характеристик разрушаемости исследуемых образцов горных пород: показателя разрушаемости V_{max}показателя дробимости $tg\alpha$ и коэффициента вариации их средних значений.

Содержание работы

Для испытания используют образцы горных пород правильной формы, диаметром и высотой h = d = 40 см. Допускается отклонение размеров ± 2мм. Количество образцов устанавливается руководителем. Разрушение образцов производят на обычном вертикальном копре - грузом массой 16 кг. Разрушенный материал подвергается ситовому анализу на ситах с диаметром отверстий 7,0; 3,0; 0,25 мм. Лабораторная работа выполняется группой студентов в количестве 2-3 человека.

Проведение эксперимента производится в следующем порядке.

Образцы породы взвешивают, затем разрушают грузом массой 16 кг, падающим с высоты 0,5 м.

Разрушенный материал подвергают ситовому анализу. По результатам ситового анализа определяют итоговые показатели. Основным показателем является суммарный выход фракций, крупностью (-7мм), выраженный в кубических сантиметрах.

Дополнительным показателем, характеризующим качество дробления, является $tg\alpha$, вычисленный по известной формуле:

$$tg\alpha = \frac{tgV_{\max} - \lg V_{\min}}{\lg d_{\max} - \lg d_{\min}} \quad (1)$$

где $V_{\max}$ и $V_{\min}$ - объемы фракций, см^3, прошедшие через сига с диаметром отверстий $d_{\max}$ = 7 мм и $d_{\min}$ = 0,25мм.

Показатели дробимости и разрушаемости горных пород определяют в соответствии с данными, приведенными в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели разрушаемости горных пород

Класс	Характеристика	$V_{\max}$, см^3
I	В высшей степени трудно разрушаемые породы	менее 1,8
II	Весьма трудно разрушаемые	1,8÷2,7
III	Трудно разрушаемые	2,7÷4,0
IV	Породы средней разрушаемости	4,0÷6,0
V	Легко разрушаемые	6,0÷9,0
VI	Очень легко разрушаемые	свыше 9,0

Таблица 2

Показатели дробимости горных пород

Класс	Характеристика	tgα
I	Весьма трудно дробимые	менее 1,8
II	Трудно дробимые	0,9-0,7
III	Средней дробимости	0,7-0,5
IV	Легко дробимые 0,7×0,5	

Экспериментальные данные и результаты расчетов заносят в таблицу 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные и расчеты

№ п/п	Порода	Плотность, г/см^3			Размеры образца			tgα	Классификация породы
		h, см	d, см	V, см^3	-7 мм	-3 мм	-0,25 мм		

Конечным результатом работы являются средние значения tgα и V_{max} коэффициенты вариации их средних значений и анализ полученных результатов исследований.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД

Лабораторная работа № 1. Исследование закономерностей изменения удельной поверхности порошков при диспергировании горных пород

Цель работы исследование кинетики измельчения твердых материалов во времени в зависимости от их физико-механических свойств (прочностных, деформационных, наличия дефектов в структуре, крупности исходного и конечного продукта и прочее).

Задача работы сводится к определению закономерностей изменения удельной поверхности различных сыпучих и твердых материалов (горные породы, цемент, различные композиционные материалы, например, ферритовые порошки и др.) в зависимости от продолжительности их диспергирования в измельчительной машине и от физико-механических свойств твердых материалов. В процессе выполнения данной лабораторной работы студент должен освоить методику определения удельной поверхности сыпучих материалов методом

воздухопроницаемости и получить практические навыки работы на приборе ПСХ-4, широко применяемом на производстве [1, 8].

Выполнение настоящей лабораторной работы включает в себя подготовку проб для определения удельной поверхности сыпучих твердых материалов путем их диспергирования в различных трех-пяти временных режимах различных материалов трех-четырех видов на центробежной мельнице МКЦ-3. Затем проводится определение удельной поверхности выбранных для исследования проб из приготовленных порошков твердых материалов. По результатам измерений лабораторной работы строятся графики $S_{уд} = f(t)$ и $S_{уд} = f(\sigma)$ (где $S_{уд}$ - удельная поверхность, м^2/г; t - время измельчения, с; σ - прочность твердых материалов, Па). Дается качественная и количественная оценка кинетики измельчения твердых материалов в зависимости от их физико-механических свойств.

Содержание работы

Исходные материалы: цементы различных марок, горные породы, шлаки, композиционные материалы и др. крупностью не более 5 мм. Лабораторная работа выполняется группой (бригадой) по 3-4 человека и рассчитана на 4 часа: 2 часа на изучение методики исследования и подготовку проб (в количестве 6-8 штук) и 2 часа - на работу на приборе ПСХ-4 по определению удельной поверхности порошковых проб, обработку результатов исследований и написание отчета. При выполнении работы студенты обеспечиваются следующими приборами и оборудованием:

1. Мельница для сверхтонкого сухого измельчения твердых материалов (типа каскадной центробежной мельницы МКЦ-3).

2. Прибор для определения удельной поверхности порошков ПСХ-4 (в комплекте с лабораторным гидравлическим прессом до 1,5 МПа).
3. Лабораторные весы.
4. Секундомер.

Перед началом работы руководитель формулирует задание и выдает каждой группе (бригаде) студентов различные виды твердых материалов для проведения выше указанных исследований и решает вопрос о количестве исследуемых проб. После приготовления проб в центробежной мельнице МКЦ-3 студенты знакомятся с устройством и методикой проведения измерений на приборе ПСХ-4.

Назначение прибора

Прибор ПСХ-4 предназначен для определения дисперсности порошкообразных материалов по величине удельной поверхности, которая связана со средним размером частиц соотношением:

$$d_{ср} = \frac{60000}{S_{уд}} \qquad (1)$$

где $S_{уд}$ - удельная поверхность, см^2/г;

$d_{ср}$ - средний размер частиц в микронах;

γ - удельный вес, г/см^3.

Принцип действия прибора основан на соотношении Козени-Кармана, устанавливающем зависимость между дисперсностью частиц, пористостью слоя и его проницаемостью.

Устройство прибора

Схема прибора ПСХ-4 показана на рис 1. Прибор состоит из кюветы 1, соединительных трубок 2 и 3, верхнего резервуара 4, манометра жидкостного (с контрольными рисками 1,2 и 3, 4, 0), нижнего резервуара 6,

крана 7 и резиновой груши 8 с обратным клапаном. Стеклянная часть ПСХ-4 смонтирована на панели, прикрепленной к внутренней стенке прибора.

Кювета 1 предназначена для укладки в ней слоя испытуемого порошка. Она представляет собой (рис. 2) металлическую камеру 1, перегороженную на некоторой высоте диском с высверленными в нем отверстиями. Часть камеры, ограниченная диском и дном кюветы, с помощью штуцера и гибкой резиновой трубки присоединена к жидкостному манометру. На внешней поверхности кюветы нанесена миллиметровая шкала 2. Плунжер 3 (рис. 2), посредством которого производится уплотнение слоя материала в кювете, выполнен в виде цилиндра с упорным диском. В теле плунжера просверлен канал и отверстия 4 для прохождения воздуха Цилиндр подогнан к кювете с просветом 0,15 мм. К вырезу упорного диска прикреплена планка с нониусом, которая со шкалой 2 на внешней поверхности кюветы позволяет измерить толщину слоя испытуемого материала.

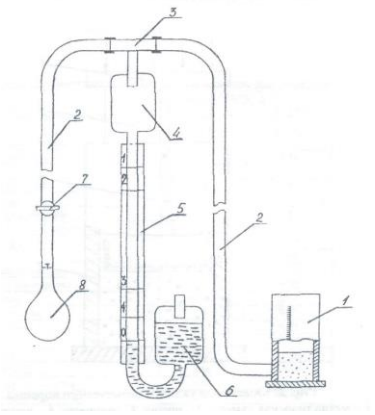


Рис. 1. Общая схема прибора ПСХ-4:

1 - кювета, 2, 3 - соединительные трубки; 4 - верхний резервуар; 5 - манометр жидкостный; 6 - нижний резервуар; 7 - кран; 8 - резиновая груша с обратным клапаном.

В устройстве прибора ПСХ-1 резиновая груша с клапанами служит для создания разрежения под слоем испытываемого материала. Манометр 5 предназначен для определения давления под слоем испытуемого материала и в сочетании с секундомером используется для определения воздухопроницаемости слоя испытуемого материала. Прибор снабжен стеклянным одноколейным манометром длиной около 300 мм, заполненным подкрашенной водой.

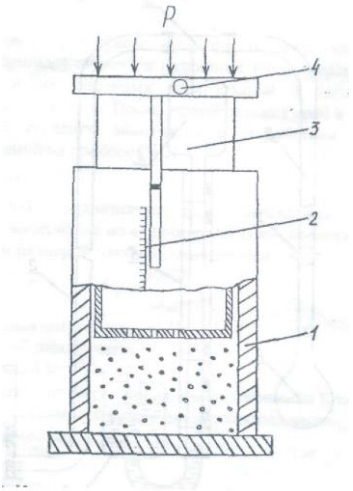


Рис. 2. Кювета для укладки испытуемого порошка:

1 - металлическая камера; 2 - шкала; 3 - плунжер, 4 - отверстие для прохождения воздуха.

В комплект прибора входят гидравлический пресс, секундомер, аптекарские весы и разновесы.

Проведение анализа

Для определения величины удельной поверхности необходимо:

1. Высушить материал до воздушносухого состояния в течение 2-х часов при температуре 105-110 ° (известь-кипелку и цемент высушивать не следует).

2. Для определения удельной поверхности необходимо рассчитать вес пробы в граммах по формуле Q=3,33 γ, где γ - удельный вес в г/см^3. В табл.1 приведен вес пробы для некоторых материалов.

Таблица 1

Перечень материалов и величины навесок для определения удельной поверхности на приборе ПСХ-4

№	Наименование материала	Удельный вес материала	Навеска материала
1.	Известь-пушенка	2,20	7,32
2.	Пегматит	2,38	7,86
3.	Пемза	2,40	7,99
4.	Белая сажа	2,45	8,16
5.	Песок	2,65	8,83
6	Кирпичный бой	2,66	8,86
7.	Стекольная шихта	2,70	9,00
8.	Ферросилицит	2,70	9,00
9.	Опока	2.73	9,09
10.	Асбестовая галька	2,79	9,32
11.	Известь - кипелка	2,80	9,32
12.	Шлак	2,80	9,32
13.	Известняк	2,80	9,32
14.	Доломит	2,90	9,73
15.	Цемент	3,00	10,00
16.	Зола	3,00	10,00
17.	Клинкер	3,00	10,00
18.	Очажные остатки	3,00	10,00
19	Силикатная глыба	3,00	10,00
20.	Карборунд	3,20	10,66
21.	Корунд искусственный	3,96	13,20
22.	Двуокись титана	4,00	13,32
23.	Титановый концентрат	4,30	14,30
24.	Гематит	5,10	17,00
25.	Хром. Руда	3,95	13,15
26.	Окалина		17,50

Пробу охладить до комнатной температуры и взвесить с точностью до 0,01 г. В тех случаях, когда

определению подлежит смесь материалов, приведенных в табл. 1, величина навески вычисляется по формуле:

$$Q = 3{,}33(A/\gamma_1 + B/\gamma_2 + C/\gamma_3)^{-1} \qquad (2)$$

где A, B, C - выраженное в весовых долях содержание компонентов в смеси, г;

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ соответственно их удельный вес, г/см^1.

3. Удельный вес порошка определяют следующим образом. Мерную колбу с 2гмя метками заполняют дистиллированной водой до нижней метки при температуре 20° С. От высушенной навески 60 г, взятой с точностью ± 0,01 г, порошок небольшими порциями засыпают в мерную колбу (волюмометр) до тех пор, пока уровень жидкости не достигнет второй метки при сохранении температуры 20° С. Остаток навески Q_0 взвешивают и по разности находят вес порошка в колбе $Q_k = 60 - Q_0$,

Удельный вес γ рассчитывают по формуле:

$$\gamma = \frac{Q_k}{V}, \text{ г/см}^3 \qquad (3)$$

где V - объем жидкости в колбе между метками, см^3; Q_k - вес порошка в колбе, г.

4. Навеску порошка $Q = 3{,}33\gamma$, взятую с точностью до 0,0] г, помещают в кювету прибора, в которую предварительно вложен кружок фильтровальной бумаги.

5. Легким постукиванием разравнивают слой, накрывают порошок сверху вторым кружком фильтровальной бумаги и уплотняют плунжером с помощью пресса при давлении Р=100 кг/см^2. Давление по манометру рассчитывается по формуле

$$P = \frac{100 D_1^2}{D_2^2},$$

где D_1 -диаметр плунжера, D_2 - диаметр поршня пресса.

6. С помощью нониуса и шкалы измеряют высоту слоя материала Н, вычитая из нее толщину двух кружков фильтровальной бумаги, равную 0,02 мм.

7. Удаляют плунжер из кюветы, открывают кран и посредством груши создают разрежение под слоем порошка. Разрежение должно быть таким, чтобы жидкость в манометре поднялась до уровня верхней колбочки.

8. Закрывают кран и измеряют по секундомеру время Т прохождения мениска жидкости в манометре между рисками 1-2 или 3-4. Время Т берется среднее из 3-х определений.

9. Фиксируют температуру воздуха на градуснике t°, установленном на приборе.

10. По измеренной температуре воздуха t° и высоте слоя порошка в кювете h находят в табл. 2 значение параметра М.

Вычисления

Для расчета величины удельной поверхности следует:

1. По измеренным значениям высоты слоя *h* и температуре воздуха *t*° найти в табл. 2 величину параметра М.

2. Произвести вычисление удельной поверхности по формуле:

$$S_{уд} = K \frac{M\sqrt{T}}{P} \qquad (4)$$

где $S_{уд}$ - удельная поверхность порошка, см^2/г;

K - постоянная прибора для той пары рисок, между которыми наблюдалось падение столба жидкости за время *T* (значение *K* содержится в паспорте прибора);

P - величина навески, г.

Проверка исправности прибора

1. Количество жидкости в манометре должно быть таким, чтобы ее уровень приходился против нижней риски Уровень жидкости проверяется при пустой и открытой кювете.

2. Прибор должен быть герметичен. Для проверки герметичности кювета плотно закрывается пробкой.

В приборе, как описано выше, создается разрежение и наблюдается положение уровня жидкости в манометре. Если прибор герметичен, этот уровень не опускается.

3. Опустить плунжер в кювету, в которую положено два слоя фильтровальной бумаги, и проверить совпадение нулевых делений нониуса и шкалы. Если имеется какое-либо несоответствие (нулевые деления не совпадают), то его следует учитывать при измерении высоты слоя испытуемого материала

Проверка и определение постоянной прибора *к:*

Для проверки и определения постоянной прибора *к* может применяться порошок с известной величиной удельной поверхности. С этим порошком производится такой же опыт, как и при определении удельной поверхности, и постоянная *к* вычисляется по формуле:

$$к = \frac{S_{уд} Q}{\sqrt{TM}} \qquad (5)$$

где $S_{уд}$ - известная величина удельной поверхности, см^2/г; *Q, M, T* - определяются из опыта.

Величина *к* зависит от объекта системы, поэтому изменять длину резиновой трубки или заменять ее трубкой другого сечения также, как и заменять другие детали

прибора, запрещается. После каждого ремонта прибора следует проверять постоянную *к*.

Определение удельной поверхности грубодисперсных порошков

Для определения удельной поверхности грубодисперсных порошков (с удельной поверхностью менее 1500 $см^2/г$) следует брать навеску, численно равную удесятеренному удельному весу (см. табл. 1) и измерять время падения столба манометра между рисками 3 и 4.

Величина М в этом случае определяется по табл. 2 (приложение 2) для одной трети измеренной высоты слоя, а расчет удельной поверхности производится по формуле:

$$S_{уд} = 1{,}73k\frac{M\sqrt{T}}{Q} \qquad (6)$$

При окончании эксперимента студенты строят график, характеризующий процесс кинетики тонкого и сверхтонкого диспергирования твердых материалов. Анализируются результаты исследований и даются рекомендации по режимам измельчения твердых риалов, в зависимости от их физико-механических свойств и тонкости помола.

Лабораторная работа № 2. Исследование влияния среды на процесс разрушения и диспергирования горных пород

Цель работы - исследование влияния изменения удельной поверхностной энергии на энергозатраты при разрушении и диспергации горных пород.

Задача работы сводится к определению энергозатрат при взаимодействии ПАВ с горной породой на ее разрушение и диспергирование.

При этом студенты должны изучить теоретические основы настоящей лабораторной работы (приложение 3),

исследовать процесс снижения прочностных свойств горных пород при взаимодействии их с ПАВ, подобрать виды ПАВ, наиболее эффективно снижающие удельную поверхностную энергию пород, и сделать практические выводы- По данным лабораторных исследований необходимо построить график

$$l_{уд} = f(c),$$

где $l_{уд}$ - удельные энергозатраты на измельчение горной породы, (Вт·ч)/м^2;

c - содержание ПАВ в пробе при сухом измельчении. Конечным итогом исследований является подбор типа ПАВ и разработка рецептуры его использования для наиболее эффективного снижения энергозатрат при разрушении и диспергации исследуемых горных пород.

Содержание работы

Объектом исследования являются:

- различные горные породы;
- цементы;
- шлаки;
- композиционные материалы и др.

Лабораторная работа выполняется группой (бригадой) по 3-4 человека в течение 4-х часов. Из них: 2 часа на подготовку проб для исследования, выбор ПАВ, изучение теоретических основ и методики проведения исследований (приложение 3). При выполнении работы студенты обеспечиваются следующими приборами и оборудованием:

1. Мельница для сверхтонкого сухого измельчения твердых материалов (тип каскадной центробежной мельницы МКЦ-3).
2. Прибор для измерения активной мощности на лабораторной измельчительной установке типа электроизмерительного комплекта К-540.
3. Лабораторные весы.

4. Секундомер.

5. Прибор для определения удельной поверхности порошков ПСХ-4 (в комплекте с лабораторным гидравлическим прессом до 1,2 МПа).

Перед началом работы руководитель формулирует задание и выдает каждой группе (бригаде) студентов различные виды твердых материалов для проведения вышеуказанных исследований и решает вопрос о количестве проведения экспериментов с выбранной пробой. После изучения методик проведения исследований и теоретического материала по данной работе выбираются типы ПАВ и количество содержания ПАВ в пробе каждого эксперимента.

Затем исследуют процесс разрушения твердых материалов на мельнице МКЦ-3 с применением ПАВ до различной степени дисперсности, измеряя и рассчитывая при этом полезную мощность $W_п$ расходуемую на измельчение материала на электроизмерительном комплекте К-540: удельную поверхность измельченного продукта на приборе ПСХ-4 и удельные энергозатраты $l_{уд}$ на его разрушение.

По полученным данным в ходе эксперимента строят график $1_{уд}=f$ (c), определяют оптимальную рецептуру применения ПАВ в качестве понизителя твердости для конкретно исследуемой горной породы или другого твердого тела и дают практические выводы о влиянии среды на процесс разрушения горных пород в области технологии бурения скважин, измельчения или обработки камня в зависимости от физико-механических свойств исследуемых пород.

4. КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ СОРНЫХ ПОРОД

Задачи комплексного исследования физико-механических свойств горных пород

Задачей исследования является определение в лабораторных условиях кафедры техники и технологии разведки МПИ физико-механических свойств (ФМС) горных пород, влияющих на процесс их механического разрушения алмазным породоразрушающим инструментом.

Основное влияние на процесс разрушения алмазным инструментом оказывают прочностные, абразивные и упругие свойства Поэтому для определения свойств, влияющих на процесс разрушения, необходимо выполнить:

- лабораторную работу по определению физико-механических параметров, характеризующих динамическую прочность и абразивность горных пород;
- лабораторную работу по определению упругих свойств горных

пород.

Для установления влияния ФМС горных пород на процесс механического разрушения выполняются:

- лабораторная работа по определению энергоемкости процесса резания алмазным диском;
- лабораторная работа по исследованию акустического спектра резания алмазным диском.

Лабораторная работа №1. Определение физико-механических параметров скальных горных порол

Для оценки прочностных свойств горных пород определяются коэффициент динамической прочности (крепости и дробимости) $F_д$, а для оценки абразивных свойств - коэффициент абразивности - $К_{абр}$.

Методика разработана в ЦНИГРИ под руководством Н. И. Любимова и рекомендована для исследований ФМС скальных горных пород [9].

Отбор н подготовка образцов горных пород

Отбор образцов горных пород производится, как правило, из керна. Можно также отбирать образцы произвольной формы соответствующего размера.

Размеры образцов из керна: длина 20-25 см при бурении коронками диаметром 46-59 мм и 15-18 см при бурении коронками диаметром 76-92 мм.

Подготовка проб из образцов осуществляется в следующем порядке:

- исследуемый образец породы разбивается на куски изометрической формы без острых углов размером 1,5-2,0 см в поперечнике;
- набираются две пробы: каждая проба состоит из 25 кусков и разделяется на пять частей по пять кусков.

Оборудование и материалы, необходимые для исследований

При определении прочностных и абразивных свойств горных пород по методике ЦНИГРИ применяются:

- прибор ПОК для определения динамической прочности (крепости) горных пород;
- прибор ПОАП-2М для определения абразивности горных пород;
- весы типа ВЛКТ-100 г / 5-3

Прибор ПОК состоит из трубчатой ступы (рис.1а) и объемомера (рис.1б). Составными частями трубчатой ступы являются: загрузочный стакан 1, направляющая труба 2, удерживающий шплинт 3, гиря 4, упор 5, шнур 6 и рукоятка 7.

Объемомер состоит из стакана 1 и поршня со шкалой 2.

Прибор ПОАП-2м, схема которого приведена на рис. 2, состоит из электродвигателя АОЛБ 22-4 мощностью 0,18 кВт с числом оборотов 1420 об/мин., двух рабочих органов с загрузочными камерами и пульта управления со счетчиком оборотов двигателя.

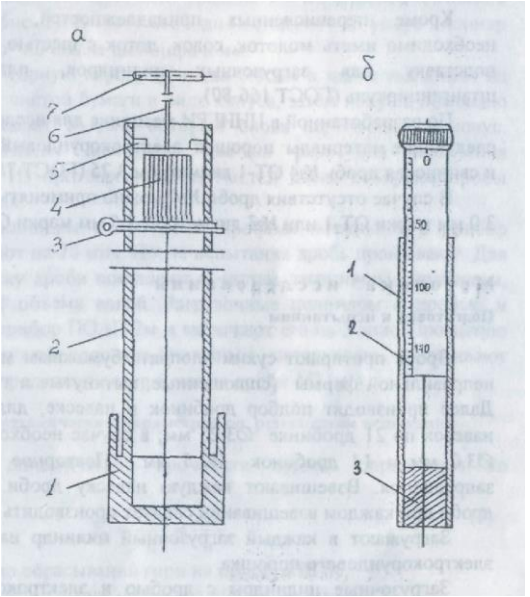


Рис. 1. Прибор ПОК для определения динамической прочности горных пород:

а – трубчатая ступа: 1 – загрузочный стакан; 2 – направляющая труба; 3 – шплинт удерживающий; 4 – гиря; 5 – упор; 6 – шнур; 7 – рукоятка; б – объемомер: 1 – стакан; 2 – поршень со шкалой; 3 – дно.

В приборе ПОАП-2м рабочий орган представляет собой жесткое сварное соединение 8, трех загрузочных камер 4, шатуна 7 и эксцентрикового вала 2, совершающего колебательно-вращательное движение в шариковых подшипниках 10.

Опорой рабочего органа служат маятниковые шатуны 3, которые с помощью шариковых подшипников 6 шарнирно связывают рабочий орган с плитой прибора.

Загрузочные цилиндры вставляются в камеры 4 прямоугольной формы и закрываются крышками 5 при помощи натяжных замков.

Привод рабочего органа прибора осуществляется от электродвигателя 1 через эксцентриковый вал 2 с насаженным на него маховиком 9. При помощи вала 2 загрузочные камеры совершают возвратно-поступательное движение, обеспечивающее интенсивное перемешивание помещенного в них материала.

Механический редуктор-счетчик оборотов 12, который присоединяется к валу электромотора при помощи двух шкивов и приводного ремня, позволяет контролировать число колебаний рабочего органа.

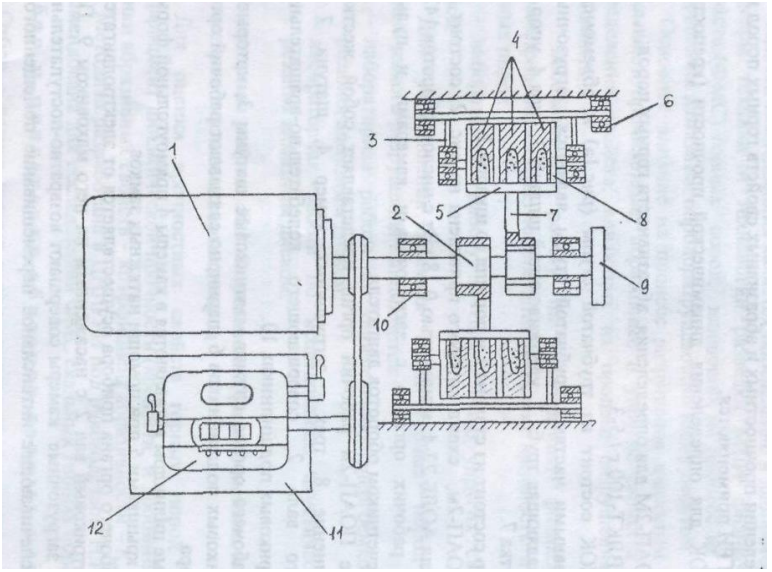


Рис. 2. Схема прибора ПОАП-2М для определения абразивности горных пород:

1 – электродвигатель; 2 – эксцентриковый вал; 3 – шатуны; 4 – загрузочные цилиндры; 5 – крышка; 6 – опоры; 7 – шатун; 8 – рабочие органы; 9 – маховик; 10 – подшипники; 11 – пульт управления; 12 – счетчик.

Весы типа ВЛКТ-100г/5-3 предназначены для определения потери веса эталонного материала при определении абразивности пород с требуемой точностью

Для исследований на приборах ПОК и ПОАП-2м используются:

- загрузочные цилиндры из стекла органического СОЛ (ГОСТ 15809-70) - 18 шт. (6 для проведения опыта, 6 - для промывки дроби после опыта, 6 - запасные);
- сито из сетки №5 (ГОСТ 3826-66),
- мерка емкостью 1 $см^3$.

Кроме перечисленных принадлежностей, учтенных в ОСТе, необходимо иметь молоток, совок, лоток с шестью ячейками для дроби, подставку для загрузочных цилиндров, пластинку, лопаточку, штангенциркуль (ГОСТ 166-80).

По разработанной в ЦНИГРИ методике для исследований необходимы следующие материалы: порошок электрокорундовый №12 (ГОСТ 3647-80) и свинцовая дробь №4 ОТ-1 диаметром 3.25 (ГОСТ 7837-76).

В случае отсутствия дроби №4 можно применять дробь №5 диаметром 3.0 мм марки ОТ-1 или №3 диаметром 3.5 мм марки ОТ-П.

Методика исследований

Подготовка к испытаниям

Дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом. Дробинки неправильной формы (сплющенные, вытянутые и т.п.) отбраковываются. Далее производят подбор дробинок в навеске, для чего заготовляют 6 навесок по 21 дробинке Ø 3,25 мм; в случае необходимости 26 дробинок Ø 3,0 мм и 14 дробинок Ø 3,5 мм Повторное использование дроби запрещается. Взвешивают каждую навеску дроби. Определение массы дроби при каждом взвешивании следует производить с точностью до 5 мг.

Загружают в каждый загрузочный цилиндр навеску дроби и 1 см электрокорундового порошка.

Загрузочные цилиндры с дробью и электрокорундовым порошком помещают в прибор и включают его на 20 минут, при этом электродвигатель

должен совершить 28 тыс. оборотов, которые контролируются счетчиком прибора.

Каждую навеску дроби после указанного опыта помещают в сосуд с водой и после перемешивания (всполаскивания) извлекают и протирают насухо чистым хлопчатобумажным материалом.

Промытую дробь взвешивают. Потеря массы дроби в каждой пробирке должна быть 200±10 мг. В случае отклонения потери массы дроби от указанного необходимо изменить количество дробинок в навеске и повторить тарировочные работы вновь.

Проведение испытаний

Каждую часть пробы, состоящую из 5 кусков, помещают в стакан прибора ПОК и производят 10 сбрасываний гири массой 2,4 кг с высоты 600 мм (груз поднимается до упора). Продукт разрушения всех пяти частей каждой пробы породы просеивается через сито с размером стороны ячейки а свету 0,5 мм. Прошедшую через сито фракцию 0,5 мм и менее ссыпают в трубу объемомера (рис. 2). В трубу свободно вставляют до упора цилиндр и снимают отсчет "h" по шкале цилиндра в мм

Раздробленную горную породу фракции 0,5 мм и менее высыпают из объемомера на лист чистой бумаги в виде конуса, затем конус с помощью пластинки развертывают в диск, который снова пересыпают в конус. Процесс перемешивания повторяют два-три раза для получения однородной среды. Из противоположных частей диска отбирают пробы объемом 1 $см^3$ каждая.

Загрузочные цилиндры с дробью и пробами помещают в прибор ПОАП-2м и включают на 20 мин. После испытания дробь промывают. Для этого каждую навеску дроби помещают в чистые загрузочные цилиндры, заполненные на 2/3 объема водой. Загрузочные цилиндры с дробью и водой помещают в прибор ПОАП-2м и включают его на 3 мин. Промытую дробь протирают сухим

хлопчатобумажным материалом, взвешивают каждую навеску и определяют потерю массы дроби ΔQ (мг).

Определение физико-механических параметров по результатам испытаний

Коэффициент динамической прочности породы определяет по формуле:

$$F_д = \frac{20n}{h} = \frac{200}{h}, \quad (1)$$

где n=10 - число сбрасываний гири на приборе ПОК;

h - отсчет по шкале цилиндра объемомера в мм.

Коэффициент абразивности исследуемой породы определяют по формуле:

$$K_{абр} = \frac{\Delta Q}{100} \quad (2)$$

где ΔQ - потеря массы дроби, мг.

Коэффициенты динамической прочности и абразивности определяются по двум пробам.

За средние значения $F_д$ или $K_{абр}$ принимаются среднеарифметические двух определений при условии:

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{(X_1 + X_2)/2} \cdot 100 \langle 25\% \quad (3)$$

где X_1 и X_2 - значения двух определений $F_д$ и $K_{абр}$.

В случае отклонения от приведенного условия проводятся дополнительные определения. Из полученных значений $F_д$ и $K_{абр}$ выбираются те два, для которых выполняется условие (3).

На основании определенных опытным путем значений динамической прочности $F_д$ и коэффициента абразивности $K_{абр}$ можно определить объединенный комплексный показатель бурности $\rho_м$ по формуле:

$$\rho_м = 3F_д^{0.8} \cdot K_{абр} \quad (4)$$

Лабораторная работа № 2. Определение параметров упругости

Параметры упругости скальных горных пород наиболее целесообразно определять динамическим способом, измеряя скорость прохождения в образцах продольных волн υ_p ультразвуковых колебаний (УЗК). При этом используются известные соотношения между модулем продольной упругости Е (модуль Юнга), коэффициентом Пуассона ν, плотностью ρ и скоростью прохождения продольных волн υ_p УЗК, установленные в теории упругости для горных пород.

Формулы, характеризующие эти взаимосвязи, имеют следующий вид:

в неограниченной упругой среде - массиве горной породы

$$\upsilon_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}; \qquad (1)$$

в образце горной породы, имеющем форму стержня

$$\upsilon_{pCC.} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \qquad (2)$$

в образце горной породы, имеющем форму тонкой пластины

$$\upsilon_{pПП} = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu)^2}}; \qquad (3)$$

Где υ_p - скорость продольных волн УЗК, м/с;

Е - модуль продольной упругости, Па;

ν - коэффициент Пуассона;

ρ - плотность, кгс/м^3.

Подготовка образцов горных пород для измерения скорости прохождения продольных волн

Образцы горных пород должны иметь прямоугольную форму стержня или пластины. Торцы образцов, прижимаемые к пьезодатчикам ультразвукового генератора колебаний, должны быть строго параллельны и хорошо отполированы.

Длина образца должна быть не менее половины длины продольной волны источника УЗК Расчет длины волны λ УЗК используемого измерительного прибора производится по формуле:

$$\lambda = \frac{\upsilon_p}{f_{рез}}, \qquad (4)$$

где λ - длина волны, м;

υ_p - скорость прохождения продольных волн, м/с;

$f_{рез}$ - резонансная частота кристалла датчика колебаний прибора, l/c (берется из паспорта прибора)

Например, при частоте 25 кГц и скорости продольных волн 2500 м/с длина волны составит 0,1 м.

Оборудование для измерения скорости продольных волн в образце горной породы

Для исследований упругих свойств горных пород динамическим методом используется дефектоскоп ДУК-20. Принцип измерения скорости прохождения УЗК через образец горной породы следующий (рис. 3). К одной из граней образца прижимают пьезоэлектрический датчик УЗК, а к противоположной - пьезоприемник. Датчик и приемник УЗК сделаны из кристаллов сегнетовой соли. Генератор УЗК 1 посылает к датчику 2 электрические импульсы длительностью 1-2 мкс через каждые 0,04 с. Эти импульсы кристаллом пьезоэлектрика в датчике 2 преобразуются в механические колебания с резонансной частотой кристалла $f_{рез}$ =*25* кГц и в виде продольной волны

проходят через образец 3, преобразуются приемником 4 в электрическое колебание с частотой $f_{рез}$. Далее электрические импульсы через усилитель поступают на вход осциллографа 5 ждущей разверткой, где можно снять время задержки импульса, прошедшего через датчик и образец, от момента выхода импульса из генератора (рис. 4).

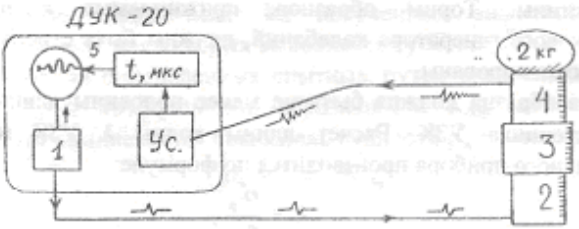


Рис. 3. Схема измерения скорости продольных волн УЗК в образцах горных пород:

1 - генератор УЗК; 2 - датчик; 3 - образец; 4 - приемник; 5 – осциллограф.

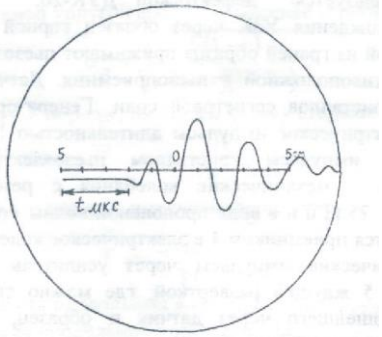


Рис. 4. Вид на экране осциллографа трассы УЗК.

Методика измерения скорости продольных волн в образце горной породы на приборе ДУК-20

Измеряется длина образца штангенциркулем с точностью до 0,01 мм. Измерения скорости продольных колебаний на ДУК-20 необходимо проводить в следующей последовательности.

1. Включить дефектоскоп. Ручками "смешение х", "смещение у" установить начало развертки луча осциллографа в левую часть экрана. Ручками "задержка мкс", "развертка" установить масштаб развертки сигнала на экране.

2. Совместить приемник и датчик, определить время задержки УЗК в датчиках $1_{дат}$.

3. Смазать торцевые грани образца вязкой смазкой (солидол, вазелин и т.п.).

4. Поместить образец между датчиками в вертикальном положении и придавить грузом.

5. Снять 4-6 раз время задержки УЗК в образце датчика t (рис А).

6. Определить время задержки в образце $t_{обр}$ по результатам 4-6 наблюдений t из условия:

$$t_{обр} = t - t_{дат} \qquad (5)$$

7. Провести расчет скорости продольных колебаний в образце по формуле:

$$\upsilon_p = \left(\frac{1}{\bar{t}_{обр}} \right) \cdot 10^3 \qquad (6)$$

где υ_p - скорость продольных колебаний, м/с;

l - длина образца, мм;

$\bar{t}_{обр}$ - время прохождения в образце продольной волны, как среднее арифметическое 4-6 наблюдений, мкс.

Для оценки достоверности измерений на ДУК-20 рассчитать коэффициент вариации измерения 1 из условия:

$$K_{вар} = \frac{S}{\bar{x}} 100 \quad (7)$$

где $K_{вар}$ - коэффициент вариации, %;

$\bar{x}(\bar{t}_{обр})$ - среднее арифметическое значение измеряемого параметра, мкс;

S - среднее квадратическое отклонение результата наблюдения.

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

где n - количество наблюдений.

Для оценки точности вычисления определяется величина стандартной ошибки среднего арифметического:

Результаты наблюдений и расчетов заносятся в табл.1.

Таблица 1

Результаты наблюдений

Наблюдения $t_{обр}$ и расчетные параметры	Обр. 1 l_1, мм	Обр. 2 l_2, мм	Обр. 3 l_3, мм	Обр. 4 l_3, мм
1 … 6				
t, мкс				
$K_{вар}$, %				
S_x, мкс				
Скорость волны V_p, м/с				

Методика определения плотности образца горной породы

Плотность породы определяется методом прямых измерений массы и объема образца. Для этого измеряются линейные размеры образца в мм и вычисляется объем

образца в см^3. Затем образец взвешивают с точностью до 0,1 г. Плотность образца вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (10)$$

где ρ - плотность, г/см^3;

m - масса образца, г;

V - объем образца, см^3.

Результаты измерений и расчетов параметров образца заносятся в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерений при определении ρ

Параметры	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4
Масса образца m, г				
Объем образца V, см^3				
Плотность ρ, г/см^3				

Методика расчета параметров, характеризующих упругие свойства горных пород

Расчетные формулы для определения модуля продольной упругости (модуля Юнга) согласно (1), (2), (3) имеют следующий вид:

В неограниченной среде

$$E = \upsilon_p^2 \rho \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{(1-\nu)}, \qquad (11)$$

В образце, имеющем форму стержня

$$E = \upsilon_{pCm.}^2 \rho, \qquad (12)$$

В образце, имеющем форму тонкой пластины

$$E = 0{,}56\upsilon_{pn\rho}^2\rho \qquad (13)$$

где E - модуль упругости, Па;

υ_p - скорость прохождения упругих волн, м/с;

ρ - плотность, г/см^3;

ν - коэффициент Пуассона.

Коэффициент Пуассона для большинства упругих горных пород составляет 0,22-0,28. Для упрощения в расчетах по (II) его можно принять равным 0,25 или использовать данные из справочной литературы. При выводе формул (12) и (13) коэффициент Пуассона принят равным 0,25.

Лабораторная работа №3. Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском

Распиловка является начальной операцией в обработке каменного сырья. Для распиловки горных пород используют несколько типов алмазных пил и станков, конструкция которых зависит от размеров камней и конкретной цели распиловки.

Процесс распиловки можно контролировать по показаниям электроприборов, которые устанавливаются в системе электропривода для измерения силы тока, напряжения и потребляемой мощности.

Оценка процесса распиловки возможна по удельным затратам электроэнергии на единицу площади распиливания, которая зависит от ФМС горных пород, параметров режущего инструмента и технологических параметров распиливания,

Задачей исследования является определение энергоемкости процесса распиливания горных пород с различными ФМС на камнерезном станке.

Технические средства для определения энергоемкости процесса распиловки

В качестве распиловочного механизма используется серийный камнерезный станок ПТ-44, оснащенный алмазным отрезным диском

Техническая характеристика камнерезного полуавтомата ПТ-44

Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм	150
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	160
Частота вращения шпинделя, об/мин	1500
Инструмент: круг отрезной, 2726-0272 ГОСТ 10110-78 диаметр, мм толщина, мм	1000 450 2,4
Скорость подачи (продольное перемещение салазок), мм/мин при модуле червячной передачи m = 1 m = 2	 5,4-31,5 10,8-63
Питающая эл. сеть: род тока частота тока, Гц напряжение, В	 Переменный 50 220, 380
Электродвигатель тип мощность, кВт частота вращения, об/мин Габариты, мм, не более Масса, кг, не более	 4А80В (АИР90В) 1,5 (2,2) 1500 1240 890 940 350

Принцип работы камнерезного полуавтомата ПТ-44

Привод станка осуществляется от электродвигателя 1 (рис. 5) Вращение от двигателя передается через клиноременную передачу на шпиндель 2, на котором закреплен алмазный круг 10. Вращение шпинделя двухскоростное, т.к. шкив шпинделя имеет два ручья с разными диаметрами.

При распиловке заготовок продольная подача заготовки 11 производится механически от двигателя 1

через клиноременную передачу, червячную передачу 7, передачу "винт-гайка", гайка 8 которой является разъемной. При разомкнутом положении гайки механическая подача на заготовку не происходит. Заготовка при распиловке надежно закрепляется в зажимном устройстве 9, которое имеет возможность продольного перемещения по направляющим 4. Скорость продольной подачи во время распиловки регулируется бесступенчатым вариатором 6. При переводе рычага влево подача замедляется, вправо - ускоряется

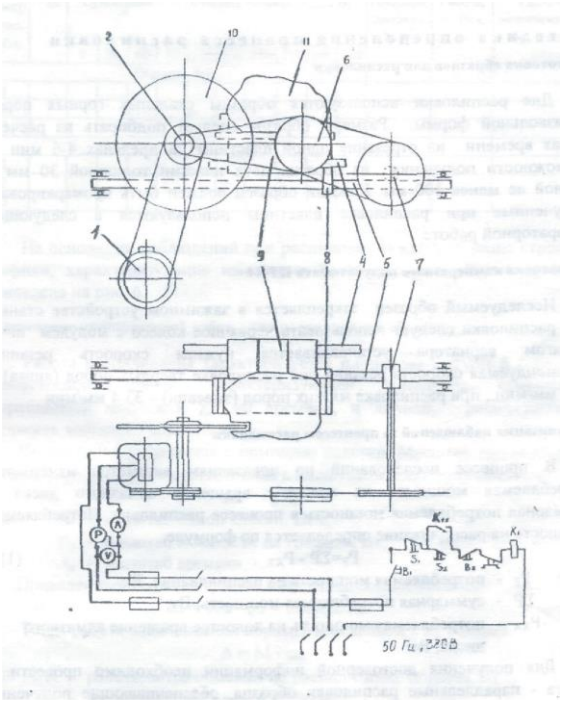


Рис. 5. Электромеханическая схема ПТ-44

Приборы для контроля процесса распиловки

Для контроля процесса распиловки камнерезный полуавтомат ПТ-44 имеет электрический щит, оборудованный вольтметром с ценой деления 20В в

диапазоне 500В, амперметром с ценой деления 0,5А в диапазоне ЮЛ и ваттметром с ценой деления 0,5 кВт в диапазоне 1,4 кВт.

Для проведения исследований необходимо иметь секундомер.

Методика определения процесса распиловки

Подготовка образцов для распиловки

Для распиловки используются образцы скальных горных пород произвольной формы. Размеры образца следует подбирать из расчета затрат времени на отрезание одной пластины в пределах 4-6 мин. и возможности получения из образца двух пластин толщиной 30 мм и длиной не менее 100 мм. Каждый образец должен быть промаркирован Полученные при распиловке пластины используются в следующей лабораторной работе.

Подготовка камнерезного полуавтомата ПТ-44

Исследуемый образец закрепляется в зажимном устройстве станка. Для распиловки следует использовать червячное колесо с модулем m=1, Рычагом вариатора устанавливается нужная скорость резания. Рекомендуемая скорость резания при распиловке твердых пород (яшма) - 23,4 мм/мин., при распиловке мягких пород (змеевик) – 33,4 мм/мин.

Организация наблюдений за процессом распиловки

В процессе исследований по показаниям ваттметра измеряется потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска и суммарная потребляемая мощность в процессе распиловки. Потребляемая мощность на распиливание определяется по формуле:

$$P_p = \sum P - P_{xx} \qquad (1)$$

где P_p - потребляемая мощность на распиливание, Вт;

$\sum P$ - суммарная потребляемая мощность, Вт;

P_{xx} - потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска, Вт.

Для получения достоверной информации необходимо провести 3 опыта - параллельные распиловки образца, обеспечивающие получение двух пластин.

Каждый опыт начинается с регистрации потребляемой суммарной мощности в момент начала распиловки. Затем суммарная потребляемая мощность регистрируется с помощью секундомера через каждые 30с до окончания распиловки.

Результаты наблюдений и обработки заносятся в таблицу.

Таблица

Регистрация результатов наблюдения и расчетов

Номер парал. набл.	P_{xx}	Суммарная потребляемая мощность $\sum P$, Вт										Площадь распила, S,м^2	Работа, А, Вт-с	Удельная энергоемкость, W, Вт·с/м^2
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270			
Образец №1														
1														
2														
3														
Образец №2														
1														
2														
3														

На основании наблюдений при распиловке каждого образца строятся графики, характеризующие изменение P_P во времени. Форма графика приведена на рис. 6.

Определение произведенной работы для распиливания образца

Работа распиливания характеризуется площадью фигуры 5 (рис. 6), ограниченной кривой, характеризующей изменение суммарной потребляемой мощности $\sum P$ во времени, и линией, ограничивающей мощность холостого вращения P_{xx}.

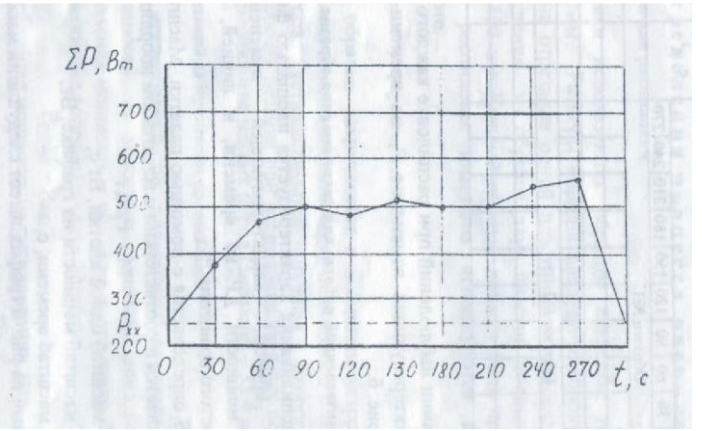


Рис. 6. График изменения потребляемой мощности во времени при распиловке яшмы технической.

Площадь 3 определяется с помощью палетки. Масштаб одной клетки палетки определяется в соответствии с масштабом координат графика

$$M = P_p t_н , \qquad (2)$$

где M - масштаб одной клетки, Вт·с;

P_p - масштаб мощности на графике, Вт;

$t_н$ - масштаб времени, с. Приведенный на рис. 6 график имеет следующий масштаб:

M = 100·30 = 3000, Вт·с.

Тогда работа распиливания образца определяется из условия:

$$A = Mm, \quad (3)$$

где A - работа, затрачиваемая на распиливание образца, Вт·с;

M - масштаб одной клетки, 3000 Вт·с;

m - количество расчетных клеток палетки в пределах площади, ограниченной кривой изменения РР во времени, шт.

Для определения количества расчетных клеток под кривой методом палетки подсчитывается количество полных клеток n_1 и количество неполных клеток n_2. Затем приближенно определяется общее количество расчетных клеток из условия:

$$M=(n_1+n_2)/2 \quad (4)$$

Определение площади распила

Площадь поверхности распила образца горной породы определяется так же по палетке. В качестве палетки может быть использован лист миллиметровки или разлинованный в клетку тетрадный лист. На палетку накладывается распиленный образец горной породы, и фиксируется площадь распила. Масштаб палетки принимается равным

$$M= 1 \text{ см}^2 = 0{,}0001 \text{ м}^2$$

Площадь распила рассчитывается из условия:

$$S=Mm, \quad (5)$$

где S - площадь распила, м^2;

M - масштаб палетки, м^2;

m - количество расчетных клеток палетки, шт.

Определение удельной энергоемкости процесса распиливания

Удельная энергоемкость распиливания на единицу площади горной породы рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{A}{S} \quad (6)$$

где W - удельная энергоемкость распиливания, Вт·с/м^2;

A - работа, Вт·с,

S - площадь распила, м^2.

Методика статистической обработки результатов наблюдений

Обобщающими результатами наблюдений, характеризующих энергоемкость процесса распиловки, являются удельные затраты мощности на единицу площади распиловки W_1, W_2, W_3, …, W_n, которые получены при проведении параллельных опытов при распиловке образца определенной горной породы.

Энергоемкость процесса распиловки образца горной породы характеризуется удельными затратами мощности, которые определяются как среднее арифметическое значение удельных затрат мощности при проведении параллельных опытов по формуле:

$$\overline{W} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} W_i \quad (7)$$

Дисперсия удельных затрат мощности параллельных опытов, характеризуются степень разброса вокруг среднего значения, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2 \quad (8)$$

Среднее квадратическое отклонение результата каждого опыта как абсолютный показатель изменчивости удельных затрат мощности определяется из выражения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2} \quad (9)$$

Отдельным показателем изменчивости удельных затрат мощности параллельных опытов является коэффициент вариации, который рассчитывается по формуле:

$$K_{вар} = \frac{S}{W}100\% \qquad (10)$$

Лабораторная работа № 4. Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Отбор и подготовка образцов

Для исследований необходимо использовать образцы горных пород с известными параметрами динамической прочности, абразивности и модуля продольной упругости Образец должен иметь форму пластины толщиной 30 мм. Рекомендуется использовать пластины, полученные при выполнении лабораторной работы № 3 данного раздела. Каждый образец должен иметь свою маркировку.

Технические средства для регистрации акустического спектра

Для исследования акустического спектра резания горных пород алмазным диском используется анализатор спектра АС-1.

Акустический спектр регистрируется анализатором спектра АС-1 в пределах звуковых колебаний 16 Гц-20 кГц при распиловке образца горной породы на камнерезном станке ПТ-44, оснащенном алмазным отрезным диском АС-50 315/250 50 М. Для контроля процесса резания станок оснащен ваттметром, вольтметром и амперметром.

Техническая характеристика анализатора спектра АС-1

Прибор состоит из измерительного блока и двух микрофонов МД 52 Измерительный блок предназначен для

- усиления сигналов, поступающих от микрофонов;
- выделения из шумового спектра основных гармонических составляющих;
- измерения частоты звуковых колебаний в трех диапазонах (I–20-200Гц, II - 200-2000 Гц, III - 2-16 кГц);
- измерения уровня звукового давления акустического спектра ре, с помощью микроамперметра.

Расположение приборов и регуляторов на лицевой панели измерительного блока показано на рис. 7, Функциональная схема АС-1 представлена на рис. 8. На схеме показаны:

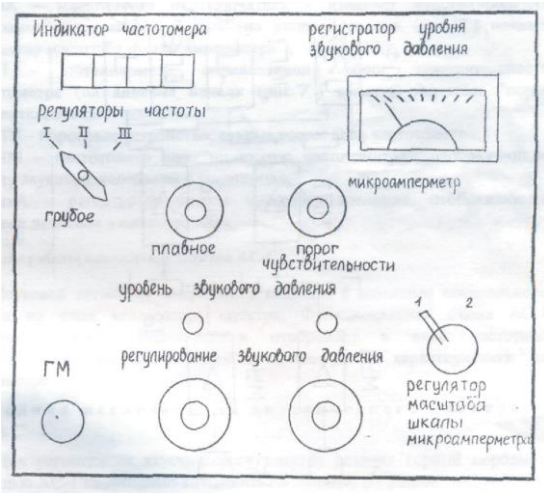


Рис. 7. Схема лицевой панели АС-1

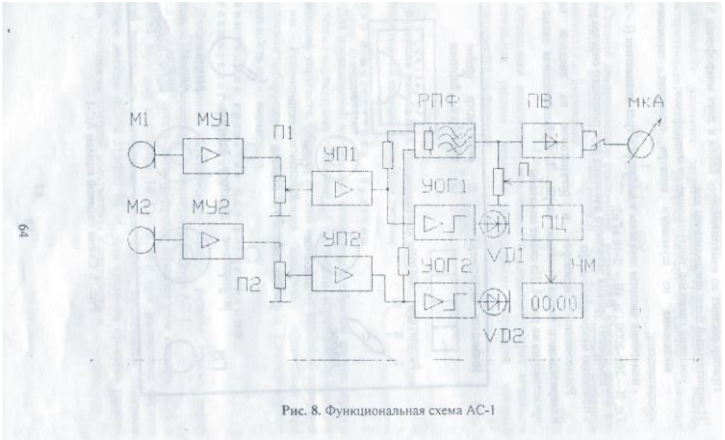


Рис. 8. Функциональная схема АС-1

Рис. 8 . Функциональная схема АС-1

МУ1, МУ2 -микрофонные усилители 1 и 2 каналов;

П1, П2 - потенциометры установки уровня сигналов с микрофонных усилителей (ручки потенциометров П1 и П2 выведены на лицевую панель (рис. 7) и обозначены "регулирование звукового давления 1 канал и 2 канал"),

УП1, УП2 - предварительные усилители;

УОГ1, УОГ2 - усилители-ограничители шумового сигнала с выходом на светоиды VD1, VD2 (на лицевой панели (рис. 7) светоиды обозначены "уровень звукового давления");

РПФ - режекторный полосовой фильтр с высокой добротностью, (перестройка частоты фильтра осуществляется ручками (рис. 7) "регуляторы частоты грубое, плавное", расположенными на лицевой панели);

ПВ - прецезионный выпрямитель выделяет положительную полуволну первой гармоники шумового сигнала;

SA - масштабный переключатель - изменяет чувствительность микроамперметра мкА в 2 раза (на лицевой панели (рис. 7) показан "регулятор масштаба шкалы амперметра");

П - потенциометр, определяющий порог чувствительности частотометра (на лицевой панели (рис. 7) имеется указатель "порог чувствительности");

ПУ - пороговое устройство, открывающее вход частотометра;

ЧМ - частотометр или "индикатор частотометра", отображающий частоту звуковых колебаний в килогерцах;

мкА - регистратор уровня звукового давления, отображающий звуковое давление в микроамперах.

Принцип работы анализатора спектра АС-1

Звуковой сигнал от микрофонов подается с помощью специального кабеля на вход анализатора спектра. Функциональная схема АС-1 усиливает сигнал, фильтрует и отображает в виде частотной характеристики на частотометре и амплитудной характеристики на амперметре.

Методика исследования акустического спектра на АС-1

Для регистрации акустического спектра резания горной породы с помощью АС-1 необходимо выполнить следующие операции.

1. Установить микрофоны в непосредственной близости от режущего инструмента, обеспечив условия предотвращения попадания влаги на микрофоны

2. Подключить микрофоны к гнезду ГМ прибора.

3. Подключить прибор к сети 220 В.

4. Установить ручки управления прибора в положение, соответствующее готовности прибора к работе. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.1. Ручки потенциометров "регулирование звукового давления" (П1 и П2) установить в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора);

4.2. Переключатель "регуляторы частоты грубое, плавное" установить в крайнее левое положение;

4.3. Ручку "порог чувствительности" установить в крайнее левое положение, при этом индикатор частотометра должен показывать 00.00;

4.4. Переключатель 3А "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" установить в крайнее левое положение, при этом стрелочный индикатор мкА должен быть на нуле.

5. Включить камнерезный станок, установить режим подачи с помощью вариатора в зависимости от физико-механических свойств распиливаемого образца и обеспечить работу станка в установившемся режиме резания горной породы.

6. Медленно поворачивать ручки потенциометров П1 и П2 "регулирование звукового давления" по часовой стрелке до включения светоидов УВ1 и УО2. После включения светоидов повернуть ручки П1 и П2 против часовой стрелки, стараясь уловить положение регуляторов уровня сигнала, соответствующее моменту затухания светоидов.

7. Произвести измерения параметров акустического спектра, выполняя последовательно следующие операции.

7.1. Поворачивая ручку "регуляторы частоты плавное" по часовой стрелке установить по микроамперметру на положение ручки, соответствующее максимальному уровню сигнала в выбранном частотном диапазоне. Точнее можно найти положение ручки, поворачивая ее по или против часовой стрелки.

7.2. Повернуть ручку "порог чувствительности" до включения частотометра в режим счета частоты. Рекомендуется поворачивать ручку не плавно, а дискретно, изменяя угол поворота в связи с некоторым запаздыванием включения счетного устройства.

7.3. Показания частотометра и стрелочного индикатора занести в таблицу. При необходимости взять еще 1-2 отсчета на этом же частотном диапазоне, стремясь отыскать локальный максимум.

7.4. Повернуть ручку "порог чувствительности" против часовой стрелки до сброса показаний индикатора частотометра (до установки 00.00).

7.5. Повернуть ручку "регуляторы частоты плавное" в крайнее левое положение и перейти на следующий частотный диапазон, переключив переключатель «регуляторы частоты грубое» по часовой стрелке в следующее положение.

7.6. Повторить измерения на вновь избранном диапазоне частоты, выполнив пункты 7.1-7.3 Результаты измерений занести в таблицу.

7.7. Выполнив пункты 7.4. и 7.5. и перейти на третий диапазон частот, установив переключатель "регуляторы частоты грубое" в положение III (крайнее правое).

7.8. Повторить измерения на III диапазоне частот, выполнив пункты 7.1. - 7.3. Результаты измерений занести в таблицу.

Таблица

Результаты измерений исследования акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Диапазон	I			II			III		
Уровень звукового давления, мкА									
Частота звуковых колебаний, кГц									

Примечания.

1. После выполнения пункта 7.3. положение ручки "регулирование звукового давления" нельзя изменять до окончания работы, в противном случае достоверность характера спектрограммы будет нарушена.

2. В некоторых случаях на одном или двух диапазонах частот могут отсутствовать ярко выраженные основные максимумы, в этом случае рекомендуется ограничиться регистрацией локальных максимумов, стараясь как можно точнее устанавливать порог чувствительности

порогового устройства частотомера ручкой "порог чувствительности".

3. Если при измерении локальных максимумов показания стрелочного измерительного прибора весьма малы и отсчет взять затруднительно, можно перевести переключатель SA "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" в крайнее правое положение. В этом случае в таблицу следует заносить численное значение, равное 1/2 от показания прибора.

Методика обработки результатов наблюдения

Графическое построение измеренных спектров производится на полулогарифмической бумаге для того, чтобы весь диапазон измеряемых частот умещался в размерах одного листа формата А4 и при этом масштаб был бы читаемым. Построение спектрограммы (рис. 9), характеризующей процесс резания, производится по следующей методике.

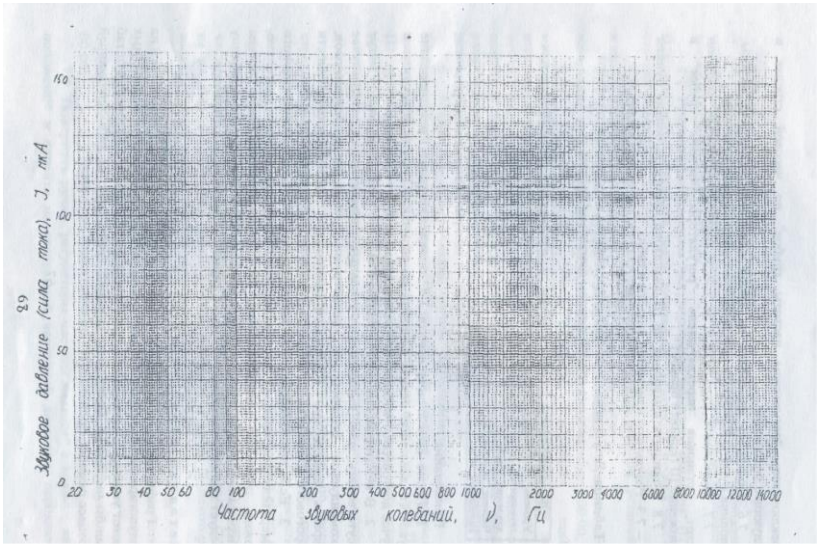


Рис. 9. Спектрограмма звуковых колебаний процесса резания.

1. На логарифмической шкале абсцисс, соответствующей трем диапазонам АС-1, откладываются частоты в герцах, на линейной шкале ординат – уровни звукового давления акустического спектра резания в микроамперах.
2. На спектрограмме находится уровень звукового давления, соответствующий зарегистрированному максимуму длины полуволны акустического спектра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спивак А. И., Попов А. Н. Разрушение горных пород при бурении скважин: Учебник для вузов. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. 208 с.
2. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982.
3. Ржевский В. В., Новик г. Я. Основы физики горных пород: Учебник для вузов – 5 изд. Перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. 359 с.
4. Инструкция по применению прибора ПСХ-4 для определения удельной поверхности измельченных материалов. Издание Госкомитета по промышленности строительных материалов при Госстрое СССР. – М.: 1964. 14 с.

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. Н. Дерябин, С. Г. Эйнгорн

БУРОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ТВЕРДЫЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Методические указания
по самостоятельной работе курса
«Буровые машины и механизмы»
для студентов специальности:
21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация № 3
Технология и техника разведки МПИ

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

Оглавление

Введение……..……3
1. Принципы классификации буровых установок……..…….4
2. Принципиальное устройство буровых станков и установок…….....6
3. Принципиальные схемы компоновки и
модификации буровых станков и установок……8
4. Буровая установка УКБ-4…….……..12
Литература…….……...23

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Буровые машины и механизмы» является профилирующей дисциплиной при подготовке специалистов специальности «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

Проведение геологоразведочных, геофизических и изыскательских работ непосредственно связано с необходимостью сооружения буровых скважин или изучения межскважинного пространства.

В соответствии с этим студенты специальности, специализация № 3: 21.05.03 Технология и техника разведки МПИ (ТТР)» должны знать конструкцию, устройство и технико-экономические показатели современной буровой техники.

В методических указаниях дается описание основных компоновочных схем буровых установок, предназначенных для бурения геологоразведочных скважин колонковым способом на твердые полезные ископаемые. Приводятся технические параметры установок ряда УКБ. На примере установки УКБ-4 и станка СКБ-4 подробно рассматривается конструкция данного класса бурового оборудования.

1. Принципы классификации буровых установок

Буровая установка представляет собой комплекс сооружений механизмов и устройств, позволяющих осуществить все работы по бурению, креплению и ликвидации скважин. В состав установки входят следующие основные сооружения и машины:

- буровой станок или вращатель с лебедкой;
- буровой промывочный насос, вместе со станком образуя буровой агрегат;
- буровая вышка с талевой оснасткой;
- комплекс энергетического оборудования. В него входит привод механизмов (электро-, гидро-, двигатели внутреннего сгорания и т. д.) и все системы, обеспечивающие его работу;
- буровое здание;
- циркуляционная система промывочной жидкости, необходимая для очистки ее от шлама.

Кроме этих основных элементов, буровые установки оснащаются механизмами, системами и устройствами, обеспечивающими выполнение вспомогательных технологических процессов. Например: захватывание и удерживание буровых свечей талевой системой, свинчивание-развинчивание труб при выполнении спуско-подъемных операций, укладка их в свечеприемники и т. д.

Состав, тип станка или вращателя, а также размеры бурового оборудования определяются такими факторами, как:

- глубина и диаметр бурения;
- цель бурения;
- прочностные (физико-механические) свойства пород.

Глубина и диаметр скважины. Они определяют затраты мощности при ее бурении. Поскольку двигатель бурового станка (или установки) обеспечивает создание определенного числа оборотов и необходимого по величине крутящего момента при вращении колонны бурильных труб при бурении, то эти параметры будут тем больше, чем длиннее скважина и чем больше ее диаметр. Так, до глубины 1500 метров и диаметра скважины 59 мм, необходимые числа оборотов и величину крутящего момента сможет обеспечить шпиндельный вращатель. При увеличении глубины и диаметра скважины для обеспечения необходимых параметров вращения потребуется роторный вращатель.

Кроме того, чем большая мощность необходима для бурения скважины, тем больше размеры и масса основных машин и механизмов, входящих в состав установки, и тем сложнее обеспечить ее транспортировку. По этой причине установки проектируют с ограничением мощности привода. Это позволяет получить несколько классов установок, различающихся по мощности привода (и, соответственно, по размерам и весу), а это, в свою очередь, позволяет обеспечить их транспортировку различными способами.

Цель бурения влияет на выбор способа разрушения породы и, соответственно, на способ бурения. Большинство способов бурения связано с вращением породоразрушающего инструмента. В зависимости от цели и, соответственно, от способа бурения, частота вращения колеблется в диапазоне от 0 до 2000 об/мин. Не все типы вращателей могут обеспечить этот диапазон полностью.

Возможности вращателей следующие:

Шпиндельный вращатель. Позволяет обеспечить частоту вращения колонны бурильных труб до 1500 об/мин. Это позволяет бурить скважины колонковым способом по породам XII категории по буримости. Поэтому станки со шпиндельными вращателями используются в основном для бурения геологоразведочных скважин.

Роторный вращатель. Позволяет обеспечить большой крутящий момент при невысоких частотах вращения. Его целесообразно использовать при бурении глубоких скважин или скважин большого диаметра породоразрушающим инструментом, не требующим высоких частот вращения (например, шарошечными долотами или

твердосплавными коронками). Поэтому роторные вращатели используют при бурении гидрогеологических и инженерно–геологических, а также нефтяных и газовых скважин, отличающихся большой глубиной и диаметром.

Подвижные вращатели. Несмотря на ограничение максимального числа оборотов (до 500-600 об/мин) и небольшую величину крутящего момента, не позволяющие бурить скважины большого диаметра, обладают рядом достоинств, а именно: возможность использования разнообразных способов бурения (от шнекового, пневмоударного до колонкового и шарошечного) и простота конструкции (отсутствие лебедки и механизмов свинчивания-развинчивания труб).

Особенности конструкции установок с подвижным вращателем не позволяют увеличить длину буровой свечи, извлекаемой из скважины при спуско-подъемных операциях. Это ограничивает глубину использования таких установок.

Таким образом, в соответствии с целью бурения приходится учитывать возможности вращателей буровых установок или станков.

Прочностные свойства пород также определяют способ разрушения породы и выбор способа бурения. В сочетании с целью бурения, прочностные свойства пород также влияют на выбор типа вращателя. Например: необходимо получить керн в крепких породах (11 – 12 категории по буримости). Следова-тельно, забой должен быть кольцевым, а способ бурения – высокооборотный алмазный. Или: необходимо создать скважину в твердых породах (9 – 10 категории по буримости) для водоснабжения предприятия. Следовательно, забой может быть сплошным, а способ бурения - низкооборотный шарошечный, большого диаметра (скорей всего, роторный).

Становится понятным, что в зависимости от ситуации, реализовать необходимый способ бурения могут шпинельный, роторный или подвижный вращатели.

Таким образом, учитывая существующие типы вращателей, а также размеры и вес установок, целесообразнее всего классифицировать их по двум принципам:

1. По типу вращателя: шпиндельные, роторные, с подвижным вращателем.

2. По транспортабельности: переносные, самоходные, передвижные, стационарные.

Переносные. Они разбираются на узлы малого веса, которые могут переноситься. Мощность привода обеспечивает глубину бурения до 100-150 м; масса установки – до150 кг.

Самоходные. Оборудование размещается на платформе, закрепляемой на раме серийно выпускаемых легковых и грузовых автомобилей, тракторов или гусеничных тягачей. Мощность привода таких установок позволяет бурить скважины вращательным способом на глубину до 800 м. Масса установки – до 15 т.

Передвижные. Оборудование монтируется в буровом здании, которое находится на полозьях. Транспортировка производится тракторами или гусеничными тягачами. Возможно использование подкатных тележек, устанавливаемых под переднюю и заднюю части здания. При этом оно поднимается гидравлическими или механическими домкратами. Глубина бурения колонковых скважин такими установками достигает 2000 м. Масса установки – до 25 т.

Стационарные. Буровые механизмы и сооружения монтируются на отдельных основаниях или фундаментах. Транспортировка каждого элемента или механизма производится отдельно автомобильным, внедорожным или иным видом транспорта. Глубина бурения может достигать 15 км. Масса оборудования установки – до 50 т.

Классификация буровых установок по транспорта-бельности хорошо увязывается с глубиной бурения, поскольку глубина определяет мощность привода буровых машин (станка или ротора, лебедки, бурового насоса и т. д.). Увеличение глубины бурения ведет к увеличению как массы исполнительных механизмов и их трансмисии, так и к появлению дополнительных механизмов и устройств, облегчающих работу с тяжелым оборудованием. Это также увеличивает общий вес и размеры установки. Указанные принципы

классификации бурового оборудования не являются всеобъемлющими, но позволяют достаточно свободно ориентироваться во всем многообразии различных типов установок и их возможностях.

Основные технические параметры станков и установок, предназначенных для бурения скважин колонковым способом, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Основные параметры буровых станков и установок колонкового бурения

Параметр	УКБ1 (12/25)	УКБ2 (200/300)	УКБ4 (300/500)	УКБ5 (500/800)	ЗИФ 600м	ЗИФ 1200МР
1. Глубина бурения, м:						
- твердосплавными коронками	12,5	200	300	500	650	1500
- алмазными коронками	25	300	700	800	800	2000
2. Мощность двигателя, кВт	2,9	13,0	22,0	30,0	30,0	55,0
3. Начальный диаметр бурения, мм	76,0	132,0	151,0	151,0	200,0	250,0
4. Конечный диаметр бурения, мм:						
- твердосплавными коронками	76	93	93	93	93	93
- алмазными коронками	36	46	46	59	59	59
5. Длина бурильной свечи, м	1,0	6,2	9,0	14,0	14,0	18,5
6. Частота вращения бурового снаряда, об/мин:						
- минимальная	100,0	100,0	155,0	120,0	87	75
- максимальная	1200	1500	1600	1500	800	600
7. Количество ступеней измерения чисел оборотов	6	6	8	8	6	8
8. Вес станка или установки, кг	110	6700	14000	16900	17000	20000

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение буровой установке. Какие основные механизмы и сооружения входят в ее состав?
2. Определите и обоснуйте факторы, влияющие на состав, тип станка или вращателя и размеры оборудования.
3. Почему целесообразнее всего классифицировать буровые установки по двум принципам? Какие это принципы?

2. Принципиальное устройство буровых станков и установок

В зависимости от назначения и возможностей буровой установки, механизмы, обеспечивающие выполнение технологических процессов при бурении, располагают раздельно друг от друга (буровая установка) или компактно, в виде единого блока. Во втором случае речь идет о буровом станке (рис. 2.1).

Буровой станок – это машина, предназначенная для обеспечения таких основных технологических параметров при бурении скважин, как:

- создание и передача крутящего момента и необходимого числа оборотов колонне бурильных труб;
- обеспечение и поддержание необходимой величины осевой нагрузки на забой при бурении.

Буровой станок состоит из следующих групп механизмов и систем:

- исполнительные механизмы,
- трансмиссия,
- привод или двигатель,
- механизм подачи бурильных труб,

- приборы контроля и органы управления.

Исполнительные механизмы. Их два: вращатель и лебедка.

Вращатель предназначен для передачи крутящего момента и числа оборотов от трансмиссии станка к ведущей бурильной трубе и в ряде случаев для задания направления оси скважины.

Лебедка предназначена для наматывания и сматывания талевого каната на барабан, при проведении спускоподъемных операций с колонной бурильных труб. В некоторых конструкциях станков и установок для производства спускоподъемных операций используются не лебедки, а экстракторы или кабестаны.

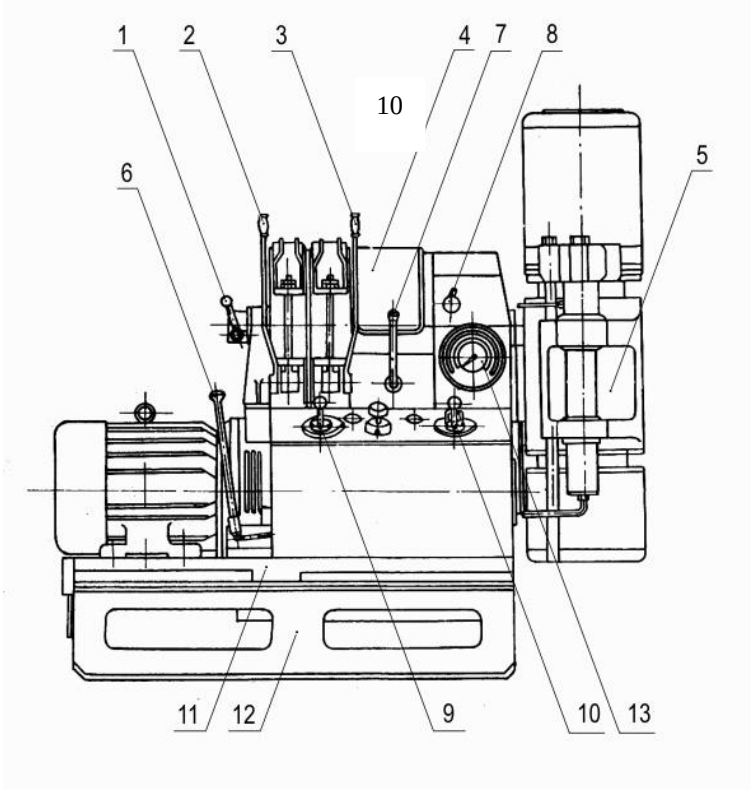


Рис. 2.1. Станок буровой СКБ-4:

1 – рукоятка включения лебедки; 2 – тормоз подъема; 3 – тормоз спуска; 4 – барабан лебедки; 5 – вращатель; 6 – рычаг включения сцепления; 7 – рычаг переключения коробки передач; 8 – рукоятка управления раздаточной коробкой; 9 – четырехпозиционный распределитель; 10 – пятипозиционный прибор управления; 11 – станина; 12 – рама; 13 - стрелочный указатель давления на забой

Трансмиссия бурового станка. Это совокупность механизмов, предназначенных для изменения чисел оборотов и величины крутящего момента, а также передачи их от двигателя станка к исполнительным механизмам.

В состав трансмиссии бурового станка, как правило, входят:

- муфта сцепления трансмиссии с двигателем,
- коробка перемены передач,
- раздаточная коробка.

Привод или двигатель – это машина, преобразующая один вид энергии в другой. В случае с буровым станком двигатель обеспечивает получение определенного числа оборотов и необходимой величины крутящего момента. Совокупность этих параметров определяет мощность двигателя.

В случае со станком исполнительные механизмы, трансмиссия и двигатель монтируются на раме станка. В случае с установкой эти механизмы монтируются раздельно: или на общей платформе, или отдельных фундаментах. Кинематическая связь между ними обеспечивается за счет карданных, цепных или клиноременных передач.

Кроме того, на самих механизмах, раме или платформе монтируются детали и механизмы систем, обеспечивающих как вспомогательные, так и основные технологические процессы при бурении.

Механизм подачи бурильных труб. Он обеспечивает поддержание необходимой величины осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент, а также регулировку скорости подачи бурового инструмента.

У станка это, как правило, гидравлическая система, а у буровых установок - либо канатная, либо комбинированная (канатно-цепная, канатно- гидравлическая и т. п.).

Приборы контроля и органы управления. Для обеспечения эффективного управления процесса проведения основных и вспомогательных технологических операций при бурении станок или установка оборудуется различными приборами и органами управления. Приборы позволяют контролировать осевую нагрузку на забой, давление в гидравлической системе станка и т. д. В ряде случаев на буровой установке устанавливают комплекс контрольно-измерительной аппаратуры. Он может осуществлять контроль практически всех основных технологических параметров бурения: механическую скорость, количество подаваемой в скважину промывочной жидкости, вес бурового снаряда при проведении спускоподъемных операций и т. д.

Органы управления позволяют управлять исполнительными и вспомогательными механизмами и системами станка или установки. К ним относятся рычаги, рукоятки, маховики, переключатели кнопок и т. д.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите назначение бурового станка. Перечислите его основные исполнительные механизмы и их назначение.
2. Какие узлы входят в состав трансмиссии буровых станков? Каково их назначение?
3. Какие машины и системы присутствуют в конструкции станка, кроме исполнительных механизмов?
4. Каково назначение приборов и органов управления бурового станка или установки?

3. Принципиальные схемы компоновки и модификации буровых станков и установок

Компоновка – способ взаимного расположения основных рабочих и вспомогательных механизмов, а также вид их кинематической и конструктивной связи между собой.

Буровые станки и установки компонуются по двум основным схемам – моноблочной и разобщенной.

Моноблочная компоновка используется при проектировании станков, имеющих шпиндельный вращатель. Такие станки называют шпиндельными. В этой схеме основные узлы расположены в непосредственной близости и связаны между собой не только кинематически, но и конструктивно. Небольшие межцентровые расстояния в моноблочной схеме позволяют использовать компактные зубчатые передачи.

Моноблочная компоновка может иметь различные варианты. Например, в станке СКБ-3 (СКБ 200/300) основные узлы и механизмы смонтированы следующим образом: вращатель, лебедка и коробка передач располагаются в одну линию (рис. 3.1). Такое решение упрощает конструкцию станка: исключаются лишние передачи и улучшаются условия работы деталей механизмов. Кроме того, такая компоновка позволяет разместить основные узлы на верхних балках рамы станка. При этом обеспечивается хороший доступ ко всем узлам и местам их соединений для осмотра, регулировки и ремонта. Появляется возможность ремонтировать станок, меняя узлы целиком (так называемый поузловой ремонт).

У станков СКБ-4, СКБ-5, ЗИФ650М и ЗИФ1200МР коробка перемены передач находится под лебедкой (рис. 3.2 и 3.3). Вращение к исполнительным механизмам - вращателю и лебедке передается от коробки передач через редуктор, называемый раздаточной коробкой.

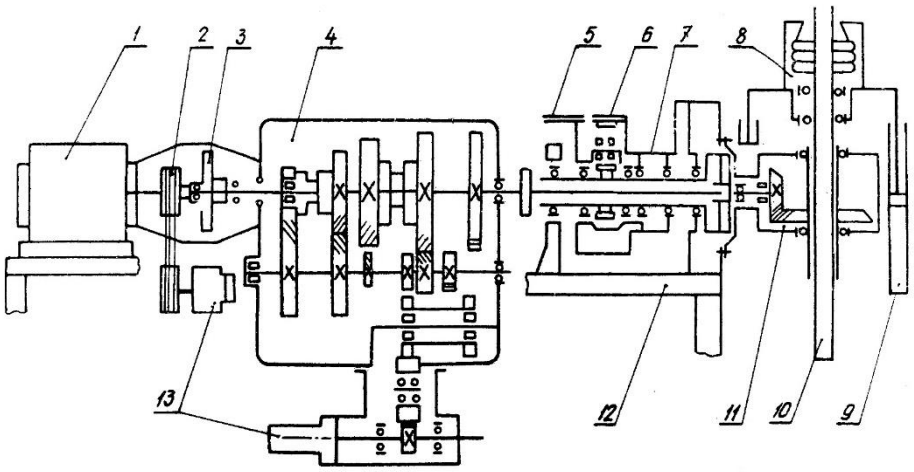


Рис. 3.1. Кинематическая схема станка СКБ-3:

1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – фрикционная муфта; 4 – коробка передач; 5 – тормоз спуска; 6 – тормоз подъема; 7 – лебедка; 8 – зажимной патрон; 9 – гидроцилиндры; 10 – шпиндель; 11 – вращатель; 12 – балки основания станка; 13 – маслонасосы

Такая схема монтажа основных узлов, при высокой компактности, имеет ряд недостатков: затруднен доступ к отдельным деталям для осмотра, регулировок и ремонтов, затруднен поузловой ремонт.

По мере увеличения мощности и веса оборудования компактность буровых станков из достоинства становится недостатком. Из-за возросших размеров деталей и механизмов ухудшается доступ к ним для осмотра и ремонта, а также усложняется доставка к месту бурения, в связи с необходимостью их разборки перед транспортировкой и последующей сборкой на новом месте.

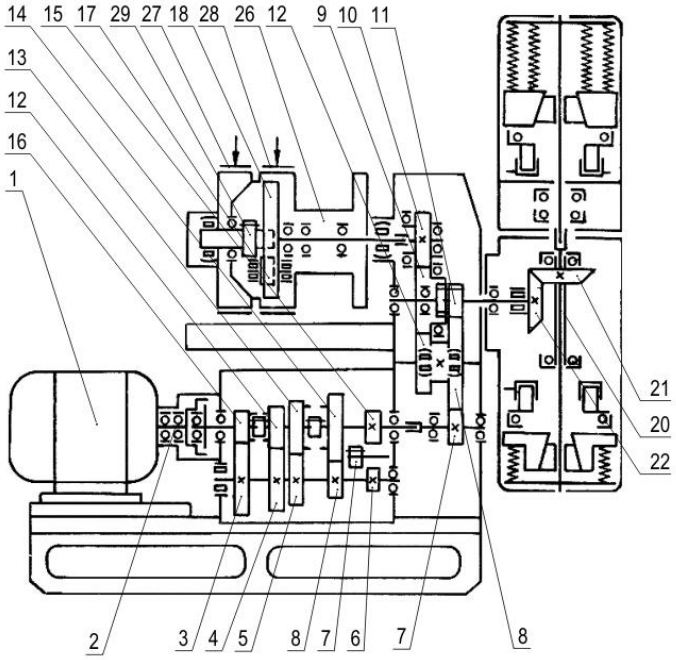


Рис. 3.2. Кинематическая схема станка СКБ-4:

1 – электродвигатель; 2 – муфта сцепления; 3, 4, 5, 8 – шестерни промежуточного вала коробки передач; 6, 7 – шестерни обратного вращения; 10, 11, 19, 23, 24, 25 – шестерни раздаточной коробки; 12, 13, 14, 15 – шестерни вторичного вала коробки передач; 16 – шестерня первичного вала; 17, 18, 29 – шестерни лебедки; 20 – приводная муфта; 21, 22 – шестерни конического редуктора; 26 – лебедка; 27, 28 – тормоза спуска и подъема

Поэтому при разработке крупногабаритных или самоходных установок используют **разобщенную компоновку**. Для нее характерно наличие в большинстве случаев только кинематической связи между узлами или блоками, а также широкое применение цепных и карданных передач, обеспечивающих значительные межцентровые расстояния между механизмами.

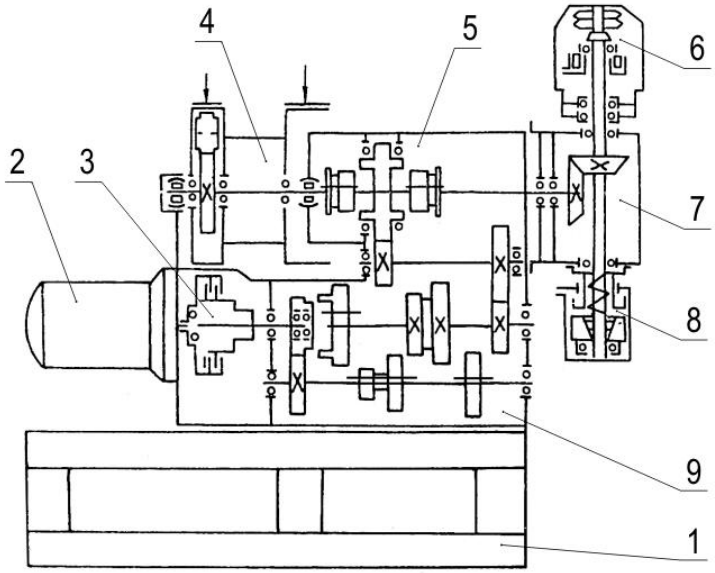


Рис. 3.3. Кинематическая схема станка СКБ-5:
1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – муфта сцепления; 4 – лебедка; 5 – раздаточная коробка; 6, 8 – патроны; 7 – вращатель; 9 – коробка передач

В этом случае установка состоит из отдельных блоков: лебедки, ротора, регулятора подачи, буровой насосной установки, гидросистемы, электрического и гидравлического пультов управления (рис. 3.5).

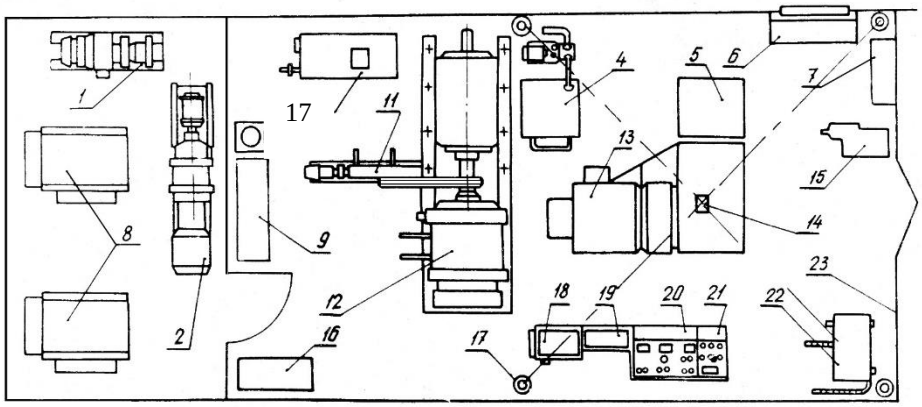


Рис. 3.5. Пример расположения узлов установки с разобщенной компоновкой:
1 – электромашинный усилитель; 2 – главный привод (электродвигатель и генератор); 3 – электростанция; 4 – система охлаждения лебедки; 5 – подсвечник; 6 – верстак; 7 – стеллаж для инструмента; 8 – буровые насосы; 9 – шкаф управления переменного тока; 10 – реостат; 11 – регулятор подачи; 12 – лебедка; 13 – ротор; 14 – устье скважины; 15 – датчик давления; 16 – шкаф управления постоянного тока; 17 – опора вышки; 18 – шкаф тиристорный; 19 – КИП «Курс 613»; 20, 21 – пульты управления; 22 – маслостанция; 23 – буровое здание

Для обеспечения высоких технико-экономических показателей бурения в разнообразных специфических условиях могут использоваться унифицированные буровые комплексы.

Их особенность заключается в возможности переоборудования базовой модели (например, станок СКБ-3) в одну из возможных модификаций, которая лучше всего

удовлетворяет требованиям технологии бурения в конкретных геолого-технических условиях. Основой такого комплекса являются наиболее трудоемкая в изготовлении группа узлов привода и трансмиссии, наличие которой обязательно во всех модификациях.

Сменными являются такие узлы, как:

- коробка передач,
- вращатели с различными диапазонами частот вращения и крутящими моментами, проходным отверстием под бурильные или обсадные трубы разного диаметра,
- средства спуска-подъема, в качестве которых возможно применение лебедок или экстракторов,
- механизмы подачи, отличающиеся величиной хода или развиваемого усилия.

3.1. Описание возможных модификаций

В качестве примера рассматривается унифицированный комплекс, предназначенный для бурения скважин различного назначения на глубину до 300 м.

3.1.1. Базовая модель УКБ 200/300

Она предназначена для колонкового бурения. При этом глубина бурения алмазными коронками достигает 300 м, а твердосплавными - 200 м в обычных геологотехнических условиях. Привод станка может осуществляться от электродвигателя мощностью 13 кВт или от дизеля мощностью 40 л. с. (29,3 кВт).

Установка должна иметь следующие механизмы и узлы:

- буровой станок, состоящий из основания, рамы, коробки передач, лебедки, вращателя с гидравлическим зажимным патроном и гидравлическим механизмом подачи бурильных труб;
- электродвигатель или двигатель внутреннего сгорания для привода бурового станка;
- буровой насос типа НБЗ-120/40;
- мачта типа МР-6.

Установка может выпускаться также в самоходном варианте на шасси грузового автомобиля (например, ЗИЛ-131). Транспортной базой также может служить трактор (например, ТТ-4).

Вращатель шпиндельного типа может быть оснащен гидравлическими или механическими зажимными патронами.

Шпиндель вращателя должен иметь проходное отверстие диаметром 54 мм. Освобождение устья скважины осуществляется отодвиганием бурового станка в сторону с помощью гидросистемы. Давление масла в ней обычно регулируется переливным золотником, установленным в нагнетательной линии. Скорость подачи изменяется дросселем, расположенным на линии слива из нижних полостей гидроцилиндров подачи.

3.1.2. Модификация для труднодоступных условий

Основные отличия этой модификации от базовой модели:

- станок должен разбираться на узлы малого веса (до 500 Н);
- зажимные патроны механические, поскольку они являются более легкими, чем гидравлические, и не требуют для своей работы гидроаппаратуры;
- привод - электродвигатель или карбюраторный двигатель, как более легкий по сравнению с дизелем;
- способ вскрытия устья скважины - отведение вращателя в сторону, в силу отсутствия рамы с гидроцилиндром перемещения;
- отсутствует труборазворот.

3.1.3. Модификация для ударно-вращательного бурения

Основной особенностью этой модификации является наличие низких скоростей вращения шпинделя 15-50 об/мин. В соответствии с этим целесообразнее использовать электродвигатель, который путем переключения может развивать мощность либо 6 кВт, при частоте вращения вала 500 об/мин., либо мощность, равную 7,5 кВт, при частоте вращения 920 об/мин. При этом можно получить два ряда частот вращения шпинделя: 1-й ряд - 25; 45; 80; 120; 185 об/мин; 2-й ряд - 50; 90; 160; 250; 370 об/мин.

3.1.4. Модификация для бурения из подземных горных выработок

Особенностью этой модификации является отсутствие лебедки.

Производство спуско-подъемных операций выполняется с помощью съемных экстракторов. При этом коробка передач, лебедка и вращатель располагаются в одну линию.

Для улучшения транспортировки и монтажа на рабочем месте установка является разборной на узлы малого веса.

Освобождение устья скважины производится отведением в сторону вращателя. Основание с гидроцилиндром перемещения станка исключено. Зажимные патроны механические. Для крепления станка в горной выработке применяются специальные распорные колонки, на которых он монтируется.

Поскольку при бурении горизонтальных скважин затрачивается больше мощности на холостое вращение труб, чем при бурении вертикальных, то установки этой модификации используют двигатели большей мощности - 22 кВт при частоте вращения вала 2910 об/мин.

3.1.5. Модификация для бурения со съемными керноприемными снарядами

У вращателя станка этой модификации увеличен диаметр проходного отверстия до 93 мм. При этом используются механические зажимные патроны, поскольку изготовление гидравлических патронов для труб диаметром 76 и 93 мм связано с усложнением конструкции и утяжелением станка.

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется компоновкой бурового станка? Назовите основные схемы компоновок буровых станков.
2. Назовите варианты компоновки основных узлов буровых станков шпиндельного типа, их достоинства и недостатки.
3. Дайте описание модификаций буровых станков, предназначенных для бурения на глубину до 300 м.

4. Буровая установка УКБ-4

4.1. Назначение и параметрыбуровой установки

Передвижная буровая установка УКБ-4П (рис. 4.1) и самоходная - УКБ-4С предназначены для вращательного бурения геологоразведочных скважин глубиной до 300 и 500 м при конечном диаметре соответственно 93 и 59 мм и углах наклона от 90 до 60° в различных геологических условиях.

Технические характеристики буровой установки УКБ-4П приведены в табл. 1.1.

Установка состоит из бурового станка СКБ-4, бурового насоса НБЗ-120/40, транспортной базы ТБ-15, труборазворота РТ-1200М, устройства для смазки колонны УСК, обогреваемого подсвечника ПО – 4/5 , сальника для алмазного бурения СА, элеватора МЗ-50-80 и вертлюга-амортизатора грузоподъемностью 5 т. Кроме того, в состав установки входит буровое здание и мачта типа БМТ-4, допускающая работу свечами длиной 9,5 м.

Грузоподъемность на крюке мачты: номинальная 3,2 т, а максимальная – 8 т. Предельные углы наклона мачты 90-60°, а ее рабочая высота 13,7 м. Ствол мачты состоит из металлической трубы с двумя подкосами. Продольный телескопический подкос позволяет регулировать наклон мачты при бурении. Подъем мачты в рабочее положение и опускание ее при транспортировке производится с помощью двух гидравлических домкратов, работающих от автономной гидросистемы буровой установки.

4.2. Устройство станка СКБ-4

4.2.1. Исполнительные механизмы

Для обеспечения таких технологических процессов при сооружении скважин, как вращение колонны бурильных труб и осуществление спуска или подъема колонны в скважине, станок СКБ-4 имеет два исполнительных механизма – вращатель и лебедку.

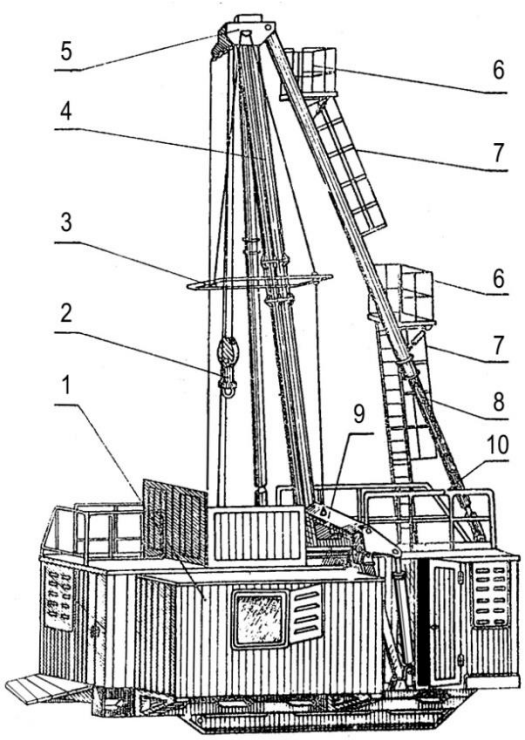


Рис. 4.1. Установка УКБ-4П:
1 – буровое здание; 2 – элеватор; 3 – свечеприемник; 4 – ствол; 5 – кронблок; 6, 10 – площадки; 7 – лестницы; 8 – подкос; 9 – портал

4.2.1.1. Вращатель

Внешний вид вращателя представлен на рис. 4.2, разрез – на рис. 4.3.

Назначение вращателя – передать крутящий момент и частоту вращения от трансмиссии станка к ведущей бурильной трубе. Кроме того, конический редуктор вращателя позволяет поворачивать ось вращения шпинделя (и, соответственно, ведущей бурильной трубы) в вертикальной плоскости. А это позволяет фиксировать вращатель на корпусе станка под различными углами к горизонту и бурить наклонные скважины.

Основой вращателя является конический редуктор, состоящий из вала-шестерни 1 (рис. 4.3) и находящейся с ней в зацеплении конической шестерни 2. Они вращаются в подшипниках 3, 4 и 5, установленных в корпусе 6. Шестерня 2 передает крутящий момент приводной муфте 7. Она вращается в подшипниках 8, и через шестерню 2 – в подшипнике 5, которые установлены в корпусе вращателя.

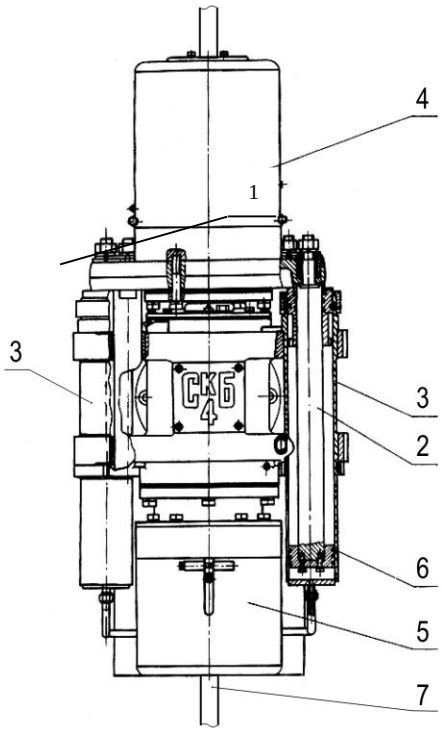


Рис. 4.2. Вращатель. Внешний вид:
1 – траверса; 2 – шток; 3 – гидроцилиндры; 4 – верхний зажимной гидропатрон; 5 – нижний зажимной гидропатрон; 6 – поршень; 7 - ведущая бурильная труба

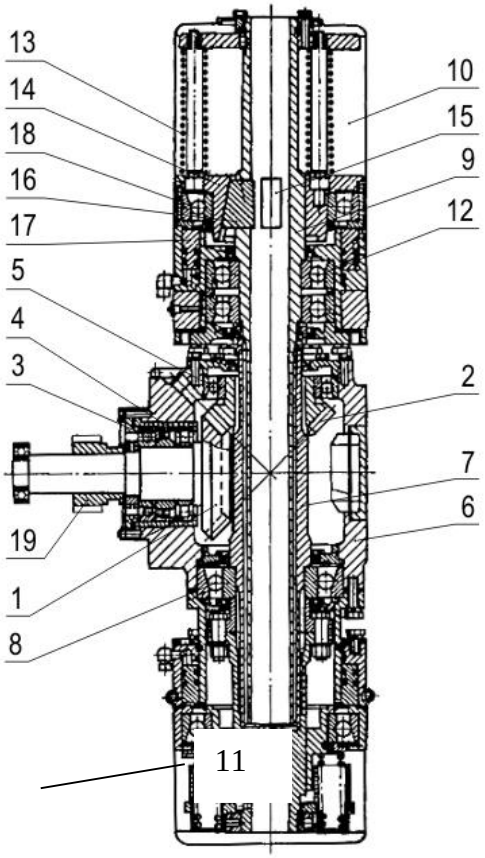


Рис. 4.3. Вращатель. Разрез:
1 – вал-шестерня; 2 – коническая шестерня; 3, 4, 5, 8, 12 - подшипники; 6 – корпус вращателя; 7 – приводная муфта; 9 – шпиндель; 10 – верхний зажимной патрон; 13 – пружина; 14 – коническая обойма; 15 – окно; 16 – кулачок: 17 – кольцевой поршень; 18 – упорный подшипник; 19 – подвижная шестерня

Внутренняя поверхность муфты 7 также изготовлена в виде продольных пазов, называемых шлицами. В эти шлицы вставлена еще одна цилиндрическая деталь, называемая шпинделем 9.

Шпиндель имеет шлицевую наружную поверхность. По шлицам он может перемещаться в муфте 7 относительно корпуса вращателя в осевом направлении и одновременно вращаться. Таким образом, крутящий момент от трансмиссии станка передается шпинделю через конический редуктор и шлицевую муфту.

В свою очередь, от шпинделя крутящий момент передается ведущей бурильной трубе, при помощи зажимного гидравлического патрона 10, сконструированного на верхней части шпинделя. Перемещение шпинделя и зажимного патрона в осевом направлении обеспечивается при помощи массивной стальной балки 1 (см. рис. 4.2), которая называется траверсой. Траверса связана с гидросистемой станка двумя штоками 2, находящимися в гидроцилиндрах 3, закрепленных на корпусе вращателя.

Верхний конец шпинделя вращается в подшипниках 12 (см. рис. 4.3), установленных в траверсе.

Компоновка станка СКБ-4 позволяет смонтировать гидравлический механизм подачи бурильных труб на корпусе вращателя. Верхний зажимной патрон, обеспечивающий механическую связь шпинделя с ведущей бурильной трубой, устроен следующим образом.

Пружины 13 (см. рис. 4.3) гидропатрона давят на коническую обойму 14, и она, перемещаясь, выдавливает в окна 15 шпинделя три кулачка 16, которые и зажимают ведущую бурильную трубу, находящуюся в шпинделе.

При раскреплении гидроцилиндра кольцевой поршень17 за счет давления масла в гидросистеме давит на обойму 14 через упорный подшипник 18 и, преодолевая давление пружин 13, освобождает кулачки 16.

Таким образом, при отсутствии давления масла в механизме подачи ведущая бурильная труба постоянно зажата в верхнем гидропатроне. Такой патрон называется постоянно замкнутым, в отличие от нижнего 11 (см. рис. 4.3), который постоянно разомкнут.

Нижний патрон закреплен не на подвижной траверсе, а на корпусе станка. Его назначение – обеспечивать вращение колонны бурильных труб во время перемещения траверсы со шпинделем из крайнего нижнего положения в крайнее верхнее. Эта процедура называется обратным перехватом.

4.2.1.2. Лебедка

Назначение лебедки – обеспечить наматывание и сматывание каната талевой системы буровой установки при проведении спуско-подъемных операций с бурильными обсадными трубами.

Она должна соответствовать ряду требований:

- обеспечить необходимый крутящий момент, достаточный для подъема колонны бурильных и обсадных труб из скважины;
- обеспечить достаточное число оборотов барабана, чтобы скорость подъема или спуска была оптимальна;
- иметь возможность реверса, т. е. возможность изменения направления вращения барабана, при переходе от спуска к подъему и обратно;
- иметь удобное управление.

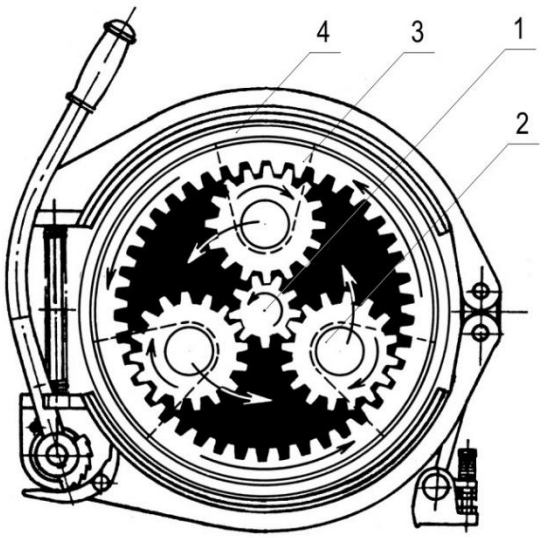


Рис. 4.4. Схема планетарного механизма лебедки:
1 – солнечная шестерня; 2 – сателлит; 3 – зубчатый венец; 4 – шкив водила (шкив тормоза подъема)

Этим условиям удовлетворяет лебедка станка СКБ-4, имеющая отдельный редуктор, обладающий достаточной компактностью и большим передаточным числом. Это редуктор планетарного типа.

Схема работы редуктора лебедки приведена на рис. 4.4, а устройство – на рис. 4.5.

Крутящий момент от трансмиссии станка передается через вал лебедки «солнечной» шестерне 1. Та, в свою очередь, передает его трем шестерням, называемым сателлитами 2, а сателлиты – зубчатому венцу 3. Вокруг зубчатого венца установлен тормозной шкив 4 (рис. 4.5), связанный с барабаном 5. Барабан вращается на валу 6 в двух подшипниках 7.

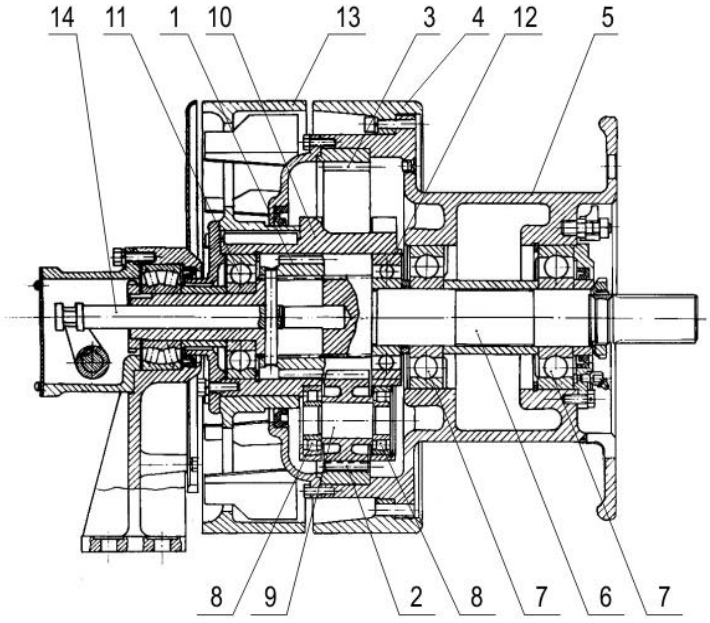


Рис. 4.5. Лебедка:
1 – солнечная шестерня; 2 – сателлит; 3 – зубчатый венец; 4 – шкив тормоза спуска; 5 – барабан; 6 – вал барабана; 7 – подшипник барабана; 8 – подшипник сателлита; 9 - ось сателлита; 10 – водило; 11, 12 – подшипники водила; 13 – шкив тормоза подъема; 14 – шток включения лебедки

Сателлиты вращаются в подшипниках 8 на осях 9. Оси установлены в детали, называемой водило 10. Водило, в свою очередь, вращается вокруг оси барабана на двух подшипниках 11 и 12. Оно соединено с тормозным шкивом 13, называемым шкивом тормоза подъема..

При торможении шкива водила колодочным тормозом оси сателлитов становятся неподвижными и крутящий момент

от солнечного колеса передается 29 атому венцу и связанному с ним, барабану лебедки.

Барабан, вращаясь, наматывает канат. В момент, когда необходимо прекратить подъем, тормозной шкив водила растормаживают, разжимая колодки, и барабан, за счет веса колонны бурильных труб, канатом начинает разматываться. Для того чтобы этот процесс проходил под контролем, тормозят шкив 4 тормоза спуска.

Таким образом, управление лебедкой происходит при помощи двух колодочных тормозов (рис. 4.6) – тормоза спуска и тормоза подъема.

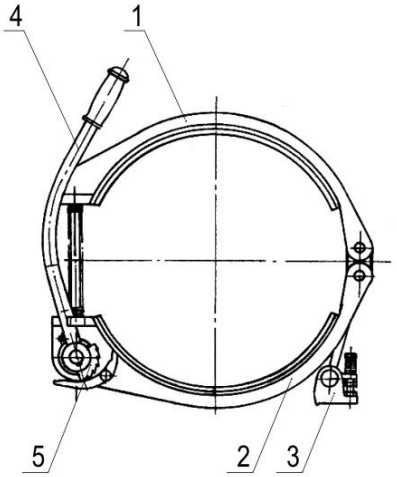


Рис. 4.6. Тормоз лебедки:
1, 2 – тормозные колодки; 3 – опора тормоза; 4 – рукоятка управления; 5 – храповой механизм фиксации тормоза

Они имеют по две колодки 1 и 2, охватывающие тормозные шкивы лебедки. Колодки закреплены на станке при помощи опоры 3, сжимаются и разжимаются рукояткой 4, тормозя шкивы (поз. 2 и 3 на рис. 2.1). Для отключения лебедки от трансмиссии станка, во время бурения, солнечная шестерня может перемещаться по валу 6 (рис. 4.5) в осевом направлении при помощи штока 14. При этом она выходит из зацепления с сателлитами и планетарный редуктор оказывается отключенным от вала 6, связанного с трансмиссией станка. Перемещение штока 14 производится рукояткой, находящейся слева от тормозных шкивов лебедки (поз. 1 рис. 2.1.).

4.2.2. Трансмиссия станка

Предназначена для передачи крутящего момента и частоты вращения от вала двигателя к исполнительным механизмам. В ее состав входят три узла: ***муфта сцепления, коробка перемены передач и раздаточная коробка.***

4.2.2.1. Муфта сцепления

Она предназначена для соединения вала электродвигателя и первичного вала коробки передач, а также для кратковременного их разъединения, с целью переключения зацепления шестерен в коробке передач. В буровом станке СКБ-4 используется муфта сцепления, заимствованная от автомобиля ЗИЛ 130.

Принципиальное устройство муфты сцепления приведено на рис. 4.7.

На валу электродвигателя 1 установлен ведущий диск 2, имеющий кольцевую поверхность, к которой прижимается ведомый диск 3. Прижимается он за счет усилия пружин 4, которые находятся в корпусе нажимного диска 5, закрепленном на ведущем диске. Пружины давят на нажимной диск 6 и зажимают ведомый диск между ведущим и нажимным. Крутящий момент от ведущего диска ведомому передается через фрикционные кольцевые накладки 7, которые с двух сторон приклепываются к ведомому диску.

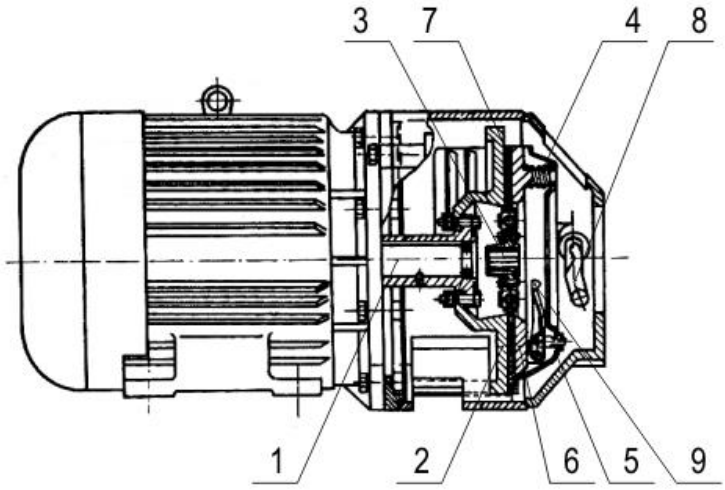


Рис. 4.7. Сцепление станка СКБ-4:
1 – вал электродвигателя; 2 – ведущий диск; 3 - ведомый диск; 4 – пружины нажимные; 5 – корпус нажимного диска; 6 – нажимной диск; 7 – фрикционные накладки; 8 - вилка; 9 – лепестки нажимного диска

В центральной части ведомого диска находится шлицевая ступица, в которую вставляется первичный вал коробки передач (поз. 1. рис. 4.8). На нем находится выжимной подшипник 2, который может перемещаться по валу в осевом направлении вилкой 8 (см. рис. 4.7). Вилка связана с рычагом 6 (см. рис. 2.1), находящимся снаружи корпуса муфты сцепления. С его помощью происходит включение и выключение муфты.

Выжимной подшипник при помощи рычага включения сцепления 6 (см. рис. 2.1) и вилки 8 (см. рис. 4.7) передает давление на лепестки нажимного диска 9. Они сжимают пружины 4 и, таким образом, раздвигают сжатые ведомый и нажимной диски, освобождая зажатый между ними ведомый 3 диск. Валы электродвигателя и коробки передач оказываются разъединенными.

Для включения муфты необходимо переместить рычаг включения обратно, и пружины снова зажмут ведом[32]иск между ведущим и нажимным. Рукоятка управления муфтой сцепления фиксир[32]я снаружи корпуса сцепления в двух положениях: «включено» и «выключено».

4.2.2.2. Коробка перемены передач

Она предназначена для ступенчатого изменения величины крутящего момента и чисел оборотов, передаваемых от электродвигателя к раздаточной коробке. Кинематическая схема коробки передач приведена на рис. 3.2.

Коробка передач заимствована от автомобиля ЗИЛ 130 и имеет пять прямых и одну обратную передачу. Она представляет собой редуктор (см. рис. 4.8), в котором изменение чисел оборотов и крутящего момента происходит за счет перемещения двух зубчатых муфт с синхронизаторами 3 и 4. Они могут входить в зацепление с шестернями 5, 6, 7, 8,

имеющими различное количество зубьев и диаметр. При этом изменяется суммарное передаточное число шестерен, находящихся в зацеплении. Перемещают зубчатые муфты по валам коробки стальные вилки 9, 10, 11, которые в свою очередь перемещаются рычагом переключения передач 12 (см. рис. 2.1, поз 7).

4.2.2.3. Раздаточная коробка

Раздаточная коробка предназначена для удваивания количества передач, передаваемых от коробки передач, а также для передачи крутящего момента на лебедку и вращатель. Она (см. рис. 4.8) представляет собой вертикальный редуктор, нижняя часть которого соединена с коробкой передач, а верхняя с вращателем и лебедкой.

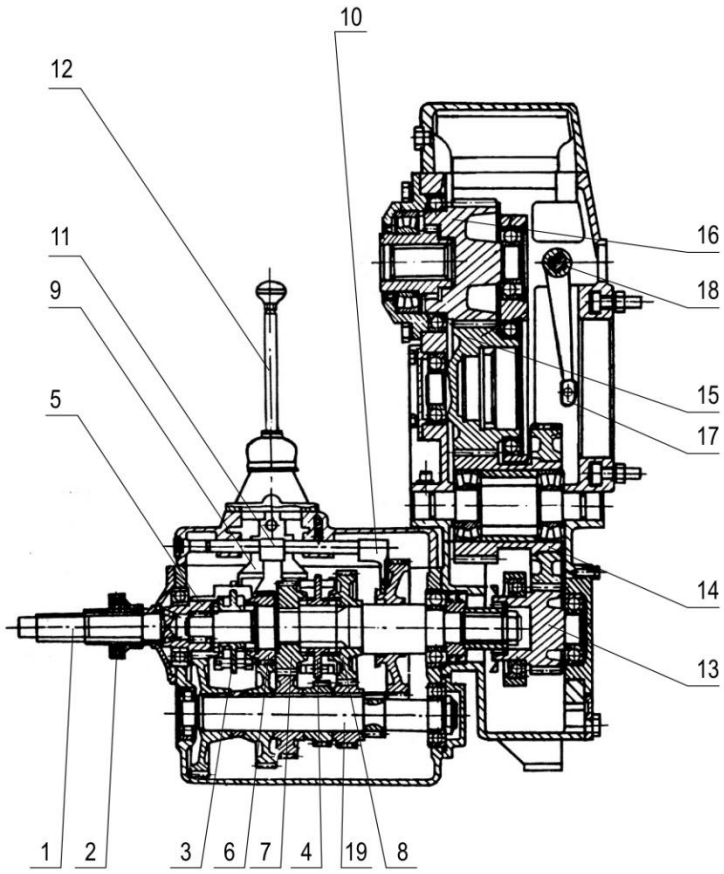


Рис. 4.8. Трансмиссия станка СКБ-4:

1 – первичный вал коробки передач; 2 – выжимной подшипник; 3, 4 – синхронизаторные муфты; 5, 6, 7, 8 – шестерни первичного вала; 9, 10, 11 – вилки переключения передач; 12 – рычаг переключения передач; 13 – шестерня раздаточной коробки; 14 – блок шестерен; 15 – шестерня привода вращателя; 16 – шестерня привода лебедки; 17 – вилка включения вращателя; 18 – ось вилки; 19 – вторичный вал коробки передач с шестернями

Крутящий момент от коробки передач при помощи шестерни 13 и блока шестерен 14 передается шестерням 15 и 16. Шестерня 16 имеет центральное шлицевое отверстие, в которое устанавливается шлицевой вал лебедки (поз. 6 рис. 4.5). Таким образом, он постоянно вращается при работе станка.

Шестерня 15 имеет ступенчатое осевое отверстие. При этом одна из ступеней выполнена в виде зубчатого венца. В этом отверстии размещается подвижная шестерня вращателя (см. поз. 19 на рис. 4.3.). Она имеет возможность двигаться по шлицам вала-шестерни в осевом направлении. Перемещение шестерни 19 обеспечивается вилкой (см. поз. 17 на рис. 4.8), сухари которой входят в кольцевую проточку, сделанную на наружной

поверхности шестерни. Вилка же перемещается относительно оси 18 рукояткой управления раздаточной коробкой (см. поз. 8 на рис. 2.1).

Таким образом, перемещая вилкой шестерню 19 (см. рис. 4.3), ее можно ввести в зацепление: с шестерней 15 (см. рис. 4.8), одной из шестерен блока 14 или вывести из зацепления вообще (нейтральное положение). В первом случае можно получить один ряд чисел оборотов на шпинделе, во втором случае – второй, а в третьем – отключить вращатель от трансмиссии.

4.3. Системы станка

Для выполнения ряда технологических операций в процессе бурения и с целью механизации производственных процессов станки могут оснащаться различными системами, выполняющими эти операции и процессы.

В буровом станке СКБ-4 такой системой является гидравлическая система.

4.3.1. Гидравлическая система

Гидросистема станка обеспечивает работу механизма подачи бурового инструмента в скважину при бурении. Кроме того, с ее помощью станок перемещается от скважины к скважине для освобождения устья при производстве спуско-подъемных операций.

При работе механизма подачи гидросистема обеспечивает выполнение следующих операций:

- закрепление и раскрепление ведущей бурильной трубы в верхнем и нижнем гидропатронах;
- перемещение траверсы со шпинделем в осевом направлении и остановку ее в любом положении;
- осевую нагрузку на траверсу с контролем давления;
- автоматическое и полуавтоматическое перекрепление бурового снаряда гидропатронами с перемещением ведущей бурильной трубы (обратный перехват);
- аварийный подъем бурового снаряда на длину штоков цилиндров при остановке приводного двигателя станка.

Принцип работы гидросистемы станка заключается в следующем:

Масло по трубопроводам, под давлением, подается в гидроцилиндры и заставляет перемещаться поршни, находящиеся в них. Поршни перемещают штоки, связанные с ними, а те, в свою очередь, детали механизмов.

Гидросистема станка СКБ 4 (рис. 4.9) состоит из следующих основных элементов:

- маслобак;
- трубопроводы;
- маслонасос с приводом от электродвигателя;
- ручной маслонасос;
- распределитель;
- прибор управления с дросселем;
- предохранительные клапаны;
- золотники;
- цилиндры;
- поршни;
- штоки.

Гидросистема станка управляет исполнительными механизмами при помощи ***двух систем управления***:

- ***четырехпозиционный распределитель*** (см. поз. 9 рис. 2.1 и поз. 1 на рис. 4.9) направляет масло к гидропатронам 2 и 3, закрепляя и раскрепляя их, а также в гидроцилиндры 4 механизма подачи при быстром подъеме (перехвате);

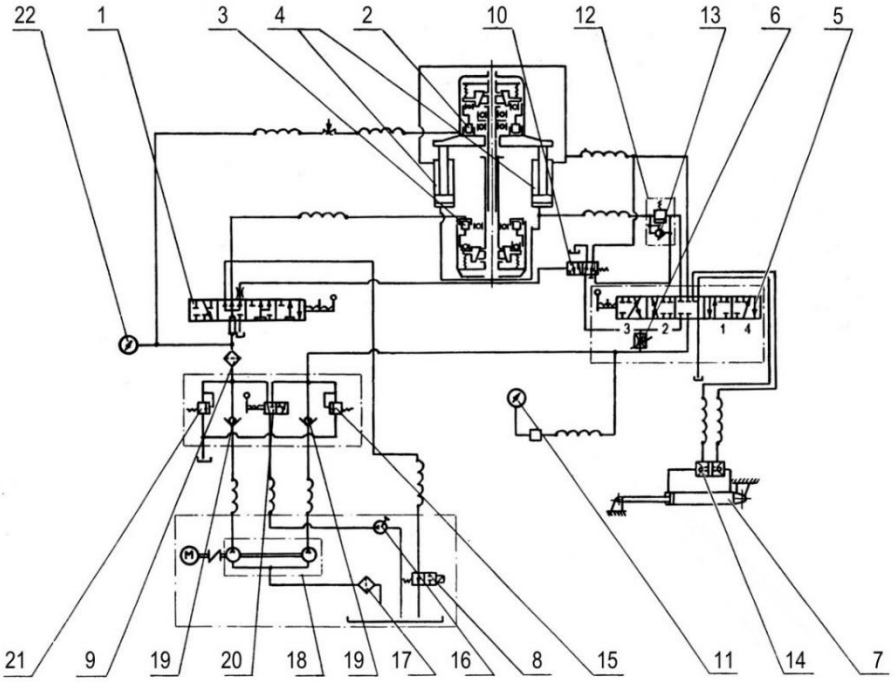


Рис. 4.9. Гидросистема станка СКБ-4:

1 – четырехпозиционный распределитель; 2 – верхний гидропатрон; 3 – нижний гидропатрон; 4 – цилиндры подачи; 5 – пятипозиционный прибор управления; 6 – дроссель; 7 – цилиндр перемещения станка; 8 – электрозолотник; 9 – фильтр пластинчатый; 10 – золотник быстрого подъема; 11 – указатель давления; 12 – регулятор подачи бурового снаряда; 13 – обратный клапан регулятора подачи; 14 – гидрозамок; 15 – клапан предохранительный; 16 – насос ручной; 17 – фильтр; 18 – насос пластинчатый; 19 – клапан обратный; 20 – переключатель работы ручного насоса; 21 – клапан предохранительный; 22 - манометр

- ***пятипозиционный прибор управления*** (см. поз.10, рис 2.1 и поз. 5, на рис. 4.9) с дросселем 6 направляет масло в гидроцилиндры механизма подачи для создания осевой нагрузки, а также в гидроцилиндр перемещения станка от скважины к скважине. Дроссель – устройство, регулирующее величину потока и давление масла в трубопроводе, а следовательно, давление в гидроцилиндрах.

Основные операции, осуществляющиеся при помощи гидросистемы, производятся следующим образом.

Закрепление верхнего гидропатрона 2 (см. рис. 4.9) производится при установке распределителя 1 в положение «закрепить» (положение распределителя, как на рис. 4.9) Поток масла через электрозолотник 8 направляется на слив в маслобак. Давление в гидравлических полостях зажимных патронов 2 и 3 отсутствует. В верхнем гидропатроне ведущая бурильная труба зажимается по действием усилия винтовых пружин. В это время нижний гидропатрон под действием таких пружин находится в раскрепленном состоянии.

Раскрепление верхнего гидропатрона 2 (см. рис. 4.9) производится при установке распределителя 1 в положение «раскрепить» (крайнее правое положение распределителя на рис. 4.9). Масло поступает в верхний гидропатрон 2 и давит на кольцевой поршень. Он поднимается вверх и позволяет раздвинуться кулачкам. Ведущая бурильная труба раскрепляется. Нижний гидропатрон в это время также остается раскрепленным.

Перехват ведущей трубы происходит при установке распределителя в позицию «перехват» (см. на рис. 4.8 поз. 3 слева). Масло под давлением, через фильтр 18, поступает в верхний патрон и через распределитель – в нижний. Патроны перекрепляются. По мере

повышения давления в системе срабатывает золотник быстрого подъема 10, обеспечивая поступление масла в нижние полости гидроцилиндров 4. Траверса вращателя быстро перемещается вверх, двигаясь относительно вращающейся на месте ведущей бурильной трубы.

Перекрепление патронов может быть выполнено и без совершения быстрого подъема траверсы. При установке распределителя в позицию «обратный перехват» (распределитель на рис 4.9 в верхнем крайнем левом положении) патроны также перекрепляются, только масло не поступает к золотнику быстрого подъема, и быстрый подъем траверсы не происходит.

Подача шпинделя вниз является рабочей подачей при бурении скважин, особенно тогда, когда веса бурового снаряда недостаточно для обеспечения необходимой осевой нагрузки. Прибор управления 5 (см. рис. 4.9) устанавливается в положение «вниз» (положение 1 на рис. 4.9). Масло под давлением подается в верхние полости цилиндров подачи 4. Величина давления регулируется маховиком дросселя 6 и контролируется стрелочным указателем давления 11 (см. на рис. 2.1. поз 13).

При движении штоков масло поршнями вытесняется из полостей цилиндров через регулятор подачи 12, в маслобак через прибор управления 5 и золотник быстрого подъема 10.

Регулятор подачи представляет собой дроссель, который регулирует диаметр сливного отверстия в трубопроводе так, чтобы давление в нижних полостях цилиндров было больше веса бурового снаряда на величину необходимой осевой нагрузки.

Подача шпинделя вверх производится установкой прибора управления 5 в позицию «вверх» (см. поз. 2 на рис. 4.9). Масло подается в нижние полости цилиндров 4 через обратный клапан 13 регулятора подачи 12. Давление регулируется дросселем 6 и контролируется прибором 11.

Остановка шпинделя производится установкой прибора управления в позицию «Стоп» (положение прибора управления, как на рис. 4.9). В этом случае нижние и верхние полости гидроцилиндров запираются.

Перемещение станка в скважине или от скважины осуществляется при постановке прибора управления 5 в позицию «от скважины» или «к скважине» (см. поз. 3 или 4 на рис. 4.9) и повышая давление масла в системе дросселем 6. При этом масло нагнетается в поршневую или штоковую полости цилиндра перемещения станка (см. поз. 7 на рис. 4.9).

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные детали и расскажите устройство вращателя станка СКБ-4. Как конструкция вращателя связана с механизмом подачи? В какой последовательности работают зажимные патроны станка?
2. Назовите назначение лебедки станка СКБ-4 и перечислите требования, которым она должна удовлетворять.
3. Расскажите принцип работы редуктора лебедки и способы управления им.
4. Назовите назначение трансмиссии станка СКБ-4 и устройство муфты сцепления.
5. Расскажите назначение и устройство коробки передач и раздаточной коробки станка СКБ-4.
6. Перечислите операции, выполняемые гидравлической системой СКБ-4. Каков принцип ее работы?
7. Расскажите работу гидросистемы станка при закреплении, раскреплении, перехвате, быстром подъеме и перекреплении гидропатронов.
8. Расскажите работу гидросистемы станка при необходимости подачи бурового снаряда на забой, подачи шпинделя от забоя и остановке шпинделя.
9. Каким образом работает гидросистема при перемещении станка от скважины к скважине?

Литература

1. Марамзин, А. В. Технические средства для алмазного бурения / А. В. Марамзин, Г. А. Блинов, А. А. Галиопа. – Л.: Недра, 1982. – 335 с.
2. Блинов, Г. А. Справочное руководство мастера геологоразведочного бурения / Г. А. Блинов, В. И. Васильев, Ю. Б. Бакланов и др. – Л.: Недра, 1983. – 400 с.
3. Сергиенко, И. А. Основы проектирования установок разведочного бурения / И. А. Сергиенко. – М.: Полиграфист, 1975. – 109 с.
4. Станок буровой СКБ-4. Паспорт и инструкция по эксплуатации.
5. Воздвиженский, Б. И. Колонковое бурение / Б. И. Воздвиженский, С. А. Волков, А. С. Волков. – М.: Недра, 1982. – 359 с.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

С. Г. Эйнгорн, Н. Н. Дерябин

Буровые машины и механизмы

Методические указания
по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Буровые машины и механизмы»
для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки
Специализация Технология и техника разведки МПИ
очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

Оглавление

Введение……..3
1. Методика расчета колонны бурильных труб……..3
1.1. Расчет напряжений в верхней части колонны…….....3
1.2. Расчет затрат мощности на бурение…….…….4
2. Расчет напряжений в нижней части
колонны бурильных труб……..…….8
3. Расчет бурильной колонны на выносливость……..…….9
Приложения……11

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект по дисциплине «Буровые машины и механизмы» имеет своей целью закрепление теоретических знаний, полученных ими при изучений курса, а также привитие им навыков проектирования.

В методических указаниях представлен полный перечень вопросов которые должны быть рассмотрены в курсовом проекте, даны общие указания по структуре проекта и методике решения вопросов, связанных с выбором бурового инструмента (бурильных труб) и его прочностным расчетом.

Колонна бурильных труб выбирается исходя из заданной конструкции скважины в соответствии с маркой станка, способом бурения.

При бурении колонна бурильных труб подвергается воздействию разнообразных нагрузок, поэтому в трубах и их соединениях одновременно возникают напряжения сжатия $\sigma_{сж}$, растяжения $\sigma_р$, кручения τ, изгиба $\sigma_{из}$. Характер сочетания этих нагрузок определяется сечением, для которого производится расчет.

1. Методика расчета колонны бурильных труб

Прочностной расчет производится для верхней и нижней части колонны бурильных труб, а также для «нулевого сечения».

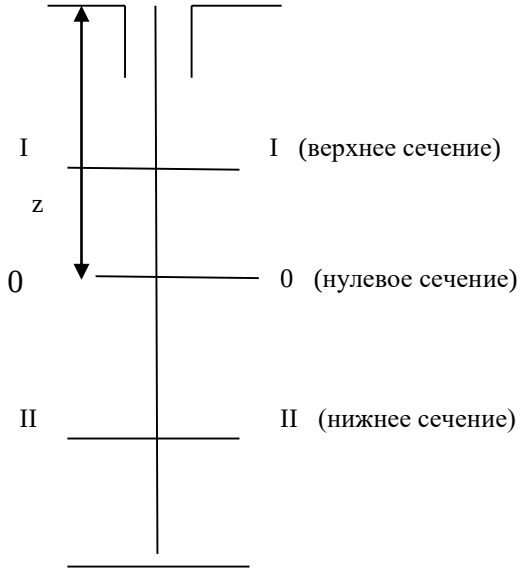


Рис. 1. Характерные сечения колонны бурильных труб. I-I – верхнее сечение; II-II – нижнее сечение; 0-0 – «нулевое сечение»; z – координата рассматриваемого сечения бурильной колонны растянутый участок колонны от нулевого сечения до устья скважины – знак «+», сжатый участок от нулевого сечения до забоя – знак «-».

1.1.Расчет напряжений в верхней части колонны

Здесь необходимо произвести расчет возникающих в колонне растягивающих напряжений – $\sigma_р$, и касательных напряжений – τ, поскольку и при бурении с «разгрузкой» и подъеме колонны с вращением механизм подачи станка удерживает колонну в подвешенном состоянии или поднимает ее.

Напряжение растяжения в верхнем сечении:

$$\sigma_р = Q_{кр}/F \ ; \qquad (1.1)$$

где $Q_{кр}$ – нагрузка на крюке, Н; F – площадь опасного сечения, м^2.

$$Q_{кр} = Q \cdot K \; ; \qquad (1.2)$$

где Q – вес снаряда, Н; K – коэффициент прихвата снаряда в скважине.

Вес снаряда, находящегося в скважине, заполненной промывочной жидкостью:

$$Q = \alpha \cdot q \cdot L \, (\sin \theta + f \cos \theta) \, (1 - \gamma_ж/\gamma_т) \; ; \qquad (1.3)$$

где α – коэффициент, учитывающий массу соединительных элементов, 1,3 – для муфто-замковых, 1,0 – для ниппельных; q – вес 1 м. бурильных труб, Н/м; L – суммарная длина труб, м; θ – угол наклона скважины к горизонту, град; f – коэффициент трения материала труб о горную породу; $\gamma_ж$ – удельный вес промывочной жидкости, Н/м^3; $\gamma_т$ – удельный вес материала труб ($5*10^4$ – ЛБТ, $7*10^4$ - СБТ), Н/м^3.

Напряжение кручения рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau = M_б/W_р \; ; \qquad (1.4)$$

где $M_б$ – крутящий момент, возникающий при бурении, Н/м; $W_р$ – полярный момент сопротивления опасного сечения, м^3.

Крутящий момент при бурении:

$$M_б = N_б/\omega, \qquad (1.5)$$

где $N_б$ – мощность, затрачиваемая на вращение колонны бурильных труб $N_{тр}$, кВт; ω – угловая скорость вращения снаряда, с$^{-1}$.

Величина $W_р$ определяется:

$$W_р = (d_н^4 - d_в^4)/d_н, \qquad (1.6)$$

где $d_Н$ – наружный диаметр бурильных труб с учетом износа, м; $d_В$ – внутренний диаметр бурильных труб с учетом износа, м.

Величина ω определяется:

$$\omega = (\pi \cdot n)/30, \qquad (1.7)$$

где n – число оборотов бурового снаряда при бурении, об/мин.

1.2.Расчет затрат мощности на бурение

Мощность, отбираемая от двигателя бурового станка, определяется следующим уравнением:

$$N_б = N_{СТ} + N_{ТР} + N_З, \;\; кВт \;\; , \qquad (1.8)$$

где $N_б$ - мощность отбираемая от двигателя бурового станка, кВт;

$N_{ст}$ - потери мощности на холостое вращение валов, шестерен, подшипников и других деталей трансмиссии станка, кВт;

$N_{тр}$- затраты мощности на вращение бурильных труб в скважине, кВт;

$N_З$ - затраты мощности, необходимые для разрушения забоя, кВт.

1.2.1. Расчет затрат мощности, расходуемой в трансмиссии станка

Величина $N_{ст.}$ в формуле 1.8 рассчитывается так:

$$N_{ст} = A + B\,n, \quad \text{кВт} \ , \tag{1.9}$$

где A - коэффициент учитывающий затраты мощности в узлах станка, работающих с постоянной частотой вращения: масляный насос, клиноременная передача, фрикцион и т.п.
B - коэффициент, учитывающий потери мощности на вращение деталей станка работающих с различной частотой вращения: редуктор вращателя,
подшипники, валы коробки передач и т. д.
n - частота вращения шпинделя бурового станка, об/мин.

Значения чисел оборотов буровых станков приведены в таблице 1.1. Величины коэффициентов A, B приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.1

Технологические характеристики буровых станков

Тип бурового станка	Частоты вращения на различных передачах, об/мин.
СКБ 50/100	115, 305, 325, 590, 645, 1000, 1170, 2000
СКБ 200/300 (СКБ-3)	110, 160, 200, 290, 355, 515, 555, 805, 815, 1180
СКБ 300/500 (СКБ-4)	155, 279, 394, 493, 637, 710, 1100, 1600
СКБ 500/800 (СКБ-5)	120, 257, 340, 407, 539, 715, 1130, 1500
ЗИФ 650М	87, 118, 254, 340, 576, 800
ЗИФ 1200МР	75, 136, 231, 288, 336, 414, 516, 600

Таблица 1.2

Значения коэффициентов A, B для буровых станков

Тип станка	Мощность привода, кВт	Значения коэффициентов	
		A	B
УКБ 50/100	11,7	0,4	$1{,}7*10^{-3}$
УКБ 200/300	13,0	0,7	1,8*10-3
УКБ 4	22,0	2,2	1,9*10-3
УКБ 5	30,0	5,1	2,1*10-3
ЗИФ 650	30,0	5,1	2,1*10-3
ЗИФ 1200	55,0	10,4	6,4*10-3

1.2.2. *Расчет затрат мощности на вращение колонны*

Затраты мощности, необходимые на вращение колонны бурильных труб в скважине, рассчитываются по эмпирической формуле, разработанной на основании экспериментальных исследований, выполненных в СКБ НПО «Геотехника».

$$N_{тр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \,[0{,}92 \cdot 10^{-8}\,(0{,}9+0{,}01\delta)\,D\,\frac{g}{(EI)^{0.16}} \cdot n^{1{,}85}$$
$$L^{0{,}75}\,(1+0{,}44 \cdot \cos\Theta) + 1 \cdot 10^{-5}\,\delta\,n\,P] \ , \tag{1.10}$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий применение антивибрационной смазки бурильных труб или эмульсионных растворов;
K_2 - коэффициент, учитывающий возможное увеличение диаметра скважины в процессе бурения;
K_3 - коэффициент, учитывающий тип колонны бурильных труб для СБТМ K_3=1,3, для СБТН – 1,0;
K_4 - коэффициент, учитывающий кривизну бурильных труб;
δ - расстояние между бурильной трубой и стенкой скважины, мм;

D - диаметр скважины, мм. Принимается равным диаметру коронки + 2мм;

L - длина скважины, м;

n - частота вращения коронки при бурении, об/мин;

EI - жесткость бурильных труб, Н/м^2
где E – модуль Юнга, Н/м^2, I – осевой момент инерции поперечного сечения бурильной трубы, м^4;

g - масса одного метра бурильных труб, кг;

Θ - угол наклона оси скважины к горизонту, градус;

P - осевая нагрузка, кН.

Коэффициент K_1 при использовании антивибра-ционной смазки или эмульсии – 0,65. При использовании обычных глинистых растворов K_1 = 1,1, при использовании глинистых растворов с повышенным удельным весом и вязкостью K_1 = 1,3.

Величина коэффициента K_2 меняется в зависимости от целостности и состояния пород, в которых бурится скважина. Если состояние породы позволяет увеличить диаметр скважины в процессе бурения (вследствие разбуривания, осыпания стенок и т. д.), коэффициент K_2 = 1,0 - 1,4. Если бурение ведется в монолитных породах или в скважине, обсаженной стальными трубами, K_2 = 0,8 - 0,5.

В осложненных условиях (при резком искривлении ствола скважины, при наличии каверн, больших пустот и т. п.) K_2 меняется в диапазоне 1,5 - 2,0.

K_4 – определяется состоянием и качеством изготовления бурильных труб и их соединений.

При использовании импортных бурильных труб и труб повышенной точности, предназначенных для алмазного бурения (например СБТН-54), K_4 =1.

При использовании бурильных труб, изготовленных в заводских условиях и не имеющих большого износа, K_4 =1,3.

Бурильные трубы, эксплуатирующиеся продолжительное время, имеют большой износ и кривизну. При их использовании коэффициент K_4 =1,6.

Величина расстояния между бурильной трубой и стенкой скважины (δ) влияет на величину центробежной силы, прижимающую трубу к стенке скважины при вращении. Чем больше δ, тем больше центробежная сила и трение трубы о породу.

Величина δ определяется как разница между диаметром бурения и диаметром бурильной трубы. При этом диаметр скважины принимается больше, чем диаметр коронки на 1-2 мм.

Жесткость EI – характеризует величину сопротивления колонны бурильных труб изгибу осевой нагрузкой и центробежной силе, прижимающими колонну к стенке скважины. Чем больше этот параметр, тем меньше силы трения, следовательно меньше мощность, затрачиваемая на вращение колонны.

Величины модуля упругости (модуль Юнга) (E) и осевого момента инерции сечения труб (I) приведены в таблице 1.3.

Масса бурильных труб (g) определяет затраты мощности на их вращение, поскольку при ее увеличении увеличивается сила прижатия труб к стенке скважины. Величина g приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Механические характеристики бурильных труб

Тип бурильной трубы	Вес (g) 1м. трубы в воде, Н	Модуль упругости трубы (E), Н/м^2	Осевой момент инерции поперечного сечения трубы, I, м^4
СБТН 42	40,9	$2{,}1*10^{11}$	$19{,}22*10^{-8}$
СБТН 54	55,6	$2{,}1*10^{11}$	$42{,}51*10^{-8}$
СБТН 68,5	74,0	$2{,}1*10^{11}$	$94{,}67*10^{-8}$
СБТМ 42	46,2	$2{,}1*10^{11}$	$19{,}22*10^{-8}$
СБТМ 50	61,3	$2{,}1*10^{11}$	$39{,}36*10^{-8}$
СБТМ 63,5	75,7	$2{,}1*10^{11}$	$92{,}67*10^{-8}$
ЛБТМ 54	28,0	$0{,}7*10^{11}$	$68{,}87*10^{-8}$
ЛБТН 54	23,3	$0{,}7*10^{11}$	$68{,}87*10^{-8}$

1.3.3. Расчет затрат мощности на разрушение забоя

При бурении алмазными и твердосплавными коронками затраты мощности на разрушение породы определяются по формуле, кВт

$$N_З = 2{,}67 \cdot 10^{-5}(\mu_0 + A\Delta V)(D_н + D_в)P \cdot n \quad , \tag{1.11}$$

где $N_З$ - мощность, затрачиваемая на разрушение породы при бурении, кВт;
μ_0 - коэффициент трения между коронкой и забоем;
A - коэффициент, учитывающий прочностные свойства пород и характер их разрушений;
ΔV - величина углубки колонки за один оборот, мм/об.;
$D_н$, $D_в$ - наружный и внутренний диаметр коронки, мм.;
P - осевая нагрузка, кН;
n - частота вращения коронки при бурении, об/мин.

Значения коэффициентов μ_0 и A приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Значения параметров μ_0 и A для буровых коронок

Тип коронки	μ_0	A
Алмазная однослойная	0,04	2,9
Алмазная импрегнированная	0,08	5,5
Твердосплавные коронки СМ4, СМ5, СМ6	0,10	2,0
Твердосплавные коронки СН4, СН5, СН6	0,12	2,9

Величину подачи коронки за один оборот ΔV, можно определить по формуле

$$\Delta V = 16{,}7\frac{V}{n} \text{ мм/об} , \tag{1.12}$$

где ΔV - подача коронки за один оборот, мм/об.;
V - механическая скорость бурения, м/час;
n - частота вращения коронки при бурении, об/мин.

Ориентировочные величины механической скорости в зависимости от категории пород, способа бурения и типа коронки приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Значения величин механической скорости бурения

Способ бурения	Категория по буримости	Механическая скорость бурения, м/час.
Твердосплавные коронки СМ4-СМ6	V-VI	1,87
Твердосплавные коронки СМ4-СМ6	VII-VIII	0,94
Алмазные однослойные	VII-IX	0,76
Алмазные импрегнированные	IX-X	0,32
Алмазные импрегнированные	XII	6,05

Диаметры буровых коронок приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Диаметры буровых коронок

Тип буровой коронки	Наружный диаметр, м	Внутренний диаметр, м
Твердосплавные коронки	0,059	0,044
	0,076	0,059
	0,093	0,075
	0,0112	0,094
	0,0132	0,0114
Алмазные коронки	0,059	0,042
	0,076	0,058
	0,093	0,073
	0,0112	0,092

Суммарное напряжение от растяжения и кручения в верхней части колонны рассчитывается по третьей теории прочности:

$$\sigma = \sqrt{\delta_p^2 + 4 \cdot \tau^2} \ , \qquad (1.13)$$

при этом должно выполняться условие:

$$\sigma_\Sigma \le [\ \sigma_{доп}\ ] \ . \qquad (1.14)$$

где $[\ \sigma_{доп}\ ]$ – допустимое напряжение для материала из которого изготовлены бурильные трубы, Н/м^2.

2. Расчет напряжений в нижней части колонны бурильных труб

Сжатая часть колонны передает осевую нагрузку породоразрушающему инструменту, испытывая напряжения сжатия $\sigma_{сж}$, при этом вращающаяся бурильная колонна под действием продольных и поперечных сил приобретает изогнутую форму, в результате чего в ней возникают напряжения изгиба $\sigma_{изг}$ и кручения τ.

Напряжения сжатия рассчитываются по формуле:

$$\sigma_{сж} = P_{ос}/F \qquad (2.1)$$

где $P_{ос}$ – осевая нагрузка на забой, Н; F – минимальная площадь сечения бурильной трубы, соединений или их резьбовых частей, м^2.

Напряжение изгиба рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{изг} = (\pi^2 \cdot E \cdot d_н \cdot f) / (2 \cdot l^2); \quad (2.2)$$

где E – модуль упругости, Н/м^2 (табл. 1); $d_н$ – наружный диаметр труб, м; f –стрела прогиба бурильных труб, м; l – длина полуволны, м.

Стрела прогиба бурильных труб определяется:

$$f = (D - d_н) / 2; \quad (2.3)$$

Длина полуволны рассчитывается:

$$l = (10 / \omega) \sqrt{[\pm 0{,}5 \cdot Z + \sqrt{0{,}25 \cdot Z^2 + (E \cdot J \cdot \omega^2)}] / g \cdot q}; \quad (2.4)$$

где Z – длина растянутого участка от нулевого сечения в растянутой части принимается $+Z$ (от устья скважины до нулевого сечения), а в сжатой части – $(-Z)$, (от забоя до нулевого сечения); q – вес 1 м бурильных труб, H; g – 9,8 м / с; $N_З$ – мощность на разрушение забоя, кВт.

$$Z = L - l_{сж}; \quad (2.5)$$

где $l_{сж}$ – длина сжатой части бурильной колонны, м.

$$l_{сж} = P_{ос} / [\alpha \cdot q \cdot (1 - \gamma_ж / \gamma_т)]; \quad (2.6)$$

Напряжение кручения τ определяется по формуле (1.4), где $N = 1.5\ N_З$; $N_З$ – мощность на разрушение забоя.

Суммарное напряжение от сжатия, изгиба и кручения рассчитывается по следующей зависимости:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{(\sigma_{сж} + \sigma_{изг})^2 + 4 \cdot \tau^2}; \quad (2.7)$$

Выбранная бурильная колонна проверяется на запас статической прочности как для верхнего, так и для нижнего сечений колонны.

$$n = \sigma_т / \sigma_\Sigma \geq 1{,}7. \quad (2.8)$$

где $\sigma_т$ – предел текучести материала труб, Н/м^2.

При проверке на статическую прочность в резьбовой части $n \geq 1{,}5$.

3. Расчет бурильной колонны на выносливость

Расчет производится для «нулевого» сечения, испытывающего знакопеременные напряжения и динамические нагрузки. Рассчитываются напряжения изгиба и кручения:

$$\sigma_{изг} = (\pi^2 \cdot E \cdot D \cdot f) / 2 \cdot l^2, \quad (3.1)$$

где l – длина полуволны, вычисляется при Z=0:

$$l = (10 / \omega) \sqrt[4]{[(E \cdot J \cdot \omega^2) / (g \cdot q)]}; \quad (3,2)$$

$$\tau = M_б / N_р, \quad (3,3)$$

где $M_б$ – крутящий момент, развиваемый двигателем при бурении скважины; $M_б$ определяется так: $M_б = 0,6 + 0,8\ N_{дв.ном} / \omega$.

Затем рассчитывается запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_\tau = \sigma_{-1} / \sigma_{изг} \cdot k_д, \quad (3.4)$$

где σ_{-1} – предел выносливости труб при изгибе; $k_д$ – коэффициент, учитывающий динамический характер нагрузки ($k_д = 1,5$).

Величина σ_{-1} определяется так:

$$\sigma_{-1} = (0,4 \div 0,5)\sigma_в. \quad (3.5)$$

Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \tau_т / \tau, \quad (3.6)$$

где $\tau_т$ – предел текучести при кручении, Па ($\tau_т = 0,5 \cdot \sigma_т$).

Рассчитывается суммарный запас прочности в нулевом сечении:

$$n_\Sigma = n_\sigma \cdot n_\tau / (n_\sigma + n_\tau) \geq 1,3. \quad (3.7)$$

После окончания расчетов делается вывод о правильности выбора колонны бурильных труб.

Рекомендованная литература

Технология и техника разведочного бурения. / *Шамшев Ф. А., Тараканов С. Н., Кудряшов Б. Б. и др./* – М.: «Недра», 1983. 565 с.

Ганджумян Р. А. Практические расчеты в разведочном бурении. – М.: «Недра», 1978, 288 с.

Калинин А. Г., Ошкордин О. В., Питерский В.М. и др. Разведочное бурение. Учеб. для вузов – М.: Недра, 2000, 748 с.

Лачинян Л. А., Угаров С. А. Конструирование, расчет и эксплуатация бурильных геологоразведочных труб и их соединений. – М.: Недра, 1975, 232 с.

Кардыш В. Г., Окмянский А. С., Арифуллин С. А. и др. Методические рекомендации по расчету затрат мощности на бурение скважин малого диаметра. – М.: НПО «Геотехника», 1977, 32 с.

Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин. Том 1, 2 / Е. А. Козловский, В. Г. Кардыш и др. – Л.: Недра, 1984. – т. 1, 512 с.

Воздвиженский Б. И., Волков С. А., Волков А. С. Колонковое бурение. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Недра, 1982, 360 с.

Справочное руководство мастера геологоразведочного бурения. / Г. А. Блинов, В. И. Васильев, Ю. В. Башкатов и др. – Л.: Недра, 1983, 400 с.

Приложение 1

Варианты заданий

Номер варианта	Глубина скважины, м	Диаметр бурения конечный, мм	Угол наклона скважины к горизонту, град	Категория пород по буримости	Характеристика пород
1	120	59	89	IX	слаботрещиноватые
2	1000	46	85	IX	монолитные
3	560	59	85	VIII	сильнотрещиноватые
4	280	76	87	VIII	слаботрещиноватые
5	450	59	89	X	плотные, монолитные
6	510	46	90	X	трещиноватые
7	1800	46	90	XI	плотные, монолитные
8	80	110	90	X	трещиноватые
9	580	59	85	XI	монолитные
10	100	93	85	IX	слаботрещиноватые
11	640	59	90	X	плотные, монолитные
12	250	76	88	IX	слаботрещиноватые
13	470	59	85	VIII	сильнотрещиноватые
14	750	46	89	XI	плотные, монолитные
15	600	59	87	X	плотные, монолитные
16	300	76	85	XI	слаботрещиноватые
17	350	59	90	VI	трещиноватые
18	590	46	85	IX	трещиноватые
19	800	59	90	XI	монолитные
20	840	46	87	XII	монолитные
21	900	59	85	XI	слаботрещиноватые
22	940	46	90	X	монолитные
23	960	59	90	XII	плотные, монолитные
24	1300	46	87	IX	плотные, монолитные
25	1570	46	90	XII	монолитные

Приложение 2

Пример выполнения титульного листа

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО

«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ

РАСЧЕТ
Колонны бурильных труб

Руководитель_____
Студент_____
Группа _____

Екатеринбург 201__г.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

Размер шрифта основного текста: - кегль 14, формат А4, 1,5 интервал.

Нумерация страниц проставляется со второй страницы в нижнем поле по центру.

Заголовки отделяются от основного текста сверху и снизу одним интервалом.

Шрифт заголовков выделяется жирным прописным или большим на 1-2 кегля.

По всему проекту соблюдается соподчиненность шрифтов разделов.

Красная строка – 1,5 см.

Раздел (глава) – часть – подчасть – подраздел.

ВВЕДЕНИЕ не имеет нумерации!!!

Поля страницы:

верх – 2 см, низ – 2,5 + нумерация страницы, левое поле – 3 см., правое – 1,5.

Рисунок имеет название (под рисунком) и нумерацию как и формула.

Цифра раздела

$$p_1 = \lambda_1 \cdot \frac{V_1^2 \cdot \rho}{2 \cdot d_1} \cdot (l + l_э) \cdot 10^{-6}, \quad [\text{МПа}] \qquad (2.14)$$

Порядковый номер в разделе

где: ρ – плотность промывочной жидкости, *кг/м*^{3}, ρ=1040 *кг/м*^{3}; d_1 –внутренний диамет бурильных труб, *м*, d_1= 0,0545м; l – длина колонны бурильных труб, *м*, $l = L - l_{УБТ}$= 69 4,7= 64,3 *м*; V_1 – скорость нисходящего потока промывочной жидкости, *м/с*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Бродов Г.С.* Бурение и оборудование скважин на воду. – СПб, 2006. 154 с.
2. Технология и техника разведочного бурения. /Под ред. Шамшева Ф.А., Кудряшова Б.Б. и др./ - М.: Недра, 1983, 565 с.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина

СООРУЖЕНИЕ НЕФТЯНЫХ, ГАЗОВЫХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

Методические указания
по выполнению курсового проекта
для студентов специальности
21.0503 Технология и техника разведки МПИ

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

Оглавление

1. Общие положения 3
2. Методические указания по разработке основных разделов
курсового проекта по технологии бурения на нефть и газ …….....3
Введение ……3
2.1. Выбор конструкции скважин и буровой установки . ……...4
2.2. Расчет обсадных труб 5
2.3. Расчет цементирования скважин 5
2.4. Испытание обсадных колонн на герметичность…….....6
2.5. Выбор способа бурения скважины.....6
2.6. Технология бурения 7
2.7. Вскрытие продуктивных пластов и освоение скважины ……...7
3. Методические указания по разработке основных разделов
курсового проекта по технологии бурения скважин на воду……8
Введение……..8
3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза 8
3.2. Выбор и характеристика средств откачки . . …….....9
3.3. Выбор и расчет фильтра…….....9
3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины …….11
3.5. Технология бурения……11
3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента ……...12
3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта……...13
3.8. Техника безопасности и охрана окружающей среды……..13
Список литературы 14

Приложения

Приложение 1. Пример оформления титульного листа курсового
проекта ……...15
Приложение 2. Задание на курсовой проект по технологии бурения
на нефть и газ 16
Приложение 3. Геологические разрезы скважин на нефть и газ……...18
Приложение 4. Пример оформления геолого-технического наряда
по технологии бурения на воду ……...20
Приложение 5. Пример оформления геолого-технического наряда
по технологии бурения на нефть и газ 21

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью курсового проекта по дисциплине "Сооружение нефтяных, газовых и геотехнологических скважин" является закрепление навыков применения теоретических знаний для решения технико-технологических задач, возникающих при проектировании скважин на нефть, газ или воду.

Заданием на курсовой проект предусматривается выполнение технического проекта на сооружение скважины на нефть, газ или воду в конкретных геологических условиях.

Проект должен носить конкретный характер. Следует избегать общих рассуждений и описания стандартного оборудования и инструмента. Вместе с тем выбранные инженерные решения необходимо обосновать примерами из практики, техническими и экономическими расчетами. Проект разрабатывается с учетом современных достижений техники и технологии бурения.

В расчетной части проекта должна быть сформулирована задача и определены исходные данные. Затем выбирается расчетная схема и приводятся расчетные формулы. При этом необходимо сделать ссылку на источник формулы, раскрыть ее содержание и указать размерности. Результаты расчетов необходимо сводить в таблицы и графики.

Пояснительная записка пишется на бумаге формата 210×297 мм и брошюруется в следующей последовательности: титульный лист (приложение 1); задание на проектирование; содержание; введение; основные разделы, включившие описание, технические расчеты и пояснения; выводы; список использованной литературы; приложения»

Геолого-технический наряд оформляется на листе ватмана формата А3.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ НА НЕФТЬ И ГАЗ

Задание по курсовому проекту выдается индивидуально каждому студенту согласно приложениям 2 и 3.

Курсовой проект должен содержать следующие основные разделы:

Введение

1. Выбор конструкции скважины и буровой установки.
2. Расчет обсадных труб.
3. Расчет цементирования скважины.
4. Испытание обсадных колонн на герметичность.
5. Выбор способа бурения скважины.
6. Технология бурения.
7. Вскрытие продуктивных пластов.
8. Мероприятия по технике безопасности и охране окружающей среды.
9. Расчет расхода основных материалов на сооружение скважины.

Введение

Во введении формулируется назначение проектируемой скважины. Приводятся общие сведения о районе работ, даются его краткая физико-географическая и экономическая характеристики, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

2.1. Выбор конструкции скважины и буровой установки

Конструкция скважины состоит из ствола, пробуренного в горных породах, нескольких обсадных колонн и тампонажного камня, заполняющего цементом полностью или частично пространство между колоннами и стенками ствола. Конструкцию скважины характеризуют число спущенных в нее обсадных колонн, их диаметры и длина, диаметры ствола под каждую колонну, местоположение интервалов цементирования.

Конструкция скважины выбирается на основании детального изучения геологического разреза. Особое внимание уделяется изучению зон, в которых возможны осложнения (обвалы стенок скважины, поглощения промывочной жидкости, проявления высоконапорных пластов и т. д.).

Выбор размеров обсадных колонн и диаметров ствола на отдельных интервалах скважины осуществляют методом снизу вверх, т. е. начиная с выбора эксплуатационной колонны.

Диаметр эксплуатационной колонны выбирают в зависимости от вида полезного ископаемого и ее дебита. Ниже показаны примерные сочетания диаметров эксплуатационных колонн и дебитов применяемых на практике скважин (табл. 1, 2).

Таблица 1

Нефтяные скважины

Дебит, $м^3$/сут.	40	40-100	100-150	150-300	300
Примерный диаметр эксплуатационной колонны, мм	114	127-140	140-146	168-178	178-194

Таблица 2

Газовые скважины

Дебит, тыс.$м^3$/сут.	75	250	500	1000	5000
Примерный диаметр эксплуатационной колонны, мм	114	114-146	146-148	168-219	219-273

После выбора диаметра эксплуатационной колонны определяют количество обсадных колонн и глубину их спуска. Число обсадных колонн определяют на основании анализа геологического разреза в месте заложения скважины.

Определив число обсадных колонн и глубину их спуска, приступают к согласованию расчетным путем нормализованных диаметров обсадных колонн и породоразрушающего инструмента. Исходным для расчета является диаметр эксплуатационной колонны.

Таким образом, порядок проектирования конструкции скважины сводится к следующему:

- выбирают диаметр эксплуатационной колонны;
- решают вопрос о числе и глубине спуска технических (промежуточных) колонн;
- определяют глубину спуска кондуктора и шахтного направления;
- выбирают диаметр долота для бурения скважины (ствола) под эксплуатационную колонну;
- определяют диаметр технической колонны;
- выбирают диаметр долота для бурения скважины под техническую колонну;
- определяют диаметр кондуктора;
- выбирают диаметр долота для бурения скважины под кондуктор;
- определяют диаметр шахтного направления;
- определяют интервалы цементирования кондуктора, технической и эксплуатационных колонн.

При выборе типа буровой установки в качестве исходного условия принимают глубину бурения, а затем проверяют, подходит ли она по нагрузке на крюке. Расчетный вес самой тяжелой обсадной колонны или нагрузка, возможная при ликвидации прихвата бурильной колонны, не должны превышать допустимую нагрузку на крюке.

Выбранная буровая установка должна обладать высокими технико-эксплуатационными характеристиками и в полной мере соответствовать условиям бурения и транспортирования на точку.

2.2. Расчет обсадных труб

Обсадные трубы применяют для компоновки шахтных направлений, кондукторов, технических (промежуточных) и эксплуатационных колонн. В зависимости от назначения колонны изменяются и условия работы обсадных труб. В наиболее тяжелых условиях находится эксплуатационная колонна. При спуске, цементировании и последующей работе в колонне возникают ряд напряжений, главнейшими из которых являются:

- растяжение от собственного веса;
- смятие от действия столба промывочной жидкости, находящейся в затрубном пространстве, и от давления обрушающихся горных пород;
- внутреннее давление, возникающее при цементировании или фонтанировании скважины;
- сжатие, возникающее при частичной разгрузке обсадной колонны вследствие установки ее на забой скважины;
- температурные напряжения, возникающие в эксплуатационной колонне.

Многолетняя практика свидетельствует, что наиболее вероятным нарушением прочности обсадных колонн от растягивающих усилий является расстройство муфтовых соединений обсадных труб.

Величина растягивающих усилий и внешнего сминающего давления изменяется по длине эксплуатационной колонны. Страгивающие усилия в момент спуска колонны достигают наибольшего значения в самой верхней трубе (у устья скважины), а наибольшее сминающее бывает в нижних трубах (у забоя) в процессе эксплуатации по мере снижения уровня жидкости в колонне. Одновременно на самые нижние трубы, расположенные в фильтровой зоне скважины, может действовать высокое пластовое давление, достигающее значительной величины в процессе эксплуатации. Таким образом, эксплуатационная колонна для нефтяных скважин рассчитывается на смятие от внешнего гидростатического столба жидкости и на страгивание (расстройство) резьбовых соединений, а для газовых скважин – дополнительно и на внутреннее избыточное давление соединений труб.

2.3. Расчет цементирования скважин

Цементирование включает пять основных видов работ: приготовление тампонажного раствора, закачку его в скважину, подачу (продавку) тампонажного раствора в затрубное пространство, ожидание затвердения закачанного материала (ОЗЦ) и проверку качества цементировочных работ.

Расчет цементирования является инженерным обоснованием выбора технических средств и их количества и проверкой реализуемости их на практике принятой технологии. На основании расчетов уточняют изменения в режиме подачи тампонажного раствора в затрубное пространство, а также определяют необходимое количество исходных материалов для приготовления нужного объема тампонажного раствора, продолжительность отдельных операций и суммарную всех работ по цементированию.

Для выполнения расчетов необходимы следующие исходные данные: глубина спуска цементируемой колонны; диаметр открытого ствола скважины; размеры цементируемой обсадной колонны (ее наружный и внутренний диаметр, длина); высота

подъема цементного раствора в затрубном пространстве; высота цементного стакана внутри цементируемой колонны; глубина спуска предшествующей колонны и ее внутренний диаметр, плотность промывочной жидкости в стволе скважины; высота буферной жидкости за колонной и ее плотность; плотность сухого цемента и в насыпной массе.

Весь расчет цементирования можно подразделить на три основные части: определение расхода материалов, режима работы цементировочных агрегатов и цементосмесительных машин и продолжительности работ по цементированию обсадной колонны. В первой части определяют необходимый объем тампонажного раствора по объему цементируемого пространства за колонной и цементного стакана в колонне. Объем цементируемого пространства рассчитывают с учетом среднего фактического диаметра ствола скважины или коэффициента кавернозности для открытой части ствола.

По объему тампонажного раствора и известному содержанию компонентов определяют суммарный расход материалов, в том числе и объем воды для затворения. Подсчитывают объемы буферной и продавочной жидкостей.

Во второй части расчета определяют максимально допустимую скорость течения раствора в затрубном пространстве и, сопоставляя ее с критической скоростью, определяют режим его подачи.

Зная подачу раствора, определяют суммарные потери напора на разных этапах и по ним судят о давлении нагнетания на цементировочной головке. Давления нагнетания позволяют обоснованно выбрать тип цементировочного агрегата и режим его работы, а суммарная подача позволяет определить количество агрегатов. В числе агрегатов необходимо предусмотреть один резервный. По общему количеству сухих тампонажных материалов с учетом одновременно действующих цементировочных агрегатов определяют необходимое количество цементно-смесительных машин и режим их работы.

В третьей части по режимам подачи рассчитывают продолжительность работ по закачке тампонажного раствора в скважину и продавке его в затрубное пространство. При определении общей продолжительности работ учитывают резервное время около 15 мин. на навинчивание цементировочной головки после введения нижней пробки в обсадную колонну. Общая расчетная продолжительность работ не должна превышать 0,75 от времени начала схватывания тампонажного раствора.

2.4. Испытание обсадных колонн на герметичность

Данный раздел курсового проекта носит описательный характер. Методы испытаний обсадных колонн приведены в работах (метод опрессовки или понижение уровня жидкости).

2.5. Выбор способа бурения скважины

Принятие решения об использовании того или иного способа бурения - один из ответственных этапов при проектировании технологии проходки скважины, так как в дальнейшем выбранный способ определяет многие технические решения - режимы бурения, гидравлическую программу, буровой инструмент, тип буровой установки и как следствие технологию крепления скважины.

В качестве исходной информации для принятия решения о способе бурения используют следующие данные: глубину бурения и забойную температуру, профиль ствола и диаметр долот, тип породоразрушающего инструмента и бурового раствора.

На основании этой информации в соответствии с табл. 3 может быть выбран способ бурения по интервалам или для всей скважины в целом.

Таблица 3

Рекомендуемые области применения способов бурения

Геолого-технические условия бурения	Способ бурения		
	роторный	гидравлическими забойными двигателями	электробуром
Глубина бурения, м:			
3500	+	+	+
3500-4200	+	-	+
4200	+	-	-
Забойная температура, °С:			
140	+	+	+
140	+	-	-
Диаметры долот, мм:			
190	+	-	-
190	+	+	+
Профиль ствола скважины:			
вертикальный	+	+	+
наклонный	-	+	+
Породоразрушающий инструмент:			
2- и 3-лопастные долота и шарошечные типа М	+	-	-
Долота типов МС, МСЗ, С, СЗ, СТ, Т, ТЗ, ТК, ТКЗ, К и ОК	+	+	+
Долота истирающего типа и алмазные	-	+	+
Тип очистного агента:			
газы, пена	+	-	-
Буровые растворы плотностью, кг/м^3 :			
1000	+	-	+
1000	+	+	+

2.6. Технология бурения

В данном разделе выбирается тип породоразрушающего инструмента, вид очистных агентов и режимы бурения скважины в различных интервалах.

Тип породоразрушающего инструмента выбирают в зависимости от физико-механических свойств горных пород, глубины, вида и способа бурения.

Вид очистного агента (его компонентный состав) зависит главным образом от геологических условий бурения: пластового давления вскрытых скважиной горизонтов, устойчивости пород, слагающих эти горизонты, минералогического состава разбуриваемых пород, забойной температуры.

При роторном способе бурения рассчитывают следующие параметры режима бурения: осевую нагрузку на породоразрушающий инструмент, частоту вращения бурового снаряда и расход промывочной жидкости. В случае применения забойных двигателей определяются те же параметры режима бурения, а затем они уточняются с рабочими характеристиками забойных двигателей.

2.7. Вскрытие продуктивных пластов и освоение скважины

В данном разделе должны быть приведены вопросы вскрытия нефтегазоносных пластов и испытания скважины на продуктивность: обоснование выбора способа первичного вскрытия продуктивных пластов; выбор аппаратуры для опробования перспективных объектов в

процессе бурения, режимов и продолжительности работ по опробованию; выбор способа вторичного вскрытия и жидкости для заполнения эксплуатационной колонны в этот период, способа создания депрессии для вызова притока из пласта; выбор колонн насосно-компрессорных труб (НКТ); выбор оборудования для испытания скважин, режимов и продолжительности испытания; обоснование необходимости стимулирующего воздействия на испытуемые объекты.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляют геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 5.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

Курсовой проект разрабатывается на основании фактических материалов, собранных студентом на производственной практике.

Эти материалы включают геологическую карту района производства работ, геологический разрез с указанием места заложения и профиля проектных скважин, гидрогеологическую характеристику разреза с подробными данными о всех водоносных горизонтах и ориентировочным проектным удельным дебитом каждого из них.

Курсовой проект должен содержать следующие основные разделы:

Введение.

1. Гидрогеологическая характеристика разреза.
2. Выбор и характеристика средств откачки.
3. Выбор и расчет фильтра.
4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины.
5. Технология бурения скважины.
6. Выбор бурового оборудования и инструмента.
7. Вскрытие и освоение водоносного пласта.
8. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

Список используемой литературы.

Приложения.

Введение

Во введении обосновывается назначение проектируемой скважины.

Приводятся общие сведения о районе работ, даются его краткая физико-географическая и экономическая характеристики, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза

Приводится описание литологического состава горных пород, указывается их мощность, физические свойства, категория буримости, дается характеристика коллекторских свойств пород водоносных горизонтов (трещиноватость, гранулометрический состав), величина дебита каждого водоносного горизонта и статический уровень подземных вод.

Затем приводится характеристика тектонических зон и указываются возможные осложнения при их бурении. Геологический разрез составляется в масштабе 1:200 или 1:500.

3.2. Выбор и характеристика средств откачки

В зависимости от целевого назначения скважины и ее дебита выбирается наиболее рациональный способ подъема воды из скважины. Выбор водоподъемной установки осуществляют с учетом следующих исходных данных:

– проектного дебита скважины;

– глубины установки водоподъемных средств;

– особых условий производства откачки, вызванных повышенной температурой, минерализацией или высоким загрязнением воды. При этом фактические производительность и напор выбранного водоподъемника должны быть равны или несколько больше проектных. Особое внимание уделяется размерам водоподъемника, особенно его диаметру, который влияет на выбор размера водоподъемных труб и, следовательно, на конструкцию скважины. Обычно необходимо выбирать водоподъемники с минимально возможными размерами рабочих органов, что упрощает и удешевляет конструкцию скважины.

Водоподъемные установки выбирают по справочникам на основании данных о проектном дебите и динамическом уровне откачки.

Эрлифты применяют на стадии испытания, освоения водоносных горизонтов и при откачке из разведочных скважин. Выбранная схема эрлифта должна быть рассчитана для определения основных его параметров: глубины погружения смесителя, удельного расхода воздуха и производительности эрлифта, диаметров водоподъемных и воздухопроводных труб.

3.3. Выбор и расчет фильтра

Производительность скважины в процессе откачки зависит от правильного выбора типа фильтра и от его геометрических размеров.

Тип, конструкцию фильтра выбирают в зависимости от характера пород (гранулометрического состава) водоносного горизонта, назначения скважины, ее производительности и глубины, агрессивности вод и ряда других факторов (табл. 4).

Таблица 4

Условия применения различных типов фильтров

Водосодержащие породы	Рекомендуемый тип фильтра	Характеристика фильтра
1	2	3
Скальные и полускальные устойчивые породы	Не рекомендуется	-
Полускальные, неустойчивые породы, щебенистые и галечниковые породы с преобладающей крупностью щебня и гальки от 20 до 100 мм (50 % по весу)	Трубчатые фильтры с круглой перфорацией	Скважность каркаса фильтра 20-25 %, диаметр круглых отверстий 15-25 мм.
	Фильтры щелевые	Щели: ширина 10-30 мм, длина 250-300 мм.
	Стержневые фильтры	Скважность 10-30 % Скважность до 60 %

1	2	3
Пески крупные с преобладанием частиц крупностью 1-2 мм (более 50 % по весу)	Трубчатые фильтры с щелевой перфорацией с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, штампованного стального листа или сетки квадратного плетения. Скважность штампованного листа 20-25 %. Стержневые фильтры с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, стального штампованного листа или сетки квадратного плетения; диаметр проволоки 2-4 мм, скважность стального листа 20-25 %	Скважность фильтра 30-50 %, ширина щели 10-30 мм. Расстояние между витками проволоки и диаметр отверстий в листе зависят от диаметра частиц породы. Скважность, зазор между витками и диаметр отверстия зависят от размера зерен породы
Пески средние с преобладанием частиц крупностью от 0,25 до 0,5 мм (более 60 % по весу)	Трубчатые и стержневые фильтры с водоприемной поверхностью из сеток гладкого (галунного) плетения; сетка из латуни или нержавеющей стали. Трубчатые и стержневые фильтры с однослойной гравийной обсыпкой (гравийные фильтры); толщина обсыпки не менее 30-40 мм	Скважность каркаса фильтра 30-50 %, размер ячеек сетки зависит от крупности преобладающей фракции породы. Сортированный гравий с $К_н$=1,5+3,0
Пески различной зернистости при наличии устойчивой кровли	Бесфильтровые скважины	
Гравий и гравелистый песок с крупностью частиц от 1 до 10 мм и преобладанием частиц от 2 до 5 мм (более 50 % по весу)	Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией, с водопритоками. Стержневые фильтры с обмоткой проволокой из нержавеющей стали 3-4 мм или из нержавеющей листовой стали толщиной 0,8-1 мм, штампованной	Скважность от 25 до 70 %. Зазор между витками проволоки зависит от диаметра частиц породы или обсыпки. Скважность до 60 % Скважность 20-25 %
Пески мелкие с преобладанием частиц крупностью от 0,25 до 0,5 мм (более 50 % по весу)	Трубчатые и стержневые фильтры с одно-, двух- или трехслойной обсыпкой гравием (гравийные фильтры), фи-льтры ФКО	Сортированный гравий с $К_н$=1,5-3,0

Необходимые конструктивные размеры фильтра для конкретных условий откачки определяют расчетом.

Диаметр и длину рабочей части фильтра подбирают и рассчитывают с учетом дебита скважины, коэффициента фильтрации пород водоносного горизонта и его мощности. При этом необходимый диаметр фильтра уточняется исходя из диаметра выбранного водоподъемника, а точнее диаметра эксплуатационной колонны. При мощности водоносного горизонта, не превышающей 5 м, диаметр фильтра рассчитывают с учетом проектного дебита скважины, рабочей длины фильтра и коэффициента фильтрации пород. В данном случае длину рабочей части фильтра принимают равной мощности водоносного горизонта (5 м), а при мощности более 5 м рассчитывают на основании проектного дебита скважины и диаметра фильтра. Скважность фильтра выбирают с учетом характеристики пород водоносного горизонта. Она должна обеспечивать водопропускную способность фильтра с минимальным сопротивлением движению и с допустимой скоростью движения воды, которая не приводит к переносу частиц шлама в скважину.

При правильном выборе и расчете параметров фильтра его водопропускная способность должна быть равна или больше проектного дебита скважины.

3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины

Выбор способа бурения скважин на воду производят с учетом гидрогеологических условий, проектной глубины скважины, ее целевого назначения, экономичности и качественных показателей по вскрытию и освоению водоносного горизонта.

В настоящее время применяют следующие способы бурения скважин на воду: роторный, колонковый, ударно-вращательный и канатно-ударный.

Роторный способ применяют при бурении разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных скважин на воду в твердых, трещиноватых породах с промывкой водой; в мягких породах, а также в тектонических зонах сильно рассланцованных, перемятых пород с промывкой глинистым раствором. В районах с затрудненным водоснабжением (Крайний Север. Средняя Азия) роторное бурение целесообразно использовать с продувкой воздухом или применять пневмоударное бурение. Роторное бурение рекомендуют использовать при вскрытии глубокозалегающих водоносных горизонтов, и оно отличается более высокой производительностью и экономичностью по сравнению с другими способами.

Канатно-ударное бурение применяют для бурения разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных и дренажных скважин большого диаметра (свыше 500 мм) при вскрытии низконапорных горизонтов. Оно отличается высокой металлоемкостью конструкции скважин и является более дорогостоящим по сравнению с роторным бурением. Канатно-ударный способ рекомендуется при бурении скважин глубиною до 150 м в породах осадочного комплекса, представленного средне- и крупнозернистыми песками, валунно-галечными отложениями, а также сильнотрещиноватыми и кавернозными породами, в которых использование роторного бурения весьма затруднительно.

Колонковый способ в основном применяют при бурении разведочных скважин на воду небольшого диаметра (до 200 мм) в породах различной крепости.

После выбора способа бурения проектируется конструкция скважины. При бурении скважин на воду выделяют следующие элементы конструкции скважин: кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр. Устье скважины оборудуют направлением или кондуктором. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины, в ней устанавливают насос для подъема воды. В скважинах со сложным геологическим разрезом, в котором может встречаться несколько зон осложнений, устанавливают иногда промежуточную колонну, которая обычно следует после кондуктора. Выбор конструкции разведочно-эксплуатационной скважины необходимо начинать с определения типа водоподъемника и его диаметра, который обуславливает внутренний диаметр эксплуатационной колонны.

При проектировании конструкции скважины необходимо учитывать специфику и возможности выбранного способа бурения. В частности, расчетные диаметры бурения и обсадных труб должны быть увязаны со стандартными размерами бурового инструмента конкретно для выбранного способа бурения.

3.5. Технология бурения

Технологию бурения разрабатывают на основании составленного ранее геологического разреза с учетом физико-механических свойств горных пород и характеристик водоносных горизонтов. При этом для каждой разновидности горных пород выбирают рациональные конструкции породоразрушающего инструмента и определяют технологические параметры режима бурения.

При выборе породоразрушающего инструмента устанавливают его необходимые характеристики в соответствии с конструкцией скважины и способом бурения.

Затем для вращательных способов бурения выбирают вид промывочной жидкости и определяют необходимые параметры (например, глинистых растворов), характеризующие

их качество. Параметры промывочных жидкостей (плотность, вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, содержание песка и др.) применяют в зависимости от возможных осложнений при бурении скважин.

После этого рассчитывают рациональные значения технологических параметров режима бурения. Для вращательных способов бурения это осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, частота вращения бурового снаряда и количество промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину. Для канатно-ударного бурения определяют вес, высоту подъема и частоту ударов бурового снаряда.

Необходимо также разработать мероприятия по борьбе с возможными осложнениями при бурении скважин (обвалы стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и др.). Особое внимание уделяется технологии бурения скважин в интервалах водоносных горизонтов, направленной на сохранение естественной водопроницаемости водоносных пластов.

В случае бурения разведочных скважин устанавливают интервалы бурения с отбором керна для составления детального геологического разреза и проведения исследований образцов горных пород. Особое внимание необходимо уделить разработке мероприятий по обеспечению получения качественного керна с интервалов водоносных горизонтов. С целью обеспечения получения качественных образцов горных пород при бурении необходимо выбрать комплекс технических средств и разработать специальные технологические и организационные мероприятия.

3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента

Буровое оборудование выбирают с учетом целевого назначения скважины, ее конструкции, характера пород геологического разреза и разработанной технологии бурения.

В настоящее время буровое оборудование комплектуется в буровые агрегаты и установки, которые выпускаются отечественной промышленностью. Поэтому выбор основного бурового оборудования сводится к выбору буровой установки.

Выбор буровой установки производится в зависимости от проектной глубины бурения, величины начального и конечного диаметров, которые обычно даются в ее характеристике. Также учитываются и другие данные характеристики буровой установки, такие как скорости вращения, осевое усилие, развиваемое механизмом подачи, которые обеспечивают необходимые технологические параметры режима бурения. В зависимости от наличия источников энергоснабжения в районе бурения скважин, буровые установки выбирают с электроприводом (от электролинии) или с автономным приводом от двигателя заутреннего сгорания (при отсутствии электролинии).

Вспомогательное буровое оборудование (труборазвороты, элеваторы, КИП, талевая оснастка, вертлюги-сальники и др.) выбирают в зависимости от его потребности и условий производства работ.

После выбора всего комплекса бурового оборудования, необходимого для бурения проектируемой скважины, приводятся его технические характеристики.

Выбор породоразрушающего инструмента (коронок, долот) производят с учетом физико-механических свойств горных пород и их буримости.

Для вращательного бурения выбирают типы бурильных труб и их диаметры, конструкцию и тип колонковой трубы для обеспечения качественного выхода керна, длину и диаметр утяжеленных труб при бурении скважин сплошным забоем большого диаметра (более 150 мм).

Для ударно-канатного бурения выбирают компоновку и размеры ударного снаряда, тип и размеры желонок. Для ликвидации наиболее распространенных аварий (обрыва бурильных канатов, колонковых, обсадных труб) необходимо предусмотреть ловильный аварийный инструмент (метчики, колокола, труболовки, крючки, штропы, овершоты).

В приложении нужно дать спецификацию всего бурового оборудования, инструмента с указанием его наименования и количества, необходимого для бурения скважины.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляют геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 4.

3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта

Ответственными операциями при сооружении скважин на воду являются вскрытие и освоение водоносного пласта, которые оказывают большое влияние на производительность и долговечность скважины.

Вскрытие водоносного пласта включает комплекс технологических операций, направленных на успешное бурение горных пород водоносного пласта при обеспечении их устойчивости и сохранения естественной водопроницаемости.

Выбор технологии вскрытия водоносного пласта зависит от глубины его залегания, устойчивости и коллекторских свойств горных пород, слагающих водоносный пласт, пластового давления, мощности водоносного пласта и дебита скважины.

Неустойчивые горные породы водоносного пласта не рекомендуется вскрывать с применением глинистого раствора, так как глинистые частицы вызывают кольматацию пор и трещин и резкое снижение их водопроницаемости. В этом случае применяются специальные промывочные жидкости: малоглинистые, меловые, полимерные, аэрированные, самораспадающиеся промывочные жидкости, пены и др.

Безнапорные пески при наличии устойчивой кровли водоносного пласта могут вскрываться гидроразмывом фильтра, а также формированием каверны в водоносном пласте. Существуют и другие методы с применением различных схем промывки.

Освоение скважины обычно включает такие технологические операции, как установка фильтра в скважину, восстановление естественной водопроницаемости или ее искусственное увеличение, устройство гравийной обсыпки фильтров, откачки воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.

При выборе способа освоения скважины необходимо учитывать эффективность и простоту его технического выполнения.

3.8. Техника безопасности и охрана окружающей среды

В этом разделе необходимо предусмотреть мероприятия по охране здоровья работающего персонала и средства по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим.

Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды проектируют в соответствии с действующими инструктивными указаниями при выполнении различного вида работ: монтаж установок, бурение скважины, транспорт, демонтаж установки, эксплуатация скважин.

Список рекомендуемой литературы

1. *Башкатов Д. Н.* Справочник по бурению скважин на воду. – М.: Недра, 1979. – 560 с.

2. *Бейсебаев А. М., Туякбаев Н. Т., Федоров Б. Д.* Бурение скважин и горно-разведочные работы. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

3. *Булатов А. И.*, Долгов С. В. Спутник буровика: справ. пособие в 2 кн. – М.: Недра-бизнесцентр, 2006. 1 кн. - 379 с., 2 кн. – 534 с.

4. *Калинин А. Г., Левицкий А. З., Никитин Б. А*. Технология бурения разведочных скважин на нефть и газ: учебник для вузов. – М.: Недра, 1998. - 440 с.

5. *Подгорнов Ю. М*. Эксплуатационное и разведочное бурение на нефть и газ. – М.: Недра, 1988. – 325 с.

6. *Щукин А. А.* Строительство скважин: Учебное пособие. – Томск: Изд-во STT, 2005. – 588 с.

7. *Элияшевский И. В*. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1982. – 296 с.

8. *Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование*/ А. М. Гусман, К. П. Порожский и др.; УГГГА. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

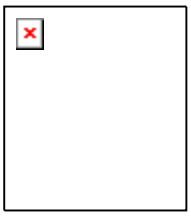
9. *Бурение и оборудование геотехнологических скважин*/ И. А. Сергиенко, А. Ф. Мосев, Э. А. Бочко, М. К. Пименов. – М.: Недра, 1984. -224 с.

10. *Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду: справочник* / Д. Н. Башкатов, С. Л. Драхлис, В. В. Сафонов, Г. П. Квашник. – М.: Недра, 1988. – 269 с.

Приложения

Приложение 1

Пример оформления титульного листа курсового проекта



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

НА ТЕМУ: « »

Руководитель_____
Студент_____
Группа _____

Екатеринбург 201__г.

Приложение 2

Задание на курсовой проект по технологии бурения на нефть и газ

Глубина скважины, м; номер геологического разреза	Вид полезного ископаемого			
	нефть			
	дебит, т/сут			
	100	150	200	300
1500 П2.1	№35 $P_{пл}$ = 12 МПа Сужение ствола скважины в интервале 500-800 м	№48 $P_{пл}$ = 13 МПа Обрушение стенок скважины в интервале 800-850 м	№39 $P_{пл}$ = 14 МПа Водопроявление в интервале 900-950 м	№33 $P_{пл}$ = 15 МПа Пласт соли в интервале 900-1000 м
2000 П2.2	№41 $P_{пл}$ = 19 МПа Поглощение в интервале 1200-1300 м	№26 $P_{пл}$ = 20 МПа Водопроявление в интервале 300-400 м	№11 $P_{пл}$ = 21 МПа Кавернообразование в интервале 1380-1450 м	№13 $P_{пл}$ = 23 МПа Поглощение в интервале 400-500 м
2500 П2.3	№23 $P_{пл}$ = 23 МПа Образование сальников в интервале 800-950 м	№20 $P_{пл}$ = 24 МПа Обрушение стенок скважины в интервале 1650-1700 м	№5 $P_{пл}$ = 25 МПа Газопроявление в интервале 1000-1100 м	№7 $P_{пл}$ = 26 МПа Поглощение в интервале 1700-1800 м
3000 П2.4	№44 $P_{пл}$ = 24 МПа Водопроявление в интервале 1900-2000 м	№30 $P_{пл}$ = 29 МПа Сужение ствола скважины в интервале 2100-2000 м	№22 $P_{пл}$ = 31 МПа Пласт соли в интервале 2000-2050 м	№1 $P_{пл}$ = 30 МПа Газопроявление в интервале 2600-2650 м
3500 П2.5	№36 $P_{пл}$ = 32 МПа Водопроявление в интервале 1600-1700 м	№16 $P_{пл}$ = 34 МПа Образование сальников в интервале 800-1500 м	№2 $P_{пл}$ = 35 МПа Поглощение в интервале 2600-2700 м	№6 $P_{пл}$ = 36 МПа Обрушение стенок скважины в интервале 2950-3000 м
4000 П2.6	№32 $P_{пл}$ = 34 МПа Нефтегазо-проявление в интервале 1500-1600 м	№10 $P_{пл}$ = 35 МПа Сужение ствола скважины в интервале 1400-1500 м	№18 $P_{пл}$ = 36 МПа Газопроявление в интервале 3000-3100 м	№14 $P_{пл}$ = 37 МПа Поглощение в интервале 2500-2600 м

Продолжение приложения 2

Глубина скважины, м; номер геологического разреза	Вид полезного ископаемого			
	газ			
	дебит, $м^3$/сут			
	75	250	500	1000
1	2	3	4	5
1500 П2.1	№37 $Р_{пл}$ = 13 МПа Газопроявление в интервале 800-850 м	№43 $Р_{пл}$ = 14 МПа Кавернообразование в интервале 900-1000 м	№28 $Р_{пл}$ = 15 МПа Сужение ствола скважины в интервале 500-580 м	№8 $Р_{пл}$ = 16 МПа Сальнико- образование в интервале 450-600 м
2000 П2.2	№17 $Р_{пл}$ = 19 МПа Газопроявление в интервале 800-850 м	№9 $Р_{пл}$ = 20 МПа Образование глинистой корки в интервале 1150-1250 м	№24 $Р_{пл}$ = 21МПа Обрушение стенок скважины в интервале 1200-1300 м	№46 $Р_{пл}$ = 22 МПа Пласт соли в интервале 1000-1050 м
2500 П2.3	№3 $Р_{пл}$ = 23 МПа Газопроявление в интервале 700-800 м	№15 $Р_{пл}$ =26 МПа Кавернообразование в интервале 900-1000 м	№31 $Р_{пл}$ = 28 МПа Сужение ствола в интервале 800-900 м	№45 $Р_{пл}$ = 31 МПа Сальнико- образование в интервале 800-900 м
3000 П2.4	№44 $Р_{пл}$ = 24 МПа Водопроявление в интервале 1900-2000 м	№30 $Р_{пл}$ = 29 МПа Сужение ствола скважины в интервале 2100-2000 м	№22 $Р_{пл}$ = 31 МПа Пласт соли в интервале 2000-2050 м	№1 $Р_{пл}$ = 30 МПа Газопроявление в интервале 2600-2650 м
3500 П2.5	№36 $Р_{пл}$ = 32 МПа Водопроявление в интервале 1600-1700 м	№16 $Р_{пл}$ = 34 МПа Образование сальников в интервале 800-1500 м	№2 $Р_{пл}$ = 35 МПа Поглощение в интервале 2600-2700 м	№6 $Р_{пл}$ = 36 МПа Обрушение стенок скважины в интервале 2950-3000 м
4000 П2.6	№32 $Р_{пл}$ = 34 МПа Нефтегазо- проявление в интервале 1500-1600 м	№10 $Р_{пл}$ = 35 МПа Сужение ствола скважины в интервале 1400-1500 м	№18 $Р_{пл}$ = 36 МПа Газопроявление в интервале 3000-3100 м	№14 $Р_{пл}$ = 37 МПа Поглощение в интервале 2500-2600 м

Приложение 3

Геологические разрезы скважин на нефть и газ

Разрез П2.1

1. Супеси с галькой, суглинки, м 0-200
2. Известняки, глины известковистые, м 200-450
3. Известняки плотные, кристаллические, местами окремненные, м 450-500
4. Алевролиты плотные, глины алевролитистые, м 5 00-900
5. Песчаники кварцевые, плотные, м 900-1300
6. Известняки, м 1300-1500

Продуктивная толща в интервале, м 1350-1480

Разрез П2.2

1. Пески чистые и глинистые, красно-бурые; суглинки, м 0-320
2. Песчаники кварцевые, грубозернистые; алевролиты, м 320-1100
3. Лески кварцевые, рыхлые, местами глинистые; глины слабослюдистые, м 1100-1350
4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, плотные, известковые; аргиллиты известковые, м 1350-1800
5. Известняки, м 1800-2000

Продуктивная толща в интервале, м 1850-1950

Разрез П2.5

1. Суглинки сильнослюдистые, пески кварцевые, разнозернистые, серые, м 0-400
2. Глины известковистые и чистые, пески, песчаники глинистые, алевролиты слюдистые, м 400-900
3. Глины сильнопесчанистые, слоистые с песчано-алевролитовыми пропластками, м 900-1500
4. Алевролиты и песчаники разнозернистые, кварцевые, различной цементации, м 1500-2100
5. Известняки плотные, плитчатые, местами окремненные и трещиноватые, м 2100-2900
6. Песчаники, пески, алевролиты кварцевые, слюдистые, м 2900-3200
7. Аргиллиты трещиноватые, сланцы окремненные, известняки, м 3200-3500

Продуктивная толща в интервале, м 3340-3450

Разрез П2.6

1. Супеси, суглинки, пески и глины с галькой и валунами, м 0-300
2. Песчаники кварцевые, слабоизвестковые, иногда глинистые, темно-серые; известняки плотные; мергели, м 300-1000
3. Глины красно-бурые, кирпично-красные с прослоями песчаников, алевролитов, м 1000-1500
4. Песчаники аркозовые, разнозернистые, серо--розоватые, зеленовато-серые, м 1500-2450
5. Доломиты; глины алевролитистые, песчанистые,

пестроцветные, м	2450-3000
6. Песчаники, м	3000-3600
7. Известняки, м	3600-4000
Продуктивная толща в интервале, м	3850-3950

Разрез П2.3

1 Суглинки буровато-желтые, супеси с галькой и валунами, м	0-250
2. Известняки чистые и глинистые, глины темно-серые с гнездами гипса, м	250-750
3. Глины известковистые, известняки доломитизированные, кристаллические с тонкими прослоями алевролитов, м	750-1100
4. Известняки плотные, кристаллические, песчаники кварцевые, средне- и мелкозернистые, м	1100-1650
5. Алевролиты плотные, разнозернистые, аргиллиты темно-серые с тонкими прослоями песчаников, м	1650-2200
6. Песчаники кварцевые мелкозернистые, плотные, м	2200-2500
Продуктивная толща в интервале, м	2350-2480

Разрез П2.4

1. Лёссовидные суглинки и галечник из песчаника, м	0-70
2. Песчаники известковые, глинистые, различной цементации; глины, м	70-600
3. Песчаники кварцевые, м	600-2000
4. Глины известковистые и чистые, неравномерно песчанистые; мергели, м	2000-2400
5. Известняки, м	2400-2600
6. Пески серые и темно-серые, м	2600-2800
7. Песчаники, м	2800-3000
Продуктивная толща интервале, м	2840-2950

Приложение 4

Пример оформления геолого-технического наряда по технологии бурения на воду

ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НАРЯД

ПГО_____ Буровой станок_____
ГРЭ_____ Буровой насос_____
Проектная глубина_____ Двигатель_____
Начало бурения_____ Мачта_____
Окончание бурения_____ Бурильные трубы_____

Геологическая часть							Техническая часть										
масштаб глубин	стратиграфическая колонка	наименование горных пород	категория пород по буримости	интервалы и вид возможных осложнений	проектный выход керна, %	уровень грунтовых вод, м	Конструкция скважины	Тип и размер породоразрушающего инструмента	Диаметр и длина УБТ	Диаметр и количество ударных штанг	Параметры режимов бурения			Количество бурового раствора	Способы борьбы с геологическими осложнениями	Способы вскрытия и освоения водоносных пластов	Примечание
											осевая нагрузка или вес бурового снаряда, даН	частота вращения или ударов	расход промывочной жидкости, л/мин				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Приложение 5

Пример оформления геолого-технического наряда по технологии бурения на нефть и газ

ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИЙ НАРЯД

Министерство_____
ПГО_____
ГРЭ_____
Площадь_____
Цель бурения_____
Проектная глубина_____
Проектный горизонт_____
Способ бурения_____
Угол наклона_____
Вид энергии_____
Начало бурения_____
Окончание бурения_____

Буровая установка_____
Лебедка (тип)_____
Грузоподъемность талевой системы_____
Ротор_____
Буровой насос_____
Двигатель к насосу_____
Двигатель лебедки и ротора_____
Вышка_____
Превентер_____

Геологическая часть											Техническая часть													
Глубина, м	Стратиграфический разрез				проектный	фактический	интервалы проходки с отбором керна	интервалы нефтегазопроявлений, осложнения ствола скважины, пластовое давление	крепость пород	промыслово-геофизические исследования и испытания в процессе бурения	конструкция скважины, способ испытания	геометричность колонн, высота подъема цемента, объекты опробования	параметры и обработка промывочной жидкости	тип и размер долот	Режим бурения						Подъем инструмен-та			примечание
	Проект факт														частота вращения ротора (турбобура), с	осевая нагрузка, даН	кол-во и производительность насосов, л/с	предельное давление на манометре насоса, МПа	тип и размер турбобура	компоновка и конструкция бурильной колонны, мм	скорость, м/с	количество свечей	оснастка талей	
	система, отдел	ярус, толща	система, отдел	ярус, толща																				
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

ФГБОУ ВО
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых

Усов Г.А.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки

Екатеринбург 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….....3
1. МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ……. 4
2. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ…… 10
3. СПОСОБЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСПЕРГАЦИИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ……..14
4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ…….. 17
5. ПЕРЕМЕШИВАТЕЛИ…….21
5.1. Гидравлические перемешиватели……..21
5.2. Механические перемешиватели…….23
5.3. Перемешиватели, выпускаемые зарубежными фирмами……24
6. ГИДРОАКУСЧТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ РАЗРАБОТАННЫЕ НА КАФЕДРЕ “ТТР МПИ”……26
6.1. Малогабаритная многосекционная роторная мельница «ММР-2»…….26
6.2. Барабанный измельчитель……...28
6.3. Струйная вихревая мельница……..29
6.4. Гидродинамическая роторная мельница ГРМ-2…….31
6.5. Многоступенчатая струйно-вихревая мельница “СВМ - 3”……...32
6.6. Многоступенчатая микромолотковая мельница для приготовления механоактивированных буровых растворов……..34
6.7. Лопастной механоактиватор “ЛМА-2М”……...37
6.8. Малогабаритная щеточная мельница ММЩ-2М для приготовления буровых промывочных жидкостей……39
6.9. Вихревой гидродинамический излучатель “ГДИ”……41
6.10 Центробежная мельница мокрого помола “МЦ-Т”……43
6.11 Малогабаритная щеточная мельница «МЩ-1»…….45
6.12 Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей……...46
6.13 Экспресс технология производства импортозамещающих буровых реагентов с использованием эффекта механоактивации крахмалосодержащего сырья……50
6.14 Универсальный буровой реагент “РБЦ-4” на основе механоактивированного древесного волокна с повышенным содержанием смол……52
6.15 Буровой реагент для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений «Peat-MA».64
7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ……69
7.1 Меры безопасности при работе с промывочными жидкостями……69
7.2 Производственная санитария……72
7.3 Меры пожарной безопасности……..73
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……..……75

ВВЕДЕНИЕ

.

По современным представлениям со все возрастающими объемами и глубинами бурения увеличение скорости проходки скважины возможно лишь при быстром и качественном приготовлении буровых промывочных жидкостей. Производительность приготовления и качество применяемых очистных агентов оказывает влияние практически на все показатели в бурении, например, скорость проходки скважин может быть увеличена до 20-30% и выше. При этом общая доля затрат на приготовление буровых промывочных жидкостей составляет от 5 до 14% стоимости сооружения скважин. К промывочным жидкостям предъявляются требования с учетом комплекса геологических, технологических и организационных факторов, возникающих в процессе бурения. Это обуславливает необходимость применения разнотипных машин для приготовления буровых очистных агентов по принципу действия, энергозатрат, производительности, металлоемкости, габаритов и т.д.

Для приготовления промывочных жидкостей из сухих порошкообразных материалов требуется лишь тщательное перемешивание частиц твердой и жидкой фазы и создание условий для полного смачивания твердых частиц. Для приготовления промывочных жидкостей из комовых материалов или влажных порошков необходимо предварительное дробление кусков или слипшихся комков. Процессы дробления исходных твердых материалов и перемешивание их с жидкостью, в частности с водой, осуществляются в механических или гидравлических мешалках.

Машиностроительные заводы по заявкам предприятий бурения продолжают выпускать оборудование для приготовления и утяжеления промывочных жидкостей из комовых материалов. В настоящее время можно найти описание некоторых видов такого оборудования, применяемого различными объединениями, хотя известно, что наиболее прогрессивным, наиболее экономичным является оборудование для приготовления промывочных жидкостей из сухих порошкообразных материалов, что подтверждается зарубежной практикой.

Глинистые растворы приготовляют в специальных устройствах — глиномешалках механическим или гидравлическим способами. Глиномешалки соответственно подразделяются на механические и гидравлические. Механические глиномешалки по характеру действия делятся — прерывного (циклового) и непрерывного; по конструктивному исполнению — лопастные, роторные, шаровые; по расположению валов — с горизонтальным и вертикальным расположением. Лопастные глиномешалки делятся по числу валов - наодновальные и двухвальные.

В методическом пособии рассмотрены конструкции основных технических средств для приготовления буровых промывочных жидкостей, применяемых в геолого-разведочной и нефтегазодобывающей отраслях, а так же гидродинамические и гидромеханические измельчительные устройства разработанные на кафедре ТТР МПИ за последние 30 лет.

1. МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Механические глиномешалки используются для приготовления глинистых растворов, как из комовых, так и из порошковых глин. Привод глиномешалок осуществляется от индивидуальных двигателей или через трансмиссию.

Механические глиномешалки могут быть одновальные, двухвальные, трехвальные с вертикальным или горизонтальным расположением валов. Привод глиномешалок осуществляется от индивидуальных двигателей или через трансмиссию.

Характеристика глиномешалок, применяемых при разведочном бурении, приведена в табл.1.

Механическая лопастная глиномешалка с горизонтальным валом (рис.1) состоит из металлической емкости-корпуса *1,* в которой вращается вал *4* с укрепленными на нем поперечными лопастями *6* для измельчения и перемешивания глины с водой. Лопасти расположены одна относительно другой под углом 90°. Между внутренней поверхностью корпуса и лопастями имеется просвет в 30—35 мм.

Таблица 1

Техническая характеристика глиномешалок

Тип глиномешалки	Емкость, $м^3$	Расположение валов	Число валов	Скорость вращения рабочих валов,об/мин.	Мощность приводного двигателя, кВт.	Габариты, мм.			Масса, кг.
						Длина	Ширина	Высота	
Г-1-0,25	0,25	горизонт.	1	80	2,0	1400	870	1150	260
Г1-0,30	0,30	горизонт.	1	37	2,0	2230	895	1080	309
ГМ-0,7	0,70	горизонт.	1	125	5,0	1650	1000	1250	-
ГМЭ-0,75	0,75	горизонт.	2	78	2,8	2050	1450	1317	696
ОГХ-7А	0,75	вертик.	1	95	6,0	1250	1220	1685	385
ГК-1	1,0	горизонт.	2	-	3,0	-	-	-	-
МГ-1-0,75	0,75	горизонт.	-	-	2,8	-	-	-	-
МГ-1-0,80	0,80	горизонт.	2	165	4,5	2450	1130		760
Г2-П-2-4	4,0	горизонт.	2	95	21,5	-	-		3734
МГ-2-4	4,0	горизонт.	2	90-100	14,0	3890	3015		3565
	3,0	горизонт.	2	-	8,8	-	-		-
	2,0	горизонт.	2		7,0	1450	2150		1857

Глину загружают через загрузочный люк 5, который закрывается крышкой. Приготовленный раствор выпускают через спускной люк 7. Вращение с рабочего шкива *2* на горизонтальный вал передается с помощью зубчатого редуктора 3. Как правило, глиномешалка устанавливается на полозьях. Для приготовления глинистого раствора лопастную глиномешалку заполняют водой примерно на $^1/_3$ объема и загружают в нее необходимое количество глины, периодически проворачивая вал с помощью электродвигателя. Затем доливают воду до верха глиномешалки, закрывают люк крышкой и включают электродвигатель.

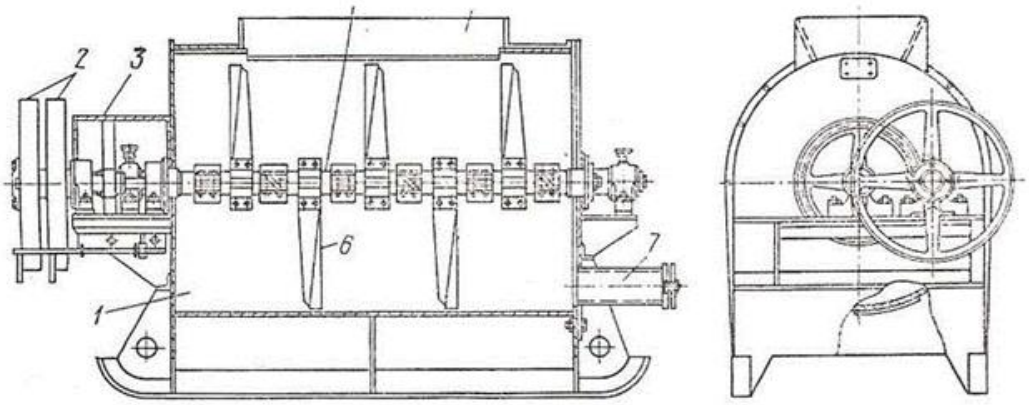


Рис. 1. Горизонтальная одновальная глиномешалка.

Глиномешалка МГ-2-4Х (рис. 2) представляет собой овальный сварной барабан 1, внутри которого на шарикоподшипниках, закрепленных на кронштейнах 6, параллельно установлены два рабочих вала 7 квадратного сечения. К этим валам с помощью болтов крепятся лопасти. Привод валов осуществляется от электродвигателя, передающего вращение ведомому шкиву *9*, расположенному на одном валу с шестерней *8*, которая, в свою очередь, передает вращение зубчатым колесам *5* на валу 7. Вода, глина и другие компоненты раствора подаются в барабан через загрузочный люк *2*. Барабан установлен на раме *4*. Рабочие лопасти, вращаясь, разбивают комья глины, в результате чего при смешивании их с водой образуется глинистый раствор. Приготовленный раствор сливается через спускной патрубок 3, расположенный в нижней части барабана, с помощью специального рычага. Конструкция глиномешалки ГКЛ-2М отличается от МГ-2-4Х несущественно.

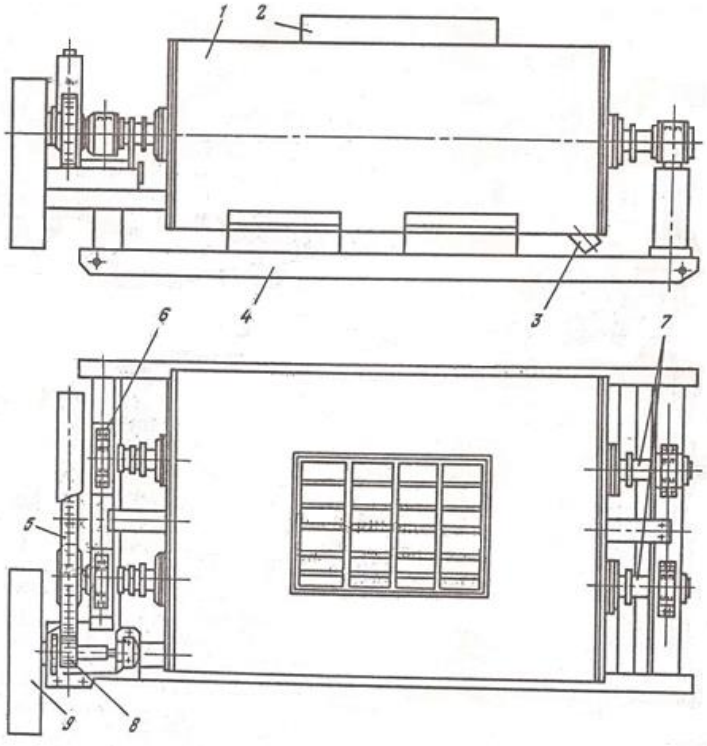


Рис. 2. Глиномешалка МГ-2-4Х

Техническая характеристика лопастных глиномешалок

Тип глиномешалки	МГ-2-4Х	ГКЛ-2М
Вместимость барабана, $м^3$	4	2
Число рабочих валов .	2	2
Частота вращения валов, об/мин	90—100	184
Максимальная производительность по комовой глине, $м^3/ч$	2	1,5
Мощность приводного двигателя, кВт	14	7
Габариты, мм:		
Длина	3890	1450
ширина	3015	2150
высота	1445	1500
Масса, кг	3565	1957

Механические лопастные глиномешалки отличаются простотой конструкции, но имеют и ряд существенных недостатков: сравнительно невысокую производительность; трудность доступа внутрь глиномешалки для выполнения ремонта и чистки; частые заклинивания и поломки лопастей при попадании в глину твердых включений большого размера; уменьшение рабочего объема глиномешалки при налипании глины к внутренним стенкам. Разновидность механических глиномешалок — фрезерно - струйные мельницы (ФСМ), разработанные Воронежским инженерно-строительным институтом для приготовления и утяжеления промывочных растворов. ФСМ— машины непрерывного действия, используются для приготовления глинистых растворов из комовых глин и глинопорошков.

Фрезерно-струйная мельница (рис.3) состоит из следующих основных узлов: лопастного ротора *2,* приемного бункера 9, предохранительной шарнирной плиты *13,* диспергирующей рифленой плиты *1,* ловушки *16* и лотка *4* для отвода готового глинистого раствора.

Комовые или порошкообразные материалы подаются, в приемный бункер *9,* вода—по перфорированной трубе 11. Подвижной щиток *10* ограничивает предельный размер комьев, попадающих из бункера во внутреннюю часть корпуса. Исходные материалы попадают по предохранительной плите *13* на вращающийся, на валу 3 ротор *2.* Большие камни или куски металла, имеющиеся в глинистом материале, заклиниваются между лопастями ротора и предохранительной плитой. Значительные усилия, возникающие при ударе лопастей 7 ротора о крупные твердые включения, приводят к срезыванию специальных сменных штифтов *15.* При этом предохранительная плита, поворачиваясь вокруг шарнира *12,* отходит к задней стенке корпуса мельницы, а посторонние включения проваливаются в ловушку *16,* закрытую снизу специальной откидной крышкой *18* с резиновой прокладкой *17.* Из ловушки они периодически удаляются путем открывания крышки с помощью механизма *19.*

Расстояние между лопастным ротором и предохранительной плитой изменяется путем перестановки штифтов в регулирующей планке *14.* В нижней части корпуса мельницы расположена сменная диспергирующая рифленая плита 1, огибающая с небольшим зазором четверть ротора. В боковой части корпуса укреплена решетка 6. Размер отверстий ее обусловлен требованиями, предъявляемыми к приготовляемому раствору. Сверху решетка закрыта отражательным щитком *5,* который может быть откинут поворотом вокруг шарнира *8.*

Готовый раствор стекает, по внешней поверхности решетки и по лотку *4* отводится в сторону. Корпус мельницы укреплен на раме *20.* Предусмотрен разъем

корпуса по горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала лопастного ротора.

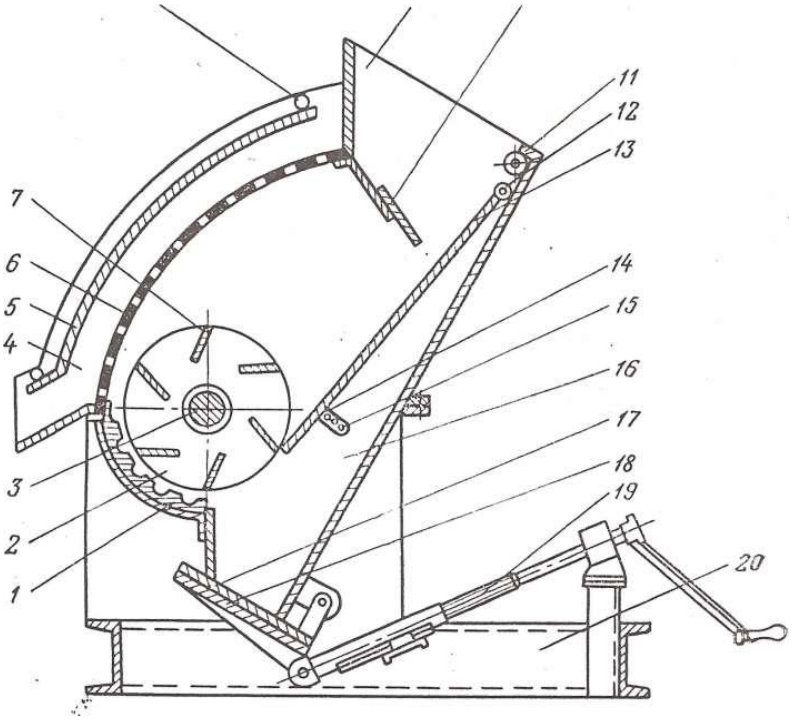


Рис. 3 Фрезерно-струйная мельница ФСМ-7

Принцип работы ФСМ заключается в следующем. Глина и вода, подаваемые в приемный бункер мельницы, захватываются лопастями ротора. При перемещении вдоль диспергирующей плиты происходит первичное измельчение глины. Дополнительное более тонкое измельчение их осуществляется при ударе струй, выбрасываемых лопастями ротора, о выходную решетку, а также при последующем перемещении суспензии вдоль решетки и прохождении раствора через ее отверстия. Частицы, не успевшие измельчиться в мельнице, вследствие циркуляции раствора вновь попадают под лопасти ротора.

Имеется ряд типов ФСМ: ФСМ-3, ФСМ-7, ФСМ-12, отличающихся, друг от друга, несущественными конструктивными изменениями.

Техническая характеристика фрезерно-струйной мельницы ФСМ-7

Производительность, т/ч:
по комовой глине ……. .....……...8—10
по глинопорошку..... .....…….20—25
Диаметр ротора, мм ……...……400
Частота вращения ротора, об/мин .....……500
Мощность приводного электродвигателя, кВт ..... ……28
Габариты, ……..……...1950x1530x1410
Масса, кг……..…….....1400

Бесперебойная работа фрезерно-струйной мельницы может быть обеспечена только при наличии механизированной загрузки исходных материалов.

К преимуществам ФСМ относятся: высокая производительность, как по комовым глинам, так и по глинопорошку; простота конструкции и небольшие габариты; высокая экономичность.

Недостатками являются: низкое качество раствора, так как он содержит много нераспустившихся частиц глины относительно высокая приводная мощность, исключающая применение ФСМ в отдаленных партиях с ограниченными энергетическими ресурсами.

Первый недостаток устраняется многократной циркуляцией раствора по схеме ФСМ — емкость — насос — ФСМ. При приготовлении глинистого раствора по такой схеме производительность ФСМ остается более высокой, чем у лопастных глиномешалок.

В Канимансурской ГРЭ С. В. Яковлевым предложена, а Э. Н. Карповским усовершенствована высокопроизводительная вихревая глиномешалка с небольшой приводной мощностью.

Глиномешалка состоит (рис. 4) из корпуса *5* с конусной нижней частью и сливным крапом *10* и кронштейна 1, на котором установлен электродвигатель *2*. Вращение от электромотора на рабочий элемент — активатор 8 (диск с ребрами на наружной поверхности) передается через вертикальный вал *6* и соединительную муфту 3. Вал крепится в верхней части к кронштейну с помощью опоры *4* с подшипниковым узлом внутри, а в нижней — фиксируется специальным опорным устройством *9*. При работе с мерзлой глиной над активатором устанавливается предохранительный конус 7.

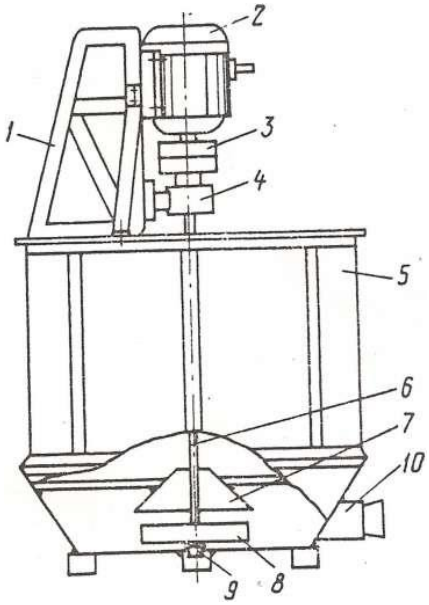


Рис. 4 Вихревая глиномешалка с вертикальным валом

При вращении активатора внутри глиномешалки создается завихрение жидкости и происходит размыв глины струями воды. Комья глины, отбрасываемые от активатора, после удара о стенки корпуса подхватываются струями раствора и вновь ударяются о ребра активатора, что способствует более интенсивному их разрушению.

Производительность вихревых глиномешалок примерно в три раза выше известных лопастных. Так, вместо 30—40 мин на приготовление 0,5 м^3 раствора из комовой глины затрачивается 10—12 мин. За счет применения электродвигателя небольшой мощности (глиномешалка емкостью 0,5 м^3 имеет двигатель мощностью 2,3 кВт) и повышения скорости приготовления раствора в несколько раз сокращается расход электроэнергии.

Вихревые глиномешалки просты по устройству и могут быть изготовлены в условиях механических мастерских экспедиций. Емкость их может быть практически любой.

Последнее время в некоторых геологоразведочных организациях применяется новая скоростная высокопроизводительная глиномешалка-диспергатор со шнековым перемешивающим устройством (рис.5**)** производительностью при механизированной загрузке до 240 м^3/сут. Габариты ее примерно в два раза меньше, чем у двухвальной глиномешалки, масса 800 кг. Принципиальная схема глиномешалки приведена на рис. 5. Она состоит из шнекового перемешивающего устройства, диспергирующих крыльчаток, вращающихся на одном валу, и броневых гребенок со сменными пропускными решетками, неподвижно закрепленных в корпусе. Общий вид профиля пропускной решетки показан на разрезе *А—А*. Регулировка производительности глиномешалки осуществляется вентилями.

Приготовление раствора производится следующим образом: глина из приемного бункера захватывается шнеком и направляется на диспергирующее устройство. Удаление твердых включении, не поддающихся диспергированию, производится через ловушку с нижней откидной крышкой. Глиномешалка может работать в замкнутом прямом и обратном цикле. Принудительная циркуляция создается вращением шнека и крыльчаток.

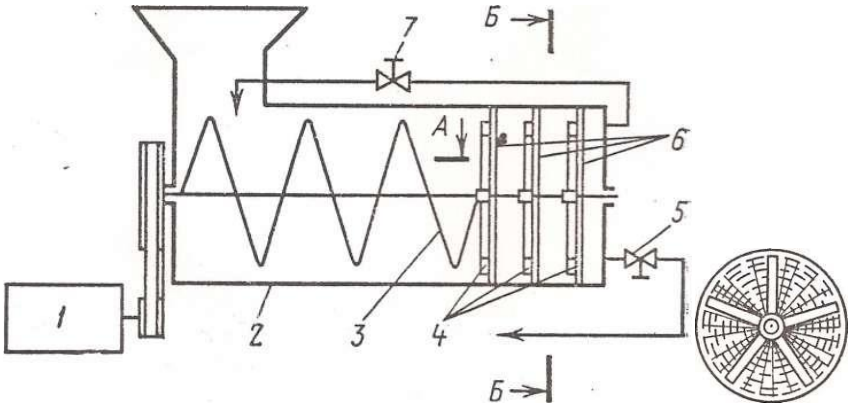


Рис. 5. Скоростная глиномешалка.

1- электромотор; 2- корпус; 3- шнековое устройство; 4- диспергирующие крыльчатки; 5- регулировочный вентиль; 6- пропускные решетки ; 7- регулировочный вентиль

Шаровые глиномешалки выпускали несколько последних лет. В качестве истирающих элементов в них применялись металлические шары. Барабан таких глиномешалок вращается, что приводит к перекатыванию шаров и истиранию твердой фазы. При более сложной конструкции производительность шаровых глиномешалок остается низкой, что и обусловило их снятие с производства.

Невысокая производительность лопастных и шаровых глиномешалок и высокая энергоемкость ФСМ вынуждают искать более приемлемые конструкции устройства, которые бы в большей мере учитывали конкретные условия работ. Так, имеются глиномешалки вихревого типа, (в которых перемешивание осуществляется по принципу, заложенному в стиральной машине), комбинированного типа, (в которых совмещены процесс предварительной пластической деформации и измельчения глины и перемешивание ее с жидкостью) и др.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ.

В разведочном бурении подчиненное значение имеет гидравлический способ приготовления глинистых растворов, при котором для разрушения части твердой фазы используется только кинетическая энергия струи. Устройства для гидравлического способа приготовления глинистых растворов получили название гидравлических смесителей или гидромешалок. Различают гидромониторные и эжекторные гидросмесители.

Гидромониторные глиномешалки ГСТ, ГВФТ, Папировского, Резниченко и другие используют при бурении глубоких скважин. Производительность таких гидромешалок 40—120 м^3/ч, давление жидкости перед насадками гидромониторов 4—10 МПа. Для условий разведочного колонкового бурения наиболее приемлем гидромониторный смеситель ГСТ (рис. 6)

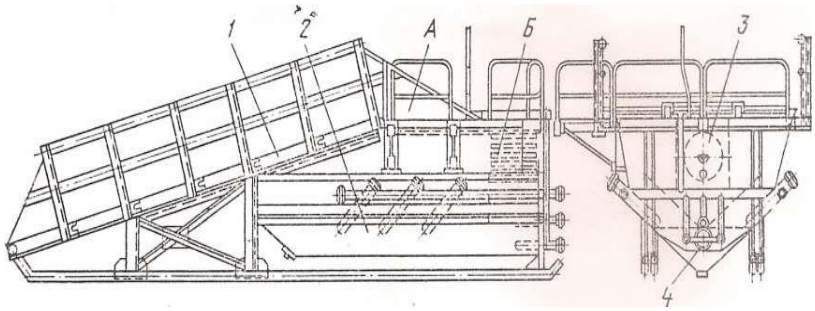


Рис. 6. Гидромониторный смеситель ГСТ.

Смеситель состоит из резервуара *2* и загрузочного трапа 1, по которому бульдозером подаются в резервуар исходные материалы. Резервуар разделен перегородкой на два сообщающихся отсека *А* и *В*. В отсек *А* встроены шесть мониторов, направленных под углом к оси резервуара. Такое расположение гидромониторов обеспечивает создание в отсеке А мощного потока, интенсивно размывающего глину.

В отсек *Б* встроены три гидромонитора. Образовавшаяся в отсеке*А* суспензия движется в отсек Б, который разделен перегородками на четыре полости. Проходя между перегородками, жидкость теряет нераспустившиеся комки глины, которые под действием трех гидромониторов возвращаются в отсек *А*. Освобожденная от комков суспензия поступает в барабанный фильтр 3, а оттуда через сливную трубу в приемный или запасной резервуар. Смеситель очищается через люк 4.

За один цикл нельзя получить высококачественный глинистый раствор, поэтому в процессе приготовления суспензия несколько раз циркулирует по замкнутому циклу буровой насос — смеситель — запасной резервуар — буровой насос до полной диспергации твердой фазы.

Производительность гидромониторного смесителя ГСТ 40 м^3/ч, объем резервуара 14 м^3, рабочее давление при работе одного насоса 4—5 МПа, двух насосов 7,5—9,5 МПа, масса 8390 кг.

Для получения глинистых растворов из комовых глин используют гидромониторную мешалку (гидросмеситель) Л. Т. Папировского (рис. 7). Она представляет собой корпус 6, имеющий форму горизонтально расположенного цилиндра, усеченного в нижней части. В корпусе на специальных опорах *2* монтируется нагнетательная линия, состоящая из нагнетательного кольца 1, с размывными трубками *3* и задвижками *9*.

Приготовление глинистого раствора осуществляется по замкнутому циклу. После заправки глиномешалки расчетным количеством глины и воды включается насос. Жидкость забирается насосом из глиномешалки по всасывающей линии и вновь поступает в нее по нагнетательной линии. Для предохранения от попадания во всасывающую линию насоса крупных комков глины в корпусе глиномешалки устанавливают две сетки 7 и *8*.

Загрузку глиномешалки глиной осуществляют при помощи бульдозера или автомашин-самосвалов. Вода подается из трубопровода или с помощью насоса.

Количество приготовленного раствора зависит от скорости истечения жидкости из размывных сопел и времени перемешивания. Количество одновременно работающих мониторов может меняться путем отключения части мониторов задвижками. Давление в нагнетательной линии должно поддерживаться в пределах 30—40 кгс/см^2. Длительность приготовления составляет 1,0— 1,5 ч.

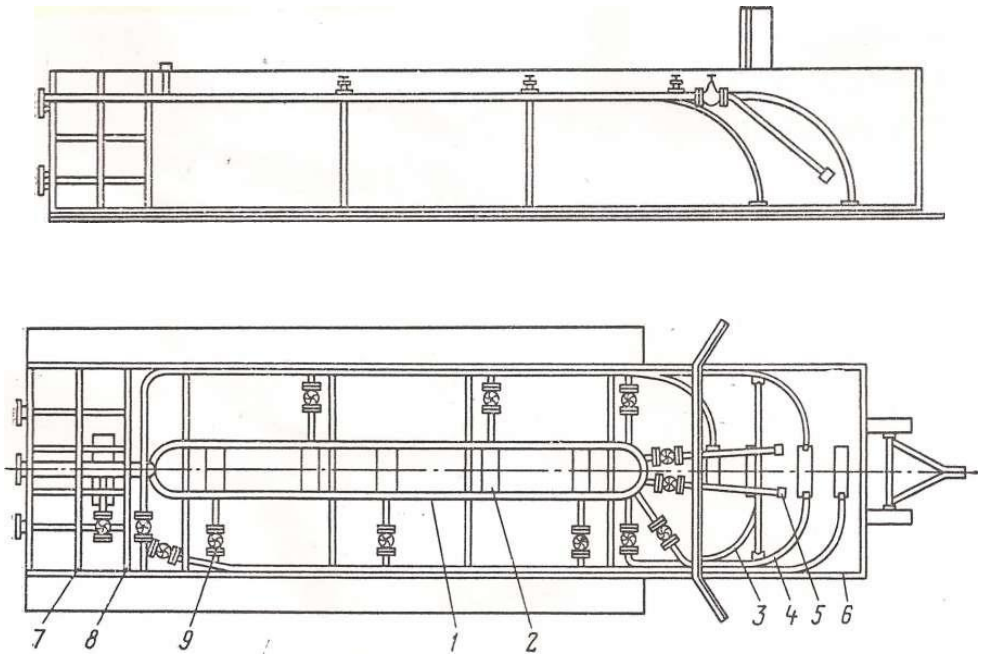


Рис. 7. Общий вид гидромониторной мешалки Л. Т. Папировского:
1 — нагнетательное кольцо гидромониторной системы; *2* — опора нагнетательного кольца; 5 —размывная трубка; *4* — водяная линия; *5* — штуцер размывной трубки; *6* — металлический корпус гидромешалки; 7 и *8* — металлические защитные сетки; *9* — задвижкавысокого давления

Емкость глиномешалок Л. Т. Папировского может быть различной (от 25 до 200 м^3). Производительность ее зависит от объема и примерно в 10—15 раз превышает производительность наиболее крупных лопастных глиномешалок МГ2-4 и Г2-П-2-4.

Для приготовления растворов из глинопорошка используются гидравлические мешалки эжекторного типа (гидроворонки). Это устройство непрерывного действия.

Гидравлические мешалки эжекторного типа (гидроворонки) используются для приготовления раствора из глинопорошка. Это — устройство непрерывного действия, наиболее распространена гидравлическая мешалка ГДМ-1 (рис. 8.). Она состоит из воронки *2* для загрузки глинопорошков, сопла 1, камеры смешения 3 и бака 5, смонтированных на общей раме 6. К соплу 1 под давлением подводится вода; при истечении ее в камере смешения образуется вакуум, благодаря чему туда засасывается порошок из воронки *2.* Образовавшаяся пульпа поступает в бак и ударяется о специальный башмак, что способствует измельчению комочков глины и более интенсивному их перемешиванию с водой. Готовый глинистый раствор сливается через выходную трубу *4* в верхней части бака. Поднимаясь вверх, раствор теряет скорость, и из него выпадают на дно нераспустившиеся комочки глины.

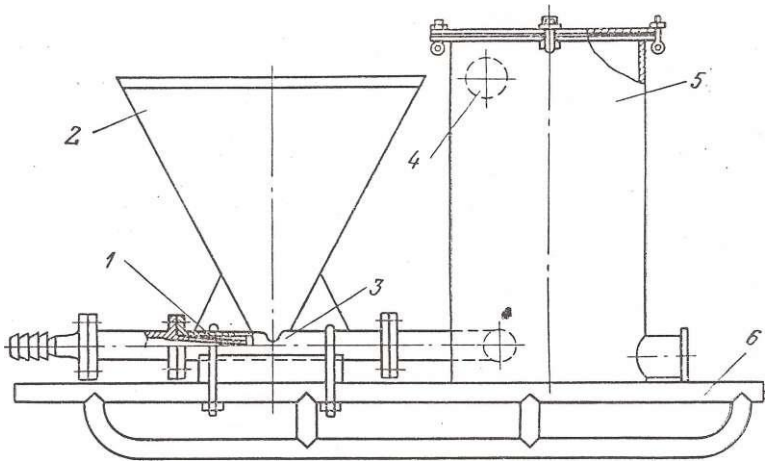


Рис. 8. Гидравлическая мешалка ГДМ-1

Имея относительно небольшие массу и габариты, гидроворонки отличаются высокой производительностью. Так, производительность гидравлической мешалки ГДМ-1 составляет по готовому раствору 70—90 $м^3$/ч при объеме воронки 0,175 $м^3$ и объеме бака 1 $м^3$. Масса гидроворонки 1120 кг.

Следует отметить, что качество глинистого раствора, приготовленного в гидроворонках, довольно низкое. Несмотря на тонкий помол, частицы глинопорошка в процессе перемешивания с водой должны пройти дальнейшее диспергирование. Однако такое диспергирование происходит недостаточно интенсивно. За счет броуновского движения происходит частичная диспергация глины, но качество раствора остается хуже, чем при приготовлении в лопастных глиномешалках.

Качество раствора может быть существенно улучшено его многократным пропуском через гидроворонку без добавления твердой фазы.

Гидроэжекторный смеситель (рис. 9.) используется для приготовления глинистых растворов из глинопорошков. Смеситель для нужд разведочного бурения серийно не выпускается. Однако в различных конструктивных вариантах изготовляется в ГРЭ, широко использующих глинопорошки. Он состоит из насадки /, загрузочной воронки *2* с клапаном $3_у$ приемной *4* и смесительной *5* камер, диффузора *6* и сливного патрубка 7. Жидкость, прокачиваемая насосом через насадку /, создает разрежение, под действием которого глинопорошок поступает в камеру гидросмесителя, где смешивается с жидкостью. Порошок может вводиться в смеситель через воронку *2* вручную.

Раствор, полученный в гидроэжекторном смесителе, для дополнительной диспергации глины должен выстоять в течение нескольких часов в приемной емкости с последующим интенсивным перемешиванием и обработкой в специальном диспергаторе.

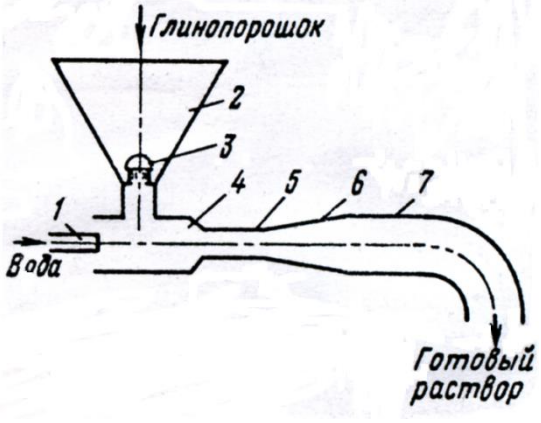


Рис. 9. Гидроэжекторный смеситель

Гидравлический диспергатор ДГ-1 (рис. 10.) состоит из корпуса с камерой 2, внутри которой помещены соосно керамические (металлокерамические, твердосплавные) насадки 3, закрепленные с помощью накидных гаек в посадочных выточках. Сверху камера закрыта глухим фланцем, открывающим доступ для смены насадок. К ней приварены входные и выходной патрубки для подачи и слива бурового раствора. Выходной патрубок *4* позволяет подсоединяться к гидроэжекторному смесителю БПР. На входной трубе 1 устанавливается задвижка высокого давления, манометр и предохранительный клапан на давление до 15 МПа.

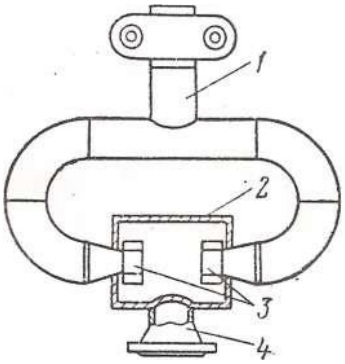


Рис. 10. Гидравлический диспергатор ДГ-1

Техническая характеристика ДГ-1

Рабочее давление, МПа ....…… ……..12 – 15
Подача по готовому буровому раствору, м^3/ч……...…15 – 20
Диаметр насадок, мм.....…….……9; 11; 13; 16
Масса, к г … … … … … … … … … … … … … … … … … … … 7 6

Принцип действия гидравлического диспергатора основан на том, что при соударении высокоскоростных встречных струй в камере ограниченного объема возникают кавитационные явления, ультразвук и другие эффекты, интенсифицирующие процессы диспергирования. Обработанные таким способом суспензии или эмульсии в последующем не изменяют своих свойств под влиянием менее мощных диспергирующих эффектов, возникающих при работе насосов, турбобуров, долот и других механизмов, в процессе бурения скважины. Кроме того, происходит дополнительное измельчение

глиноматериалов, нефти, битума, в результате чего для получения бурового раствора с одними и теми же показателями этих материалов и химических реагентов (стабилизаторов, эмульгаторов) требуется меньше.

3 СПОСОБЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСПЕРГАЦИИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ

Приготовление глинистых растворов в рассмотренных выше устройствах не обеспечивает полной диспергации твердой фазы. Увеличение времени перемешивания оказывается неэффективным, так как при этом резко падает производительность глиномешалок. Поэтому при необходимости глинистые растворы подвергают дополнительной обработке, пропуская их через специальные устройства — диспергаторы (иногда их называют также активаторами, дезинтеграторами). Методы диспергирования делятся на гидродинамические и механико-гидравлические.

Гидродинамическое воздействие обусловлено комплексом эффектов, из которых в качестве основных можно отметить энергию пульсирующих давлений в жидкости, взаимодействие ударных волн, гидравлический перетир слоев промывочной жидкости с твердой фазой, соударение частичек твердой фазы. Основной фактор измельчения частиц при гидродинамическом воздействии — кавитационный эффект, возникающий в поле переменного давления потока жидкости. Гидродинамическое воздействие реализуется гидравлическим, гидроакустическим и электрогидравлическим методами.

Механико-гидравлические методы воздействия осуществляются за счет энергии движущихся элементов механических устройств. Такие элементы могут быть либо свободно- движущимися телами, либо жесткозакрепленными.

В настоящее время разработаны и применяются диспергаторы различных конструкций. Примером гидравлического диспергатора является разработанное во ВНИИК нефти устройство, принцип действия которого основам па соударении двух струй жидкости, направленных навстречу друг другу.

Струйный диспергатор (рис. 11.) состоит из корпуса *8,* в который вмонтированы два патрубка *4* с насадками *6,* удерживающимися заглушками 7. Гайками 5 патрубки крепятся к корпусу. Глинистый раствор подается через тройник 1, быстроразъемные соединения 2, по изогнутым трубкам 3 к насадкам *6.* В корпусе происходит встреча потоков, обработанный раствор отводится по патрубку 9. У выходной кромки вследствие понижения давления образуются газовые пузырьки, которые, захлопываясь в зоне встречи струй, создают скачки давления, достигающие десятков и сотен МПа.

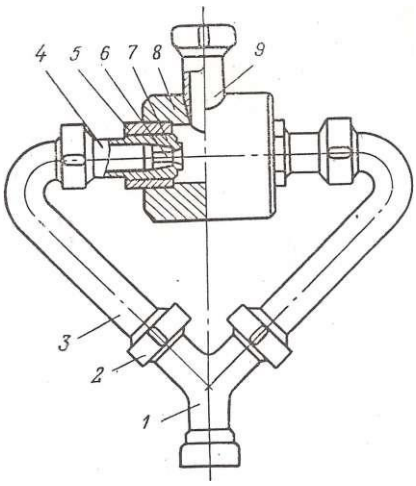


Рис. 11. Струйный диспергатор

Гидродинамический шаровой диспергатор представляет собой патрубок, заполненный стальными шарами, которые фиксируются с обеих сторон решетками. Он прост по устройству. Решетки удерживаются крышками с быстросъемными соединениями. Буровой раствор, проходя через толщу шаров, разделяется на ряд потоков, каждый из которых характеризуется множеством последовательных чередований зон повышения и понижения давления. Диспергация происходит за счет соударений частиц твердой фазы с шарами, а также вследствие кавитации.

Вихревой диспергатор ИГВ-2 (рис. 12.) представляет собой ультразвуковой излучатель. Устройство состоит из корпуса 5, в который с помощью стакана *4* вмонтирована улитка *2 с* многоходовой винтовой канавкой и осевым соплом 1. Раствор под давлением поступает одновременно через осевое сопло и по канавкам улитки, попадая в вихревую камеру 3. Закручиваясь в ней, струи жидкости образуют вихревой слой, в котором генерируется мощное акустическое поле, усиливаемое диафрагмой 5. При встрече осевого потока и вихревого •слоя за счет кинетической энергии встречных затопленных струй формируется кавитационный эффект.

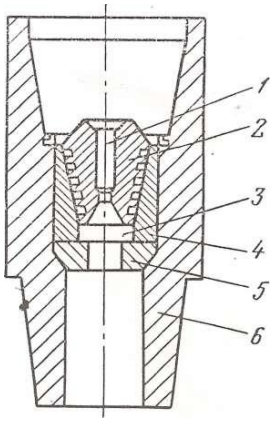


Рис. 12. Вихревой диспергатор ИГВ-2

Дисковый измельчитель (рис. 13.) состоит из корпуса 1 с подающим *2* и сливным 3 патрубками. В корпусе 1 смонтированы верхний неподвижный диск *4* и нижний диск 5, соединенный непосредственно с валом вертикально установленного электродвигателя 6. Глинистый раствор, поступая по патрубку *2* в зазоры между дисками и корпусом, приобретает вращательное движение, при котором частицы твердой фазы интенсивно истираются.

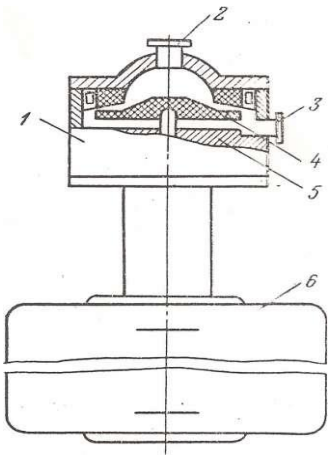


Рис. 13. Дисковый измельчитель

Гидродинамический шариковый диспергатор показан на рис. 14. Диспергация происходит за счет соударения частиц твердой фазы с шарами, а также кавитации. Избыточное давление 1—3 МПа.

Многокамерный дисковый диспергатор приведен на рис. 15. Гидродинамический режим работы диспергатора обеспечивается тем, что отверстия в дисках расположены по концентрическим окружностям с попеременным смещением в ряду.

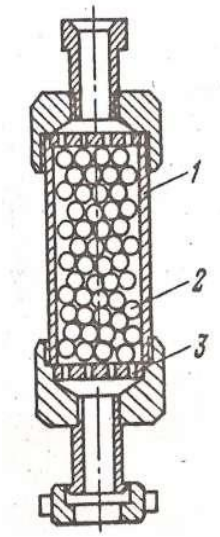


Рис. 14. Гидродинамический шариковый диспергатор
1-корпус;
2-стальные шары
3-решетки

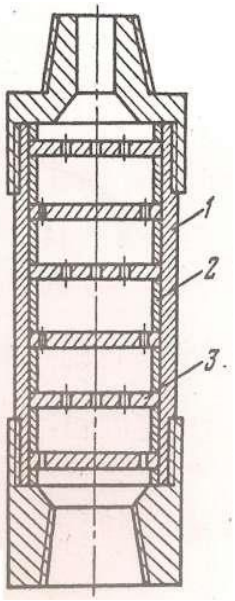


Рис. 15. Многокамерный дисковый диспергатор
1- корпус
2 – распорное кольцо
3 – диск с отверстиями

Стержневой ультразвуковой излучатель УГИ-С (рис. 16.) предназначен для улучшения и интенсифицирования процесса эмульгирования. Он состоит из цилиндрического корпуса *4* с пазами, регулировочного штока / отражателей 2 патрубка-сопла 5, штифта 3. Смесь воды и эмульгирующего реагента под давлением 0,5-0,6 МПа поступает в патрубок и с большой скоростью отбрасывается отражателем в узкую кольцевую щель сопла в виде веерообразной струи. Турбулентно обтекаяпластины жидкость возбуждает упругие колебания ультразвуковой частоты, способствующие тонкому диспергированию эмульгируемой смеси и улучшению качества эмульсионного

раствора. Спектр, упругих колебании излучателя 5-12 кГц, интенсивность колебаний (1,0-И,2)-10 Вт/м .

Для каждого диспергатора существует определенная длительность процесса, увеличение которой уже не приводит к дальнейшему диспергированию твердых частиц. Наоборот, увеличение времени воздействия на глинистые растворы, особенно при ультразвуковой обработке, вызывает обратный процесс т. е. агрегирование частиц дисперсной фазы. Оптимальное время обработки зависит от типа глины и колеблется от 8,5 мин для монтмориллонита до 4,5 мин для каолина.

Диспергаторы можно устанавливать в нагнетательной линии циркуляционной системы скважин; на буровой установке в качестве самостоятельного аппарата с индивидуальным приводом или приводом от бурового насоса; входить в качестве узла в состав комбинированных установок для приготовления глинистых растворов (например, в агрегате АПР-I совместно с гидромониторным смесителем).

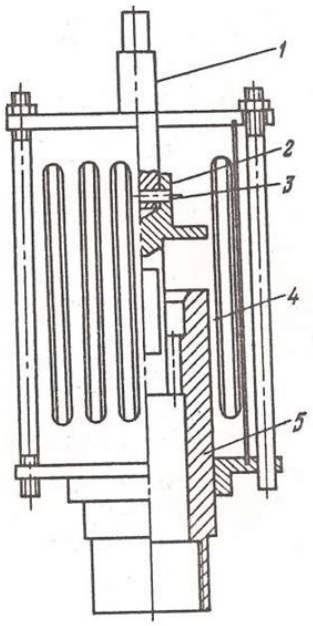


Рис. 16. Стержневой ультразвуковой излучатель УГИ-С

Все рассмотренные устройства могут использоваться и для приготовления прочих промывочных жидкостей.

4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ

Некоторые полимеры трудно растворяются в воде, поэтому приготовление раствора из них сводится к постепенному уменьшению их концентрации, Так, при использовании ПАА сначала исходный 8%-ный реагент разбавляют до 1%-ной концентрации, а затем добавляют в воду до заданной концентрации. Для механизации процесса приготовления применяют различного рода устройства. На рис. 17 показана установка для приготовления полимерных растворов ППР, разработанная ВИТРом.

Установка представляет собой бак 5, заключенный в водяную рубашку 4 с нагревательными элементами *2.* В баке смонтировано лопастное устройство 3 с электродвигателем 7 для перемешивания компонентов. Дополнительное

перемешивание осуществляется вихревым^ насосом 11.через систему трубопроводов. Компоненты загружают через устройство 6, которым управляют с пульта Р, расположенного в шкафу 10. Для регулирования температуры, которая контролируется термометром 8, служит температурное реле 1.

Техническая характеристика установки ППР

Полезная вместимость бака, $м^3$……..……..…….0,25
Вместимость бака водяной рубашки, $м^3$……....0,12
Частота вращения перемешивающего устройства, об/мин…….955
Потребляемая мощность, кВт:
нагревательными элементами……..…….……10,5
электродвигателем перемешивающего устройства……..4,0
электродвигателем насоса……1 , 5
Габариты, мм:
длина ..... ……..……2090
ширина ..... …….……920
высота.....……..…..1740
Масса, кг……450

Время приготовления раствора 1,5—3%-ной концентрации из желеобразного ПАА составляет 15—25 мин, а из сухого гранулированного без предварительного замачивания — 2—3 ч. Установка ППР позволяет осуществлять гидролиз ПАА.

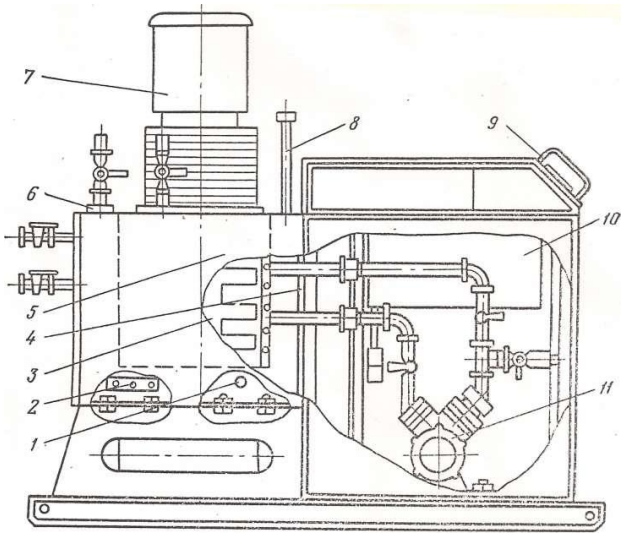


Рис. 17. Установка для приготовления полимерных растворов ППР

Наряду с глиномешалками широко распространены ультразвуковые генераторы. Установка на базе ультразвукового генератора (рис. 18.) отличается простотой, экономичностью, относительно высокой производительностью. Приготовление эмульсий на ней производится следующим образом.

В бак 3 установки (см. рис. 18.), смонтированной на раме 1, заливается вода (или другая исходная жидкость), а в маслобак *4* — концентрат-эмульгатор, например мылонафт. Концентрат подогревается с помощью тепло-электронагревателя 7 до 50— 60 °С. Затем включается насос *2,* из бака 3 по всасывающему трубопроводу *8* в насос поступает эмульгируемая жидкость, а из маслобака по маслопроводу 9— концентрат. Образующаяся смесь подается в гидродинамический излучатель 6, а получаемая эмульсия из приемного бака *5*

отводится в емкость. Затем эмульсия дозируется в соответствии с заданной концентрацией и подачей насоса в процессе эмульгирования.

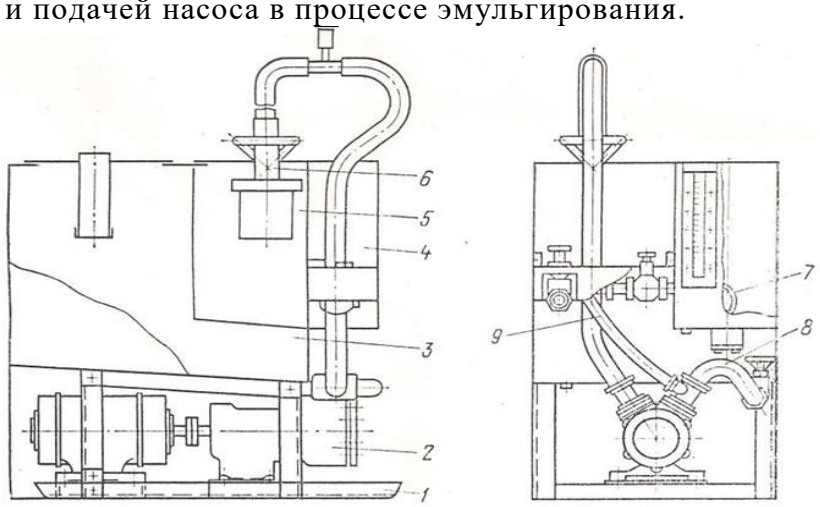


Рис. 18. Ультразвуковая установка для приготовления эмульсионных промывочных жидкостей

Принцип работы используемого в установке ультразвукового генератора (рис. 19.) заключается в следующем. Смесь исходной промывочной жидкости с эмульгируемым составом нагнетается насосом под давлением 0,6—0,8 МПа и поступает в зазор между насадкой *2* и отражателем *4.* Выходя из зазора веерообразной струей, жидкость ударяется о пластины 5, закрепленные в дисках 3 и *6.* Упругие колебания, образующиеся в результате завихрений жидкости, усиливаются резонансными колебаниями пластин и передаются в окружающую среду. Изменяя величину зазора между насадкой и отражателем- с помощью штурвала 7, можно получить разную толщину выходящей струи смеси и настроить излучатель на оптимальный режим работы. Излучатель помещается в корпусе 1 и соединяется с нагнетательной линией с помощью муфты *8.*

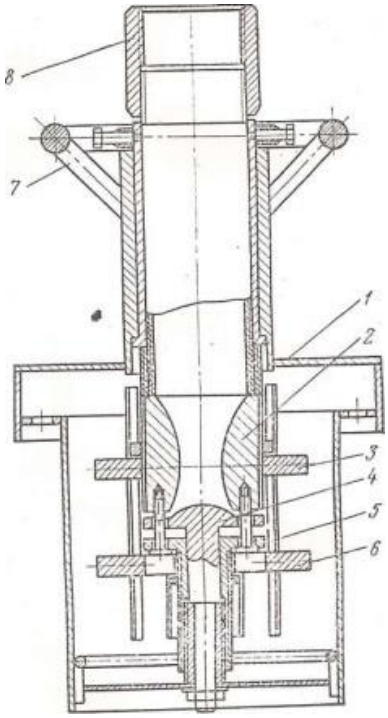


Рис. 19. Ультразвуковой генератор

Установка для приготовления эмульсионных растворов УЭМ-5 разработана в ИГО «Красноярскгеология». Она предназначена для приготовления тонкодисперсных эмульсий. Установка УЭМ-5 (рис. 20) выполнена в виде автономного агрегата, состоящего из насоса , электродвигателя 15, трехпозиционного крана 14, фильтра 13, всасывающего трубопровода 2, бака для воды 2, всасывающего трубопровода для эмульсола крана 4у бака для эмульсола 7, тройника 5, соединенного с излучателем 5, установленного в приемной камере 9, водонагревательного бака 6, уровнемеров 10 и 11 и пульта контрольно-измерительной аппаратуры.

Принцип действия установки заключается в следующем. При работе насоса 1 из бака 12 по всасывающему трубопроводу 2 (или непосредственно из водоема) поступает вода, а из бака 7 — разогретый концентрат (эмульсол). Смесь воды и концентрата через тройник 5 поступает в излучатель 5, где под действием ультразвукового эффекта в приемной камере 9 образуется тонкодисперсная эмульсия.

Установка УЭМ-5 при необходимости может быть использована для приготовления эмульсий непосредственно на скважине.

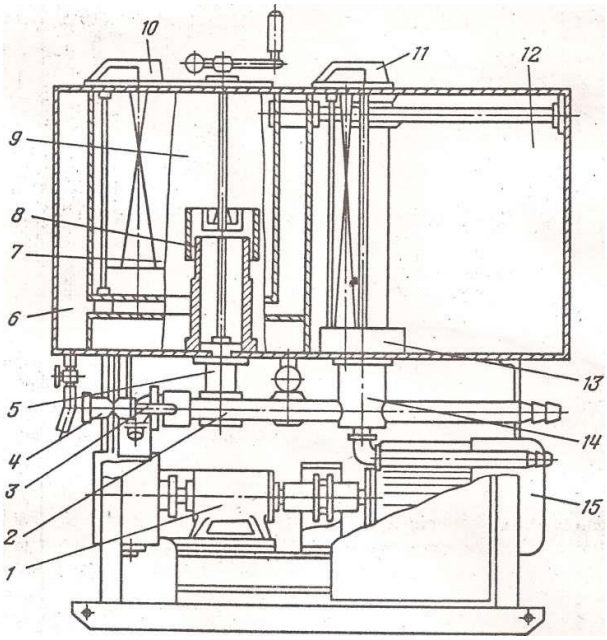


Рис. 20. Установка для приготовления эмульсионных растворов УЭМ-5

Техническая характеристика установки УЭМ-5

Производительность (для эмульсий 1-1.5 %-ной концентрации), $м^3$/ч…….5
Тип излучателя…….гидродинамический стержневой (УГИ-С)
Частота возбуждаемых колебаний, кГц…….……6-20
Давление на излучателе, МПа…….……...……...……..0,5
Объем бака, $м^3$:
для воды……...…….0,25
для эмульсола……..……..……..0,05
Мощность, кВт:
электродвигателя…….…….…5,5
нагревателя ТЭН……..…….……7,5
Габариты, мм:
длина…….…….1000
ширина……..……700
высота……..……...……..1500
Масса, кг……...…….350

5. ПЕРЕМЕШИВАТЕЛИ

Основная функция перемешивателей — не допустить расслоения бурового раствора и обеспечить равномерное распределение его компонентов во всем объеме циркуляционной системы. Для приготовления, обработки и циркуляции бурового раствора в практике бурения скважин применяют гидравлические и механические перемешиватели.

5. 1 Гидравлические перемешиватели

Отечественная промышленность выпускает гидравлические перемешиватели трех типов: 4УПГ, ПГ и ПГС. Перемешиватель 4УПГ (рис. 21) состоит из корпуса *2*, вращающегося в тройнике *3* ствола *4* и закрепленной на консоли ствола насадки *5*. Подвижные сочленения выполнены таким образом, что ствол с насадкой имеет возможность поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, обеспечивая тем самым любое направление струи посредством рукоятки 1.

Техническая характеристика перемешивателя 4УПГ

Рабочее давление, МПа	4,0
Диаметр сменной насадки, мм	16; 20; 30; 40
Расход жидкости, л/с	15—90
Габариты, мм	335x170x2200
Масса, кг	33,5

Раствор подается буровым или центробежным насосом по манифольду в корпус гидравлического перемешивателя, откуда через тройник и ствол поступает к насадке. Здесь поток существенно ускоряется и с высокой скоростью выбрасывается из насадки. Поворачивая ствол за рукоятку, оператор направляет струю бурового раствора в застойные и наиболее отдаленные от приема насоса зоны, тем самым обеспечиваются вовлечение всего объема бурового раствора в циркуляцию, гомогенизации раствора, диспергирование твердой фазы и эмульгирование жидких компонентов при приготовлении эмульсионных растворов.

Принцип работы перемешивателя ПГ такой же, как и 4УПГ, однако перемешиватель ПГ позволяет фиксировать с помощью двух пальцев положение монитора по отношению к корпусу и корпуса по отношению к приемному патрубку. Для этой цели к приемному патрубку и к корпусу приварены диски с отверстиями. Угольник монитора и приемный патрубок фиксируют в корпусе от осевого перемещения при помощи шариков, которые выполняют также роль подшипников качения. В связи с тем, что основные детали перемешивателя литые, масса его в 1,5 раза меньше массы перемешивателя 4УПГ.

Техническая характеристика перемешивателя ПГ

Наибольшее рабочее давление, МПа	6,0
Диаметр сменной насадки, мм	20; 25; 30; 40
Габариты, мм	273x160x2000
Масса, кг	23,8

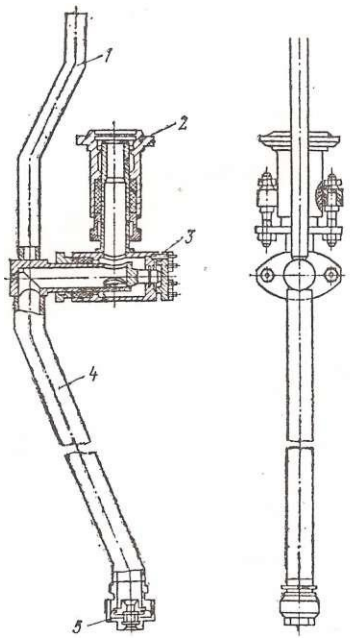


Рис. 21. Гидравлический перемешиватель 4УПГ

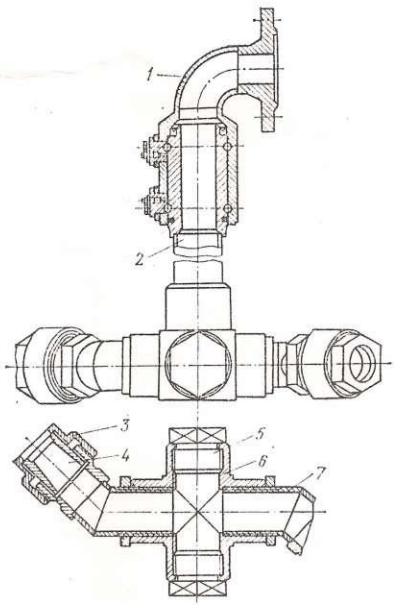


Рис. 22. Гидравлический перемешиватель ПГС

Гидравлический самовращающийся перемешиватель ПГС (рис. 22.) перемешивает жидкость без вмешательства оператора. Он состоит из приемного патрубка 7, ствола *2,* крестовины *6*, двух колен 7 с резьбовыми ниппелями, сменных насадок 4, закрепляемых с помощью накидных гаек 3. Сочленение ствола с приемным патрубком осуществляется при помощи специального шарикового подшипника. Крестовина присоединяется к нижней части ствола при помощи резьбы. Два конца крестовины заглушены пробками 5, а к двум другим (противолежащим) подсоединены колена с насадками.

Техническая характеристика ПГС

Наибольшее рабочее давление, МПа.....4,0
Диаметр, мм:
сменных насадок 20; 25; 30; 40
окружности, описываемой вращающимися коленями 480
Высота, мм 1777
Масса, кг.....38

Буровой раствор, нагнетаемый насосом в ствол перемешивателя, с большой скоростью вытекает из насадок в противоположных направлениях. Возникающая при этом реактивная пара сил заставляет вращаться крестовину в подшипнике, в результате чего изменяется направление действия струи с некоторой постоянной скоростью, зависящей от рабочего давления, развиваемого насосом, и реологических свойств бурового раствора. Крестовина вращается против часовой стрелки.

Основной недостаток перемешивателя типа ПГС – направление действия струи бурового раствора изменяется только в одной плоскости.

5.2 Механические перемешиватели

Для циркуляционных систем буровых установок отечественной промышленностью выпускаются механические перемешиватели ПМ, $ПМ_4$, $ПМ_2$, $ПЛ_1$, $ПЛ_2$.

Механический перемешиватель ПМ (рис. 23.) состоит из мотор-редуктора который крепится болтами к опоре 2, установленной на сварной раме 3, промежуточного вала 4, закрепленного на валу мотор-редуктора при помощи пальцевой муфты, лопастного вала *5* и перемешивающего органа *6.* Промежуточный вал установлен в двух шариковых подшипниках, расположенных в верхнем и нижнем концах цилиндрического корпуса, прикрепленного жестко к раме 3. Подшипники защищены от внешних воздействий и загрязнении кожухом, который при варен к фланцу промежуточного вала и вращается вместе с ним.

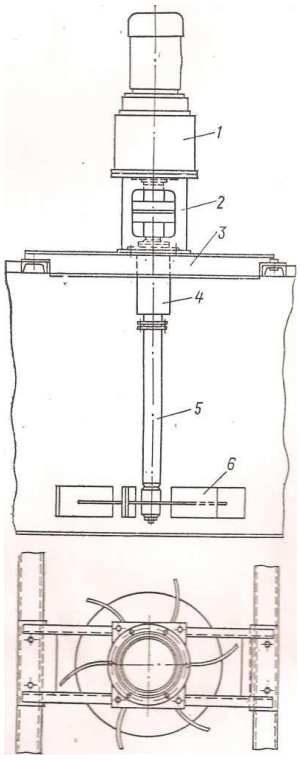


Рис. 23. Механический перемешиватель ПМ

Сварная рама ПМ устанавливается на верхней площадке емкости циркуляционной системы так, что зазор между лопастями и дном емкости составляет не менее 90 мм. На каждую емкость (или отдельный отсек) циркуляционной системы устанавливают, как правило, два механических перемешивателя.

На $ПМ_1$ установлен взрывозащищенный электродвигатель, а $ПМ_2$ отличается от описанного отсутствием цилиндрической опоры и пальцевой муфты.

В настоящее время налажен:» серийное производство наиболее совершенных механических перемешивателей ПЛ1 и $ПЛ_2$ (рис. 24.). Главным преимуществом их является то? что они оснащены комбинированным турбинно-пропеллерным перемешивающим органом, позволяющим значительно повысить эффективность перемешивания буровых растворов. Кроме того, их конструкция упрощена, а вместо дефицитного мотор-редуктора МПО2-15В-5,5/45,5 используются редукторы массового производства.

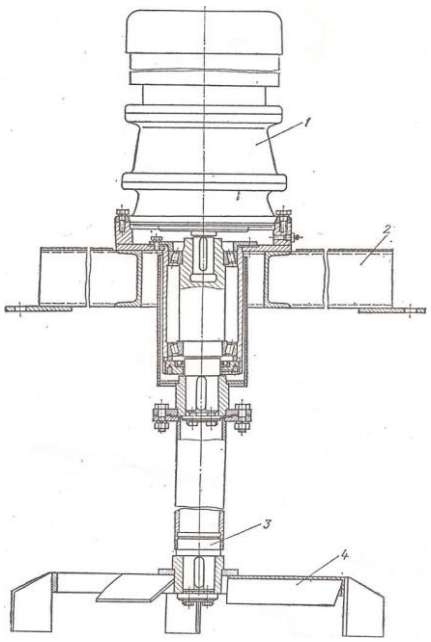


Рис. 24. Механическийперемешиватель с турбинно-пропеллерной мешалкой:
1 — мотор-редуктор; 2 — основание; *3*— вал; *4* — мешалка

Техническая характеристика механического перемешивателя

Шифр……..ПМ
Привод перемешивателя……мотор-редуктор МПО2-15В-5,5/45,5
Тип электродвигателя…….……..АО-42-4
Мощность электродвигателя, кВт……..…….…….5,5
Передаточное число планетарного редуктора……..…….32,1
Скорость вращения вала с лопастями, об/мин……..……45,5
Диаметр лопастей мешалки, мм……..……..……..950
Габаритные размеры, мм:
длина .....…….……1430
ширина ....……...……950
высота…….…...3262
Масса, кг……..……477

5.3. Перемешиватели, выпускаемые зарубежными фирмами

Зарубежные фирмы выпускают гидравлические перемешиватели, называемые гидравлическими пушками, трех, разновидностей.

Неподвижный перемешиватель, состоящий из патрубка диаметром 125—200 мм, внутри патрубка установлена насадка, питающаяся от нагнетательного трубопровода циркуляционной системы. Использование патрубка увеличивает эффективность действия струи, вытекающей из насадки. Неподвижные перемешиватели монтируют у дна резервуаров. Обычно монтируют два перемешивателя в двух противоположных углах резервуара. Насадки перемешивателей направлены параллельно продольным стенкам резервуара. Таким образом создаются условия: для вращения слоя жидкости, ограниченного стенками резервуара, а по высоте — эффективностью действия струй.

Фирма «Пенрод дриллинг компани» монтирует неподвижные перемешиватели посередине резервуара на расстоянии 450 мм от дна.

Самовращающиеся гидравлические перемешиватели, использующие для вращения реактивное действие вытекающих из насадок струй, благодаря чему осуществляется равномерное интенсивное перемешивание жидкости в плоскости насадок (рис. 25).

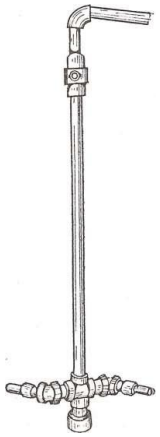


Рис. 25. Самовращающийся гидравлический перемешиватель.

Фирма «Сосьетэ де форажпетролье» применяет вращающиеся перемешиватели в прямоугольных резервуарах емкостью по 24 м^3. В каждом резервуаре установлено по четыре перемешивателя, две насадки в каждом. Диаметр насадок 32 мм. Насадки укреплены на вращающейся трубе на расстоянии 300 мм от дна и наклонены под углом к горизонту вниз. Такое их расположение, по данным фирмы, приводит к образованию турбулентных потоков, направленных от дна резервуара кверху.

При этом газ, имеющийся в жидкости, выносится этими потоками на поверхность, воздух же не проникает в жидкость. По данным той же фирмы, описанная установка при скорости вращения насадок 60 об/мин способна за 3 мин привести в однородное состояние 24 м^3 промывочной жидкости плотностью 2 г/см^3, которая перед этим оставалась в покое в течение 3 сут.

Поворотные гидравлические перемешиватели изготовляют двух типов — одношарнирные и двухшарнирные. На (рис. 26) показан двухшарнирный перемешиватель фирмы «Демко», установленный на буровой установке «Айдекопиньёпи». Перемешиватель состоит из трубы с рукояткой, на конце трубы смонтирована сменная насадка, двух шарниров с фиксирующими дисками и приемного патрубка, смонтированного на пусковой задвижке. Благодаря наличию двух шарниров труба с помощью рукоятки может направляться оператором в любую точку резервуара. Наличие фиксирующих дисков с пальцами позволяет оператору зафиксировать трубу с насадкой в любом положении.

Фирма «Лайтнин» (США) изготовляет механические перемешиватели двух типов —лопастные (рис. 27.) и пропеллерные.

Перемешиватели приводятся от электродвигателей мощностью от 2 до 15 л. с. Перемешиватели крепятся на резервуарах или желобах в вертикальном положении, при этом лопасти вращаются в горизонтальной плоскости. Скорость вращения лопастного вала составляет около 60 об/мин. Наружный диаметр лопастей колеблется от 700 до 1200 мм. В зависимости от диаметра лопастей выбирают мощность приводного электродвигателя.

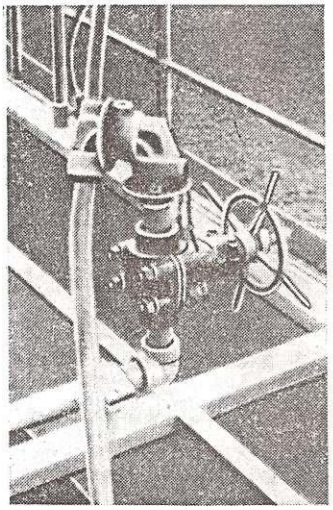


Рис. 26. Двухшарнирный гидравлический перемешиватель фирмы «Демко»

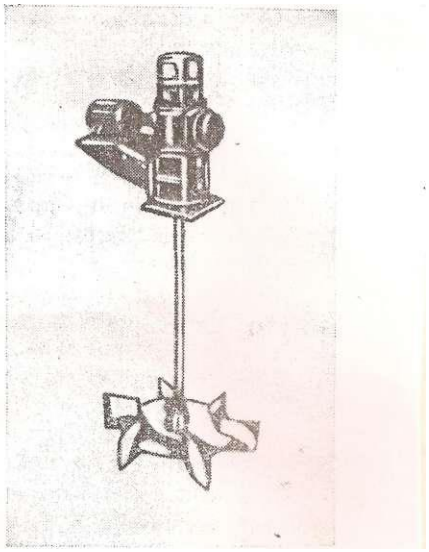


Рис. 27. Лопастной механический перемешиватель фирмы «Лайтнин»

У перемешивателей, устанавливаемых на желобах, предусматриваются лопасти диаметром менее 700 мм. Нижняя кромка лопастей отстоит от дна резервуара или желоба на 50— 100 мм.

6. ГИДРОАКУСЧТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ РАЗРАБОТАННЫЕ НА КАФЕДРЕ “ТТР МПИ”

6.1. Малогабаритная многосекционная роторная мельница «ММР-2»

Целью настоящей разработки конструкции мельницы с лопастным ротором явилась необходимость повышения степени измельчения и однородности твердой фазы в приготовлении суспензии роторными мельницами. Другой задачей явилось обеспечение предварительного измельчения крупных кусков исходной твердой фазы приготовляемых суспензий.

Работает мельницы следующим образом (рис. 28): исходный материал например, крупно-комовая глина непрерывно подается в загрузочный бункер 1, одновременно в мельницу подается жидкая фаза по трубопроводу 16. Крупные куски твердого материала проходят предварительное измельчение на более мелкие фракции между дисками 14 и лопастями 10 первой ступени ротора, т.е. предварительное измельчение твердой фазы невозможно без вращения ротора. При этом за счет свободного поворота дисков на оси 13 и наличия на них зубцов (или выступов) происходить смена режущих кромок в зазоре между дисками 14 и лопастями 10. Отсюда, в процессе измельчения участвуют все режущие кромки, расположенные по окружности дисков, и длительное время они остаются острыми, не затупляются из-за их значительной протяженности.

Вращаясь, диски 14 одновременно очищаются зубьями гребенки 15. Струя жидкости, истекая под давлением из сплошной щели трубопровода 16, дополнительно промывает диски. Дисками, очищенными от кусков налипшего или застрявшего между ними твердого материала, производится наиболее эффективно предварительное измельчение. Независимое друг от друга свободное вращение дисков обеспечивает наилучшее прохождение и измельчение более крупных кусков твердого материала.

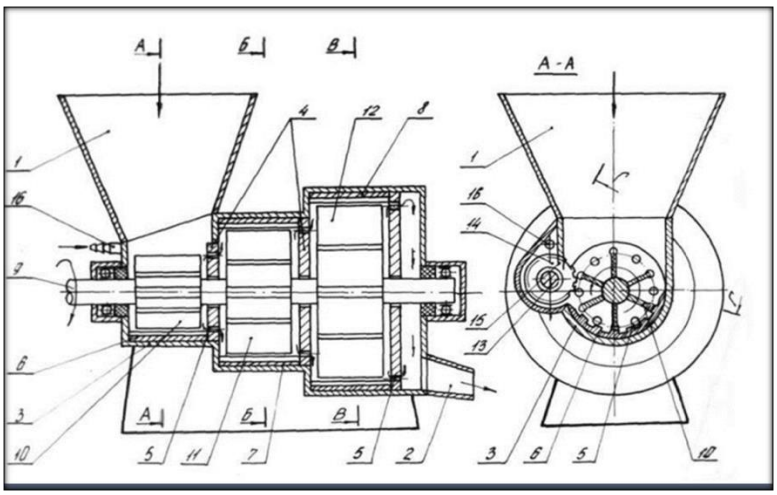


Рис. 28. Конструктивная схема роторной мельницы «ММР-2»

Пройдя стадию предварительного измельчения, твердая фаза продолжает измельчаться лопастями 10 о ребристую поверхность ударной плиты 6. Затем полученная в первой секции корпуса 3 крупнодисперсная пульпа под действием центробежных сил (а значит и давления пульпы), возникающих во вращающемся потоке, по сквозным отверстиям 5, расположенным в боковой стенке 4, поступает во вторую секцию. Во второй и последующей секциях крупнодисперсная пульпа претерпевает более тонкое измельчение, после чего готовая суспензия по отводному лотку 2 выводится наружу. Малый диаметральный размер первой секции корпуса 3 позволяет увеличить силовое усилие лопасти для раздавливания твердых комков исходного продукта измельчения, и , наоборот увеличения размеров последующих секции обеспечивает лучшее измельчение твердой фазы крупнодисперсной пульпы (приготовление в первой секции) при больших окружных скоростях движущегося потока пульпы в зонах измельчения (находящихся между ребристой поверхностью ударных плит 7,8 и периферийными кромками лопастей 11,12). Последовательное измельчение в первой, второй и третьей секциях позволяет получить суспензию однородной по фракционному составу и значительно повысить степень измельчения ее твердой фазы.

Производительность описанной мельницы выше известных в 2, 3 раза и более (в зависимости от числа секции корпуса). Она обеспечивает быстрое и качественное приготовление больших объемов буровых растворов, что позволяет уменьшить простой и осложнения при бурении скважин и получить существенный экономический эффект. Далее, уменьшается рабочая площадь глинозаводов, поскольку данная мельница заменяет несколько известных роторных мельниц типа «ФСМ». Более эффективно измельчение мельницы сокращает расход электроэнергии в 1.2-1.3 раза.

Техническая характеристика многосекционной роторной мельницы.

Вид измельчаемого материала……любая горная порода
Крупность кусков исходного материала (в поперечнике), мм.до 100/150
Производительность , $м^3$/час……..……до 30
Частота вращения лопастного ротора в минуту……1000
Диаметр лопастного ротора, мм:
первой ступени……...30
второй ступени……..…….....50
третьей ступени…….…….....70
Длина лопастного ротора, мм……..……..1100

Потребляемая мощность, кВт…… ……20

Габаритные размеры, м

Длина…… ... ….……200

Ширина…… …….. …….1600

Высота……..…….. .1050

Масса (без электродвигателя), кг……..……420

6.2. Барабанный измельчитель.

Конструктивные особенности барабанного измельчителя в отличие от всех других устройств гидромеханического типа, применяемых для приготовления буровых промывочных жидкостей, позволяют реализовать в нем принципиально новый и эффективный способ диспергации глинистого материала. Отличие заключается и в расширении функциональных возможностей; разработанный измельчитель работает не только в качестве диспергатора, он осуществляет транспортирование промывочной жидкости, т.е. одновременно выполняет функцию перекачивающего насоса.

Принципиальная конструктивная схема измельчителя представлена на рис. 29: а- продольный разрез устройства; б- сечение по А-А. Барабанный измельчитель имеет цилиндрический корпус 1 с приводом и станину 2.внутри корпуса 1 соосно ему неподвижно закреплен на станине 2 рабочий орган, содержащий два параллельно расположенных диска 3 и 4. В центре диска 3 выполнено отверстие, соединенное посредством полой оси 5 с разгрузочным патрубком 6.

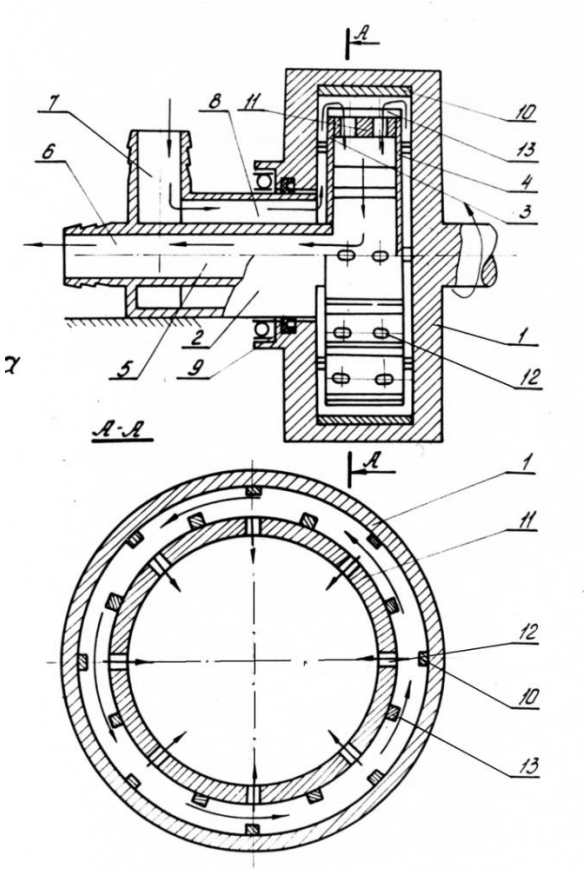


Рис.29. Конструктивная схема барабанного измельчителя.
а- продольный разрез; б- сечение по А-А.

1- цилиндрический корпус; 2- станина; 3- диск; 4- диск; 5-полая ось; 6-разгрузочный патрубок; 7- загрузочный патрубок;8- кольцевые каналы; 9- герметизирующее устройство; 10- продольный ребра; 11- кольцевая муфта; 12- отверстия; 13- износостойкие вставки.

Загрузочный патрубок 7 соединен с внутренней полостью корпуса 1 с помощью кольцевых каналов 8, размещенных в станине 2. Для герметизации внутренней полости корпуса между ним и станиной 3 установлено герметизирующее устройство 9, в виде сальникового уплотнителя.

На внутренней поверхности корпуса 1 смонтированы продольные ребра 10, а диски 3 и 4 по периферии соединены между собой герметично кольцевой муфтой 11. В муфте 11 выполнены отверстия 12, сообщающие зону измельчения с внутренней полостью рабочего органа. Муфта 11 армирована с наружной поверхности износостойкими вставками 13.

Измельчитель работает следующим образом. Вращательное движение от привода передает корпусу 1, вследствие чего наступающая через кольцевые каналы приготавливаемая промывочная жидкость под действием центробежной силы отжимается к периферии корпуса 1, где образует высокоскоростной круговой поток. Ребра 10 на внутренней поверхности корпуса 1 способствуют лучшему захвату поступающей жидкости вращающимся корпусом 1, в результате чего по всей цилиндрической внутренней поверхности корпуса 1 создается круговой поток. Двигающийся высокоскоростной поток в результате взаимодействия с нормально расположенными к его оси вставками 13 тормозится. В результате происходит диспергация глинистых частиц промывочной жидкости, которая характеризуется процессом объемного их разрушения.

Одновременно в результате торможения потока происходит относительное смещение его движущихся слоев, следовательно Постоянное смещение диспергируемых частиц относительно друг друга и воздействие на них центробежной силы, возникающей во вращающемся круговом потоке, вызывает между ними интенсивное трение, что приводит к их разрушению. Из зоны диспергации приготовленная промывочная жидкость по отверстиям 12 поступает во внутреннюю полость рабочего органа. Выгружается приготовленный продукт через отверстие в диске 3, канал полой оси 5 и разгрузочный патрубок 6.

Техническая характеристика барабанного измельчителя.

Вид измельчаемого материала…….....…….глина бентонитовая
Степень измельчения (линейный размер частиц), м;
исходная……..……..10^{-4}
минимальная……..……...10^{-6}
Производительность по глиноматериалу, $м^3$/ч…….……1
Потребляемая мощность, кВт……...…….6
Угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с…….104,6
Статический напор потока на выходе измельчителя ,МПа……..…0,2
Габариты , мм : ширина……...……800
длина…….……1200
высота…….650
Масса (без привода), кг…….……....……..158

6.3. Струйная вихревая мельница.

Разработанная струйная вихревая мельница конструктивно отличается от других подобных устройств, работающих по принципу гидродинамических генераторов тем, что содержит два когерентных источника звуковых колебаний, соединяющихся общим выходным каналом. Такое отличие позволило интенсифицировать процесс измельчения твердой фазы озвучиваемых буровых промывочных жидкостей за счет удвоения энергии звуковой волны.

Конструкция мельницы представлена на рис. 30. Мельница состоит из двух полых цилиндрических вихревых камер 1, снабженных тангенциально расположенными насадками 2 входного 3 и выходного 4 патрубков. Между вихревыми камерами 1 и выходным патрубком 4 помещены шайбы 5 с калиброванными отверстиями. В конструкции выходного патрубка 4 предусмотрена возможность расположения здесь приемника звуковых колебаний 6 для измерения параметров работы мельницы.

Мельница работает следующим способом. В полость вихревых камер 1 по тангенциальным насадкам 2 поступает обрабатываемая промывочная жидкость, подаваемая насосом через входной патрубок 3 мельницы. В камерах 1 поступающая жидкость раскручивается, образуя так называемый первичный вихрь. За счет вязкостного трения получает вращательное движение промывочная жидкость, которая уже находилась в полости камер, образуя вторичный вихрь. Вакуумизация осевой части вторичного вихря в полости камеры 1 вызывает поступление сюда жидкости из выходного патрубка 4, в результате чего происходит гидравлический удар с повышением давления в полости камеры до значения звукового. После рассеивания избыточного давления, т.е. после единичного звукового импульса, процесс повторяется.

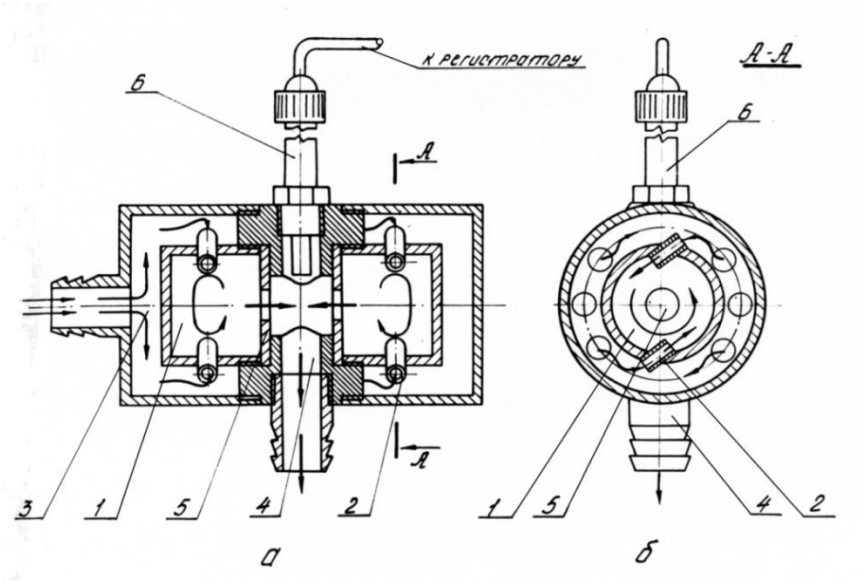


Рис. 30. Конструктивная схема струйной вихревой мельницы.
а-продольный разрез; б- сечение по А-А.
1-вихревая камера; 2- насадки; 3- входной патрубок; 4- выходной патрубок;
5- калибровочные шайбы; 6- приемник звуковых колебаний.

Техническая характеристика струйной вихревой мельницы.

Вид измельчаемого материала……...…….глина бентонитовая
Степень измельчения (линейный размер частиц), м
исходный…….....…….……10^{-6}
минимальный…….…….....…….10^{-7}
Производительность по сухому глиноматериалу, $м^3/ч$…….....0,5
Удельный затраты энергии на привод, $кВт/м^3$…….…….....2,4
Давление пульпы, МПа:
на выходе…….……...…….0,4
на входе……...…….4,4
Частота генерируемых звуковых колебаний, кГц……..……..…20

Амплитуда звукового давления генерируемой волны, МПа…….....0,12
Диаметр вихревой камеры, мм……...……..100
Габариты, мм длина……...……..….600
ширина…….…….……..…..420
высота……...……720
Масса мельницы, кг…….…….…….80

6.4. Гидродинамическая роторная мельница ГРМ-2

Обработка промывочных жидкостей с целью дальнейшей диспергации твердой фазы под воздействием гидроакустических колебаний в последнее время находит широкое применение. Одновременно остается не решенной задача измельчения и диспергирования различных видов глиноматериала с высокой степенью дисперсности конечного продукта до 10^{-5} - 10^{-7} м. Такая задача может быть успешно решена лишь при совмещении в одном устройстве двух известных способов диспергирования: механического и гидродинамического.

Целью настоящей разработки гидроакустической роторной мельницы ГРМ - 2 является повышение эффективности измельчения путем дополнительного ослабления связей между частицами твердого материала, за счет воздействия на исходный продукт гидроакустическим полем в процессе его измельчения в рабочей камере мельницы механическим способом. Общий вид гидроакустической мельницы показан на рис. 35.

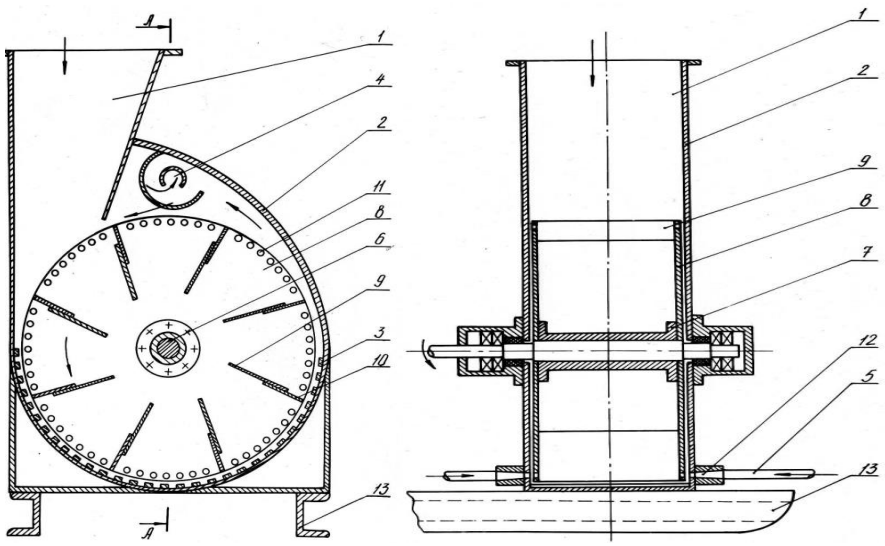


Рис. 35. Гидроакустическая мельница “ГРМ -2”

1 - загрузочный бункер; 2 - корпус; 3 - ударная плита; 4 - выходной патрубок; 5 - трубопровод; 6 - вал; 7 - соединительная втулка; 8 - диск; 9 - лопасти; 10 - насадки; 11 - отверстия; 12 - сопла; 13 - рама,

Мельница состоит из загрузочного бункера 1, корпуса 2, внутри которого размещен горизонтальный лопастной ротор, ударная плита 3, выходной патрубок 4 трубопровода 5 для подачи жидкой фазы. На валу 6 ротора через соединительную втулку 7 жестко закреплены диски 8, между которыми установлены лопасти 9 со сменным насадками 10. На периферии дисков 8 по окружности выполнены отверстия 11, напротив которых в боковых стенках корпуса 2 установлены сопла 12, соединенные с трубопроводом 5 для подачи жидкой фазы в мельницу. Корпус мельницы с приводом установлен на раме 13.

Работает мельница следующим образом. Исходный материал, например, комовая глина, подается в бункер I. Затем исходный материал захватывается лопастями 9 и, попадая на ударную плиту 3, измельчается силовым усилием лопастей. Одновременно по трубопроводу 5 подается под давлением (до 2,0 - 5,0 МПа) жидкая фаза, например, вода, которая, истекая из сопел 12 с высокой скоростью через отверстия 11 в дисках 8, попадает в зону измельчения, расположенную между кромками лопастей 3 и ударной плитой 3, Поскольку диски 8 вращаются вместе с лопастями 9, то струя жидкости, истекающая из сопел 12, периодически прерывается; при этом достигается частота порядка 1500-2000 Гц. В результате в зоне измельчения предложенной мельницы возникает мощное гидроакустическое поле. В это поле лопастями ротора подаются все новые и новые порции твердого материала. При этом исходный твердый материал одновременно с силовым разрушающим воздействием лопастей ротора подвергается мощным звуковым колебаниям, передаваемым жидкой средой в зону измельчения. Данные колебания резко ослабляют связи между твердыми частицами, вследствие чего материал легко разрушается от силового воздействия лопастей ротора. Измельчаемый твердый материал вместе с жидкой фазой в виде суспензии выводится наружу через выходной канал 4. Подача глиноматериала лопастями 9 ротора в зону измельчения делает процесс разрушения материала непрерывным [3]. Техническая характеристика гидроакустической роторной мельницы МГР-2 представлена в таблице.

Техническая характеристики измельчительной машины “ГРМ-2”

Вид измельчаемого материала	Глина, мел, барит, слюда и др.
Линейный размер частиц, м:	
Исходный, не более	0,05
Конечный	10^{-6} … 10^{-7}
Производительность по глиноматериалу, $м^3/ч$	1,5…2,0
Частота генерируемых гидроакустических колебаний в рабочей камере, Гц	1500…2000
Потребляемая мощность, кВт	28
Габаритные размеры, мм	
высота	1720
длина	1340
ширина	1065
Масса без электродвигателя, кг	280

Благодаря высокой эффективности измельчения в данной гидроакустической мельнице в несколько раз сокращается число циклов повторного прохождения суспензии через мельницу для измельчения твердого материала до требуемой фракции. В результате производительность мельницы увеличивается в 2-4 раза по сравнению с известными роторными мельницами. Это особенно важно для быстрого и качественного приготовления промывочных жидкостей при бурении скважин в сложных геологических условиях.

6.5 Многоступенчатая струйно-вихревая мельница “СВМ - 3”

В предлагаемой измельчительной машине реализован перспективный принцип постадийного измельчения исходного продукта. Разработанная мельница конструкции “СВМ – 3” отличается от аналогичных конструкций тем, что позволяет на порядок

повысить дисперсность приготавливаемых суспензий при одновременном снижении энергозатрат на 30-40 % на работу устройства. Мельница предназначается для активации промывочных жидкостей после их длительного хранения и дополнительного диспергирования грубодисперсных промывочных жидкостей. Конструкция струйной вихревой мельницы поясняется чертежами на рис.36.

Мельница состоит из герметичного корпуса 1, выполненного в виде барабана с входным 2 и выходным 3 патрубками, расположенными по оси корпуса 1 с противоположных торцов. Внутри корпуса 1 размещен смеситель, выполненный из группы последовательно расположенных дисков 4 и 5, которые жестко прикреплены к корпусу 1 перпендикулярно его оси. В дисках 4 и 5 в направлении от входного 2 к выходному 3 патрубку выполнены отверстия 6 и 7 с определенной последовательностью. Первый диск 4 имеет периферические отверстия 6, второй диск 5 - центральные отверстия 7. Корпус 1 выполнен с возможностью вращения, которое передается от двигателя (на чертеже он не показан) с помощью клиноременной передачи через шкив 8, установленный на входном патрубке 2. Для обеспечения возможности вращения корпуса 1 входной 2 и выходной 3 патрубки установлены в опорах на радиальных самоустанавливающихся подшипниках 9.

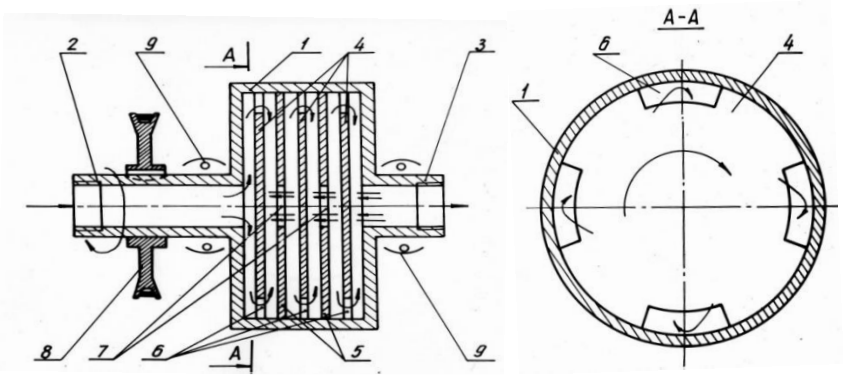


Рис. 36. Струйная вихревая мельница для активации промывочной жидкости СВМ-3
1 - корпус; 2 - входной патрубок; 3 - выходной патрубок; 4 и 5 - диски; 6 и 7 - отверстия; 8 - шкив; 9 - подшипники.

Работает мельница следующим образом.

Во внутрь вращающегося корпуса 1 по входному патрубку 2 через вертлюг (на чертеже не показан) непрерывно под давлением подают крупнодисперсную пульпу. Здесь пульпа, двигаясь по зазору между торцом корпуса 1 и диском 4 и через периферические отверстия 6, благодаря наличию сил трения внутри жидкости, раскручивается и приобретает частоту вращения, равную частоте вращения корпуса 1. Во вращающемся потоке происходит измельчение твердой фазы пульпы. Кроме того, пульпа, раскручиваясь в корпусе 1, под действием центробежных сил, возникающих во вращающемся потоке, прижимается к боковым стенкам корпуса 1. В результате этого в центре вращающегося потока около отверстия 7 диска 5 образуется зона разряжения. С одной стороны, в зону разряжения из отверстия 7 устремится часть пульпы, с другой стороны сюда по зазору между дисками 4 и 5 пульпа поступает непрерывно. Вследствие этого объем вращающегося потока возрастает, и пульпа стремится выйти по зазору между дисками 4 и 5, в результате происходит гидравлический удар встречных потоков. Одновременно с этим давление в зазоре между дисками 4 и 5 возрастает, в результате чего происходит выброс части пульпы через отверстие 7 в сторону выходного патрубка 3. А в центре вращающегося потока около отверстия 7 опять возникает зона разряжения и процесс повторяется с высокой частотой, достигая звукового или ультразвукового диапазонов. Так как смеситель мельницы выполнен в виде группы дисков, то пульпа, двигаясь через него, периодически и многократно подвергается колебаниям с высокой частотой, а твердая фаза интенсивно разрушается. Это повышает эффективность измельчения и

позволяет с высокой производительностью осуществлять приготовление буровых промывочных жидкостей [3]. Техническая характеристика многоступенчатой струйно-вихревой мельницы СВМ - 3 представлена в таблице.

Техническая характеристика измельчительной машины СВМ-3

Параметры	Значения
Вид измельчаемого материала	Крупнодисперсная пульпа
Линейный размер частиц, м:	
Исходный, не более	10^{-5}
Конечный	10^{-7} … 10^{-8}
Производительность по глиноматериалу, $м^3/ч$	18…20
Частота генерируемых гидроакустических колебаний в рабочей камере, Гц	20000
Потребляемая мощность, кВт	18
Габаритные размеры, мм	
высота	650
длина	1340
ширина	720
Масса без электродвигателя, кг	176
Статистический напор потока, МПа:	
на выходе	0,4
на входе	4,5
Амплитуда звукового давления генерируемой волны, МПа	0,12

6.6 Многоступенчатая микромолотковая мельница для приготовления механоактивированных буровых растворов

Важным резервом повышения производительности бурения скважин и сокращения сроков разведки месторождений полезных ископаемых является правильный выбор технологии бурения, в том числе вида и качества промышленных жидкостей с высокой степенью механоактивации исходных компонентов. При этом для приготовления таких механоактивированных промывочных жидкостей используются самые разнообразные по физико-механическим свойствам сходные компоненты из твердых материалов: глина, мел, барит, гипс, доломит, гематит, торф, целлюлозосодержащие твердые материалы и другое минеральное и органическое сырье. Исходя из этого для качественного и производительного приготовления механоактивированных промывочных жидкостей необходимо использовать энергонапряженнную измельчительную технику, обеспечивающую высокий потенциал передачи механической энергии мелющих органов измельчаемому продукту. Особенно это требование важно, как показывает практика, для разрушения при измельчении вязких и пластичных материалов с высокими деформационными характеристиками физико-механических свойств.

Учитывая вышеизложенное, на кафедре ТТР МПИ разработана новая технология энергонапряженного измельчения минерального и органического сырья с повышенным диапазоном величин прочностных и деформационных параметров физико-механических свойств этих твердых материалов. Причем конструкция измельчительного устройства, реализующая данную технологию измельчения, выполнена с учетом технологических и эксплуатационных требований приготовления высококачественных

буровых промывочных жидкостей из самых разнообразных исходных компонентов. Основными задачами разработки предлагаемой технологии измельчения многоступенчатой мельницей микромолоткового типа являлось повышение эффективности измельчения и однородности по степени дисперсности готового продукта путем создания условий для последовательного перемещения всей массы материала через зоны наиболее интенсивного измельчения, а также увеличение долговечности работы мелющих тел.

Измельчительная машина (рис. 37.), реализующая предлагаемую технологию измельчения, представлена на рисунке. Она содержит камеру дробления 1, два вертикально установленных ротора на валах 2 и 3 с дисками 4. В дисках 4 на окружностях разного диаметра выполнены отверстия 5, в которых установлены оси 6 с размещенными на них пакетами длинных 7 и коротких 8 молотков. В некоторых местах вместо них установлены молотки 9 в форме лопастей. Количество лопастей, их размещение в пространстве камеры дробления и угол установки по отношению к потоку определяются свойствами материала и заданной степенью его измельчения. Камера дробления 1 снабжена входным 10 и выходным 11 каналами. Молотки 7 и 8 упрочнены по всей поверхности, например, путем цементирования, борирования, нитрирования и т. д., так, что толщина неупрочненной части составляет 40 % от общей толщины молотка, обычно равной 2-3 мм. По мере износа молотков их переставляют на новые места крепления так, чтобы сохранился заданный наружный диаметр молотков, установленных на роторе.

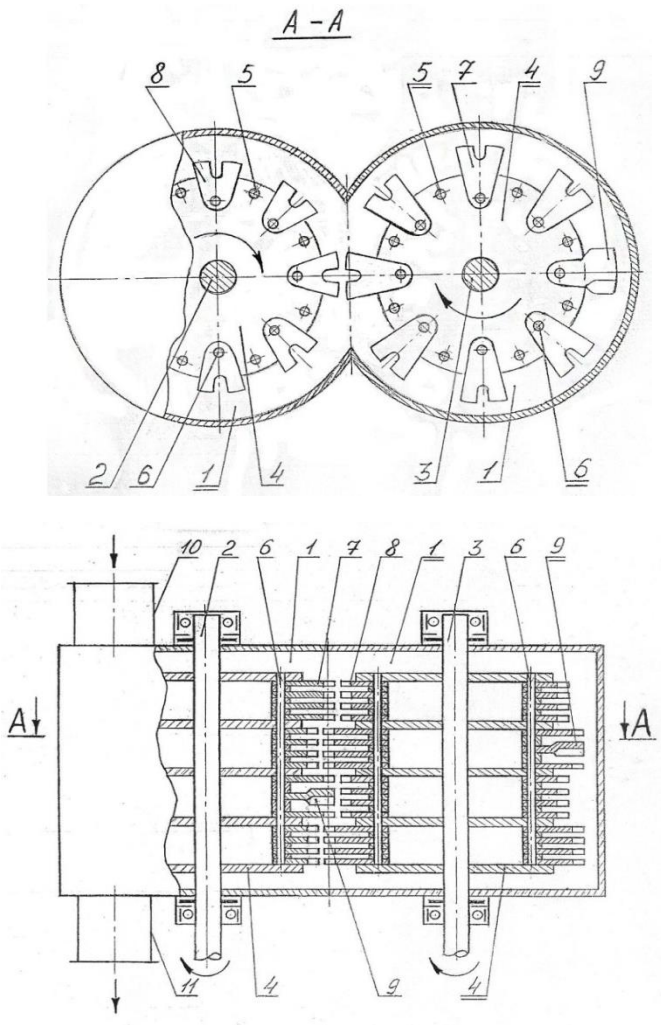


Рис. 37. Схема многоступенчатой микромолотковой мельницы конструкции МММ-2.

При работе устройства измельчаемый материал через входной канал 10 подается в верхнюю часть камеры дробления 1 к пакету длинных молотков 7 ротора на валу 2, вращающегося в одном направлении с ротором на валу 3. Измельчаемый и перемещаемый этими молотками в кольцевом пространстве вокруг ротора на валу 2 материал поступает в зону встречного движения молотков 7 и 8, где интенсивно измельчается благодаря удвоенной скорости взаимодействия частиц материала с молотками в стесненных условиях и полностью перемещается в кольцевое пространство вокруг ротора на валу 2 за счет окружной скорости потока, большей, чем окружная скорость потока материала в кольцевом пространстве вокруг ротора на валу 3. По мере измельчения молотками 8 частицы материала под действием силы тяжести опускаются к нижележащему пакету длинных молотков 7 ротора на валу 3, и процесс измельчения повторяется аналогичным образом до тех пор, пока материал не достигнет самого нижнего пакета коротких молотов 8, после чего измельченный материал поступает в нижний выходной канал 11. Скорость перемещения продукта в зоне измельчения регулируют путем варьирования количеством на роторах молотков 9 и направлением угла атаки их лопастей.

Предлагаемая конструкция многоступенчатой микромолотковой мельницы МММ-2 имеет следующие технические данные.

Вид материала	Глина, барит, доломит, известняк, цемент, полевой шпат, слюда, тальк, древесный и каменный уголь, доменные шлаки и др.
Линейный размер частиц, м: исходного продукта конечного продукта	 (2-10)*10-3 (5-20)*10-6
Степень измельчения	30-50
Число единовременно протекающих актов разрушения твердого материала в измельчительной машине, с-1	(1,1-1,4)*104
Общее количество ударных рабочих элементов, шт.	2240
Тип системы охлаждения	Водяное
Потребляемая мощность, кВт	75
Производительность, т/ч	1,0-1,5
Габариты, мм	3200x2150x1650
Масса, кг	3950

Проведенные стендовые исследования опытного образца многоступенчатой молотковой мельницы МММ-2 показали высокую эффективность ее работы при измельчении материалов с различными прочностными и деформационными свойствами (глина комовая, барит, гематит, каменный уголь, торф и т. д.). Это позволяет рекомендовать ее для эксплуатации в различных геологоразведочных организациях при приготовлении весьма разнообразных по составу буровых промышленных жидкостей, поскольку помимо высокой эффективности измельчения твердых материалов данная мельница обеспечивает высокую степень массообмена (т. е. перемешивания) при измельчении. Наконец, предлагаемая конструкция мельницы МММ-2 может найти широкое применение при получении высокодиспергированных пульп и порошков различных технологических материалов в горно-обогатительной, химической, строительной и других отраслях промышленности.

6.7 Лопастной механоактиватор “ЛМА-2М”

Мокрый метод механоактивации дисперсных систем является наиболее технологичным при реализации в полевых условиях, с целью повышения вяжущих свойств тампонажных буровых растворов. Поэтому разработка новых высокоэффективных методов данного вида механоактивации дисперсных систем вяжущих материалов является актуальной проблемой, особенно при цементировании нефтегазовых скважин.

Эффективность мокрого метода механоактивации тампонажных смесей на основе цементов авторами предварительно исследовалась в лабораторных условиях. Выполнение лабораторных работ включало в себя предварительную активацию исходных вяжущих, из которых готовятся исследуемые тампонажные смеси, а затем активировались сами смеси. В качестве вяжущих использовались цементы следующих марок: М200; М300; М400.

Активация вяжущих осуществлялась путем мокрого механического сверхтонкого измельчения лабораторными лопастными активаторами до размеров частиц преимущественно от 10 до нескольких микрон с удельной поверхностью до 0,6-0,8 $м^2$ /г. Пробы были изготовлены из цементного теста, подвергшегося вышеуказанному гидромеханическому воздействию. Мокрая механоактивация растворов производилась на протяжении разных интервалов времени (20, 40, 60 мин.).

Анализ результатов лабораторных исследований подтверждает эффективность мокрого метода механоактивации вяжущих (предел прочности цементного камня на сжатие $\sigma_{сж}$ увеличивается на 30-40 %) и необходимость существенного увеличения энергонапряженности процесса механоактивации вяжущих. Для повышения эффективности мокрой механоактивации, как показали лабораторные исследования, целесообразно повышение скорости движения измельчающей среды. Это возможно осуществить в закрученных потоках жидкости.

Закрученный поток формирует поле центробежных массовых сил и обладает следующими специфическими особенностями:

- в случае формирования кольцевых закрученных потоков без механического воздействия на него рабочих органов измельчительного аппарата успешно решается проблема чистого помола, так как в кольцевом закрученном потоке реализуется процесс самоизмельчения;
- поток имеет соизмеримые значения осевой, вращательной и радиальной составляющих скорости;
- поток имеет продольный и поперечный градиенты статического и полного давления;
- поток имеет существенное значение градиента скорости в поперечном сечении; отличается высоким уровнем турбулентных пульсаций;
- осуществляет активное и консервативное воздействие центробежных сил на поток.

Закрученные потоки эффективно используются во многих механизмах для реализации сложных процессов.

Принцип работы предложенного способа, работающего в режиме самоизмельчения в кольцевом закрученном потоке, поясняется эскизом на рисунке 1.

Устройство, с помощью которого реализуется предлагаемый способ измельчения твердых материалов (рис.38), состоит из цилиндрического горизонтального корпуса 1 с футеровкой 2 внутренней его поверхности, загрузочного бункера 3 и выгрузочного патрубка 4 с регулировочным краном 5. Внутри корпуса 1 соосно размещен ротор, содержащий вал 6 с подшипниковыми опорами 7, две ступицы 8, на которых закреплены лопасти 9 с одинаковым зазором 10 между периферийной кромкой лопасти 9 и поверхностью футеровки 2 корпуса 1.

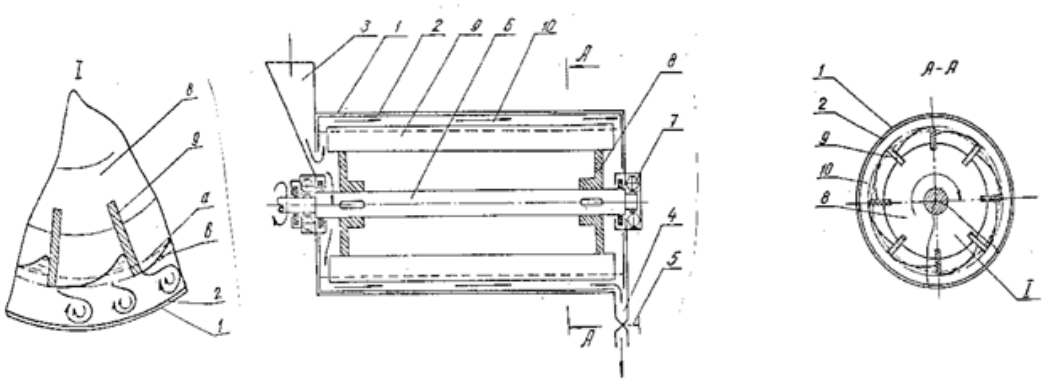


Рис. 38. Схема лопастного механоактиватора “ЛМА-2М”

Измельчение твердых материалов по предлагаемому способу осуществляется следующим образом.

При вращающемся роторе исходный продукт подается в рабочую камеру в виде пульпы с крупностью кусков от 1 до 10-15 мм при водотвердом отношении в пределах от 0,5 до 1,5. Вращающиеся лопасти 7 ротора механически формируют внутри корпуса кольцевой закрученный поток с усредненной внутренней поверхностью S'. При этом лопасти 7, вращаясь с высокой скоростью, порядка 1500-3000 об/мин, интенсивно деформируют внутреннюю поверхность кольцевого потока до некоторой граничной области S''. В результате такой деформации во всем объеме кольцевого потока на всю его толщину возникают завихрения, обладающие повышенными турбулентными характеристиками. Твердый материал при этом активно взаимодействует друг с другом и с лопастями 7 ротора, измельчаясь вследствие малого значения водотвердого отношения измельчаемого продукта. Кроме того, находясь в области активного протекания кавитационных процессов в закрученном потоке, материал также эффективно разрушается. В процессе работы устройства необходимая толщина закрученного кольцевого потока устанавливается регулировочным краном 5. Проходя через рабочую камеру, исходный продукт в виде текучей пульпы измельчается и выводится наружу через выгрузочный патрубок 4.

Предлагаемое водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 обеспечивает высокую степень взаимодействия твердых частиц друг с другом и рабочими органами, например, лопастями вышеприведенного устройства, что способствует существенному повышению интенсификации разрушения твердых частиц путем их истирания. При этом во встречных закрученных потоках, имеющих, как известно, высокие скорости вращения, твердые частицы дополнительно разрушаются при соударении друг с другом.

Процесс механической активации дисперсных систем возможно интенсифицировать двумя путями: за счет увеличения доли динамической составляющей разрушающей нагрузки и за счет увеличения количества единовременно протекающих актов разрушения, что обеспечивает сокращение интервалов времени между двумя последовательными актами. Реализация намеченных путей может быть достигнута только при высоких скоростях движения рабочих органов и их количестве в устройстве. Однако ключевым условием эффективности измельчения по предложенному способу, как показали экспериментальные исследования, является водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 %. Это вполне отвечает требованиям приготовления буровых тампонажных растворов, в том числе при цементировании нефтегазовых скважин. Экономически внедрение предлагаемой разработки в производство, по мнению авторов, является крайне актуальным.

6.8 Малогабаритная щеточная мельница ММЩ-2М для приготовления буровых промывочных жидкостей

Разработанная щеточная мельница отличается от других измельчителей механического типа, применяемых для приготовления буровых промывочных жидкостей тем, что процесс измельчения глиноматериала осуществляется за счет непрерывного разрушения его поверхностного слоя щеткой ротора. Как показали теоретические исследования, затраты энергии на измельчение глиноматериала в мельницах со щеточным вооружением ротора гораздо ниже, чем в мельницах с лопастным ротором, где процесс разрушения материала носит объемный характер.

Конструктивная схема разработанной щеточной мельницы представлена на рис. 39. Мельница состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 с приемным бункером 2 и выходным каналом 3. Цилиндрические стенки внутри полости корпуса 1 покрыты футированной поверхностью 4. По оси в корпусе 1 размещен ротор 5, выполненный в виде щетки 6, охватывающий вал 7 ротора 5 по всей длине. Между валом 7 и щеткой 6 ротора 5 выполнен кольцевой канал 8. В его нижней части соосно с валом 7 установлена потоконаправляющая труба 9 с окнами 10, закрепленная с корпусом 1. Вал ротора 5 снабжен шнеком 11, расположенным внутри потоконаправляющей трубы 9.

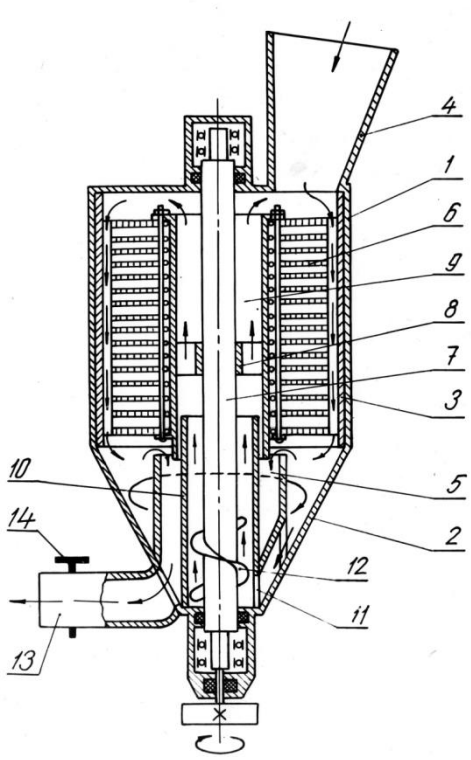


Рис.39. Схема щеточной мельницы ММЩ-2М.

Мельница работает следующим образом. В корпус 1 через приемный бункер 2 производится непрерывная подача твердой и жидкой фазы приготавливаемой буровой промывочной жидкости. Перемещаясь в корпусе 1 сверху вниз глиноматериал подвергается разрушению и одновременно перемешивается с жидкой фазой под воздействием щеток 6 вращающегося ротора 5. В нижней части корпуса 1 мельницы происходит разделение потока приготавливаемой промывочной жидкости. Приготовленная жидкость (глиноматериал измельчен до частиц заданного линейного размера) отводится из корпуса 1 через выходной канал 3. Недоизмельченные частицы твердой фазы, линейный размер

которых больше задаваемого, осаждаются в нижней части корпуса 1 мельницы. Отсюда они подхватываются движущимся потоком жидкости, который создается шнеком 11 и перемещаются через окна 10 по полости потоконаправляющей трубы 9 и кольцевому каналу 8 к верхнему пространству корпуса 1,т.е. в исходное положение.

Разработанная конструкция щеточной мельницы позволяет производить разделение измельчаемого глиноматериала по фракциям и выводить из рабочей полости готовую промывочную жидкость с частицами твердой фазы, измельченными до заданной степени дисперсности. Это способствует сокращению непроизводительных затрат энергии на осуществление процесса приготовления бурового раствора, т.к. практически конструкция мельницы исключает процесс переизмельчения.

Затраты мощности $N_{щ}$ на привод мельницы складываются из затрат мощности на осуществление процесса измельчения $N_{щ}^{/}$, на преодоление вязкостного трения $N_{в}$ при вращении ротора мельницы в среде приготавливаемой промывочной жидкости и на транспортирование $N_{т}$ недоизмельченного глиноматериала в рабочей полости мельницы

$$N_{щ}=N_{щ}^{/}+N_{в}+N_{т} \quad (1)$$

Затраты мощности $N_{щ}^{/}$ на осуществление процесса измельчения определяются производительностью $Q_{щ}$ мельницы по глиноматериалу и величиной удельной энергии $E_{щ}$, затрачиваемой на измельчение единицы его объема.

$$N_{щ}^{/}=E_{щ}*Q_{щ} \quad (2)$$

Затраты мощности на преодоление вязкостного трения при вращении ротора мельницы в среде приготавливаемой промывочной жидкости определяется как

$$N_{в}=\frac{200\mu в\omega 2\pi}{1}((R_{щ}^{4}-Ч_{щ}^{4})*2/Z_1+(h_{щ}*R_{щ}^{3})/Z_2) \quad (3)$$

где μ- динамический коэффициент вязкости приготавливаемой промывочной жидкости;

ω- угловая скорость вращения ротора;

$R_{щ}$ и $Ч_{щ}$- радиусы рабочей полости и ротора мельницы;

$h_{щ}$- длина ротора;

Z_1 и Z_2 - зазоры, соответственно, между торцевыми поверхностями ротора и верхней и нижней крышками корпуса, и между щеткой ротора и футированной поверхностью корпуса.

Затраты мощности $N_{т}$ на транспортирование недоизмельченного материала в рабочей полости определяется как

$$N_{т}=2,72Q_{т}*q_{р}*h_{щ}*K_{т}(W+1) \quad (4)$$

где $Q_{т}$- производительность транспортирования шнеком;

$K_{т}$- коэффициент учитывающий потери на трение ($К_{т}$=1,3-1,5);

q- постоянная (q=9,82);

W- опытный коэффициент сопротивления при перемещении материала шнеком (W=1,9-2,3)

$$Q_{т}=1800\pi^{2}D_{в}^{2}\psi h_{в}£ \quad (5)$$

где $D_{в}$- диаметр шнека;

ψ- коэффициент заполнения шнека (ψ=1);

$h_{в}$- шаг винта шнека;

£- коэффициент, учитывающий влияние угла наклона оси шнека к горизонту на его производительность (при $\delta= 90^{0}$,£=0,4).

Решение уравнений (3), (4) и (5) при следующих конструктивных параметрах: $\mu=10^{-4}$Нс/м^2; ω=104,86 рад/; $R_{щ}$= 0.25м и $Ч_{щ}$=0.24м; Z_1=0.25 м и Z_2=0.81 м; $h_{щ}$=0.6 м.;$D_{в}$=0.15 м; $h_{в}$=0.07 м, дало следующие численные значения:$N_{в}$=6.88 кВт; $N_{т}$=1.77 кВт при $Q_{т}$=16.11 м^3/ч.

Затраты энергии на привод мельницы без учета затрат на осуществление процесса измельчения составляет 8,65 кВт*ч. В зависимости от степени измельчения S и подачи $Q_{щ}$

материала в мельницу общие затраты мощности, необходимые для осуществления процесса измельчения будут изменяться от 9,0 кВт до 12,5 кВт.

Техническая характеристика мельницы:

Вид материала……..глина бентонитовая
Линейный размер частиц ,м; исходная…….0,1
минимальная……..10^{-4}
Производительность, $м^3$/ч……..……16
Мощность, кВт*ч…….……..12,5
Скорость вращения ротора, рад/с……104,86
Габариты рабочего органа ,м;
диаметр…….0,48
длина…….0,60
Габариты шнекового устройства, м;
диаметр……..……..0,15
длина……..…….……...0,35
шаг винта шнека…….……..0,07
Габариты мельницы, мм;
длина…….……1500
ширина……..……1000
высота…….…..……1800
Масса, кг…….350

Следует отметить, что щеточная мельница, как показали результаты ее эксплуатации в производственных условиях, может с успехом применяться не только для приготовления буровых промывочных жидкостей на основе глиноматериалов, но и с использованием мела, извести, цемента, их смесей и одновременной обработкой различными химическими реагентами.

6.9 Вихревой гидродинамический излучатель “ГДИ”

Обработка промывочных жидкостей, с целью дальнейшей диспергации твердой фазы, под воздействием ультразвуковых колебаний в последнее время находит широкое применение. В практике для этих целей используются два типа излучателей звуковых колебаний: с резонансными клиньями и с вихревой камерой. Последние нашли большое распространение при обработке буровых промывочных жидкостей ввиду простоты конструкции и малых габаритов, что позволяет производить их установку в колонне бурильных труб (рис. 40).

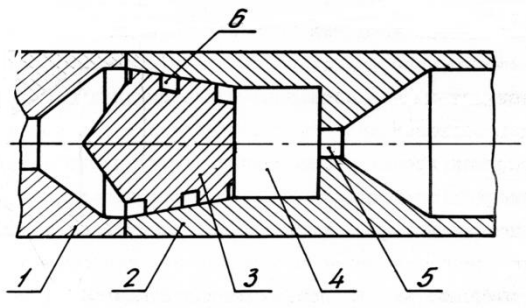


Рис. 40. Схема вихревого гидродинамического излучателя “ГДИ”
1 - корпус; 2 - крышка; 3 - вкладыш; 4 - вихревая камера; 5 - входное сопло;
6 – входные каналы

Генерирование звуковых колебаний в излучателях с вихревой камерой осуществляется за счет создания в системе интенсивного энергообмена между первичным, вводимым тангенциально в цилиндрическую полость камеры, и вторичным, поступающим из выходного патрубка, вихрями. При этом давление на выходном патрубке меняется с частотой f, определяемой диаметром камеры D и перепадом давлений P_1 и P_2 на входе и выходе излучателя [1]:

$$f = \frac{C}{\Pi D} \left(\frac{P_1 - P_2}{P_2}\right)^{0,5}, \quad (1)$$

где: C - скорость распространения звуковой волны в обрабатываемой среде

Излучатели с вихревой камерой надежны в работе, просты в конструктивном исполнении.

Их мощность в ультразвуковом диапазоне (до 30 кГц) составляет от 0,5 до 3 Вт.

Процесс диспергации твердой фазы суспензии в ультразвуковом поле происходит двумя путями: во-первых, под действием ударных волн, возникающих при захлопывании кавитанионных пузырьков, которые зарождаются при частоте свыше 20 кГц и мощности звуковой волны до 1 Вт; во-вторых, под действием микроструек жидкости, возникающих при захлопывании несферических кавитанионных пузырьков. Преобладание того или иного механизма разрушения обуславливается масштабным фактором, так как связано с начальной формой кавитационного пузырька при его захлопывании. Если размер кавитационного пузырька преобладает над размерами диспергируемых частиц, то условий для начального искажения формы пузырька нет, и он захлопывается с образованием ударной волны. В том случае, когда размер диспергируемых частиц больше диаметра кавитационного пузырька, последний теряет свою форму и при захлопывании образует микроструйку жидкости. При обработке буровых промывочных жидкостей имеет место механизм разрушения, связанный с действием ударных волн, что обусловлено малым линейным размером (до 10^{-6} м) частиц твердой фазы.

Причиной возникновения кавитации является высокочастотный перевод жидкостной среды обрабатываемой суспензии в метастабильное состояние, а затем возвращение ее в исходное. Переход в метастабильное состояние осуществляется вследствие создающегося отрицательного давления в местах разряжения распространяющейся звуковой волны. Кавитационный пузырек, попадая в область высокой интенсивности ультразвуковых колебаний, начинает пульсировать. Частота колебаний пузырька, кавитирующего под действием звуковых волн, практически равна частоте последних:

$$f = \frac{1}{2\Pi R_0} \sqrt{\frac{3K}{\rho_в}} \left(P_1 - P_2 + \frac{2\sigma_в}{R_0}\right), \quad (2)$$

где: K- отношение удельных теплоемкостей среды;
$\sigma_в$ - поверхностное натяжение;
R_0 - радиус кавитационного пузырька.

Зависимость, определяющая радиус кавитационного пузырька, была эмпирически найдена Брониным Ф.А.:

$$R_0 = \frac{0,4}{f} \left(1 - \frac{P_г}{P}\right) \left(\frac{P}{\rho_в}\right)^{0,5}, \quad (3)$$

где: $P_г$- величина гидростатического давления, $P_Г = P_1 - P_2$;
P - величина звукового давления.

На скорость протекания процесса ультразвуковой диспергации оказывает влияние тот факт, что единичный кавитационный пузырек обрабатывает одновременно только те

частицы, которые находятся в его зоне захвата, определяемой радиусом $R_к$ воздействия кавитационного пузырька:

$$R_К = (XR^3_0 \rho_Г f / \eta)^{0,5}, \quad (4)$$

где: $\rho_Г$ - плотность материала твердых частиц обрабатываемой суспензии;

η - сдвиговая вязкость кавитирующей среды.

В результате захвата кавитационным пузырьком диспергируемые частицы флотируются у его поверхности, при этом их концентрация не должна быть выше

$$n_m \leq 4R^2_0 / X^2, \quad (5)$$

в противном случае наблюдается блокировка кавитационного пузырька.

Анализ материалов исследований показывает, что при диспергировании в ультразвуковом поле механизм разрушения частиц носит поверхностный характер. При каждом единичном всхлапывании кавитационного пузырька, энергия ударной волны распространяется на частицы, флотированные у его поверхности. Под воздействием ударной нагрузки происходит отшелушивание материала с их поверхности. Величина энергии ударной волны, передаваемой диспергируемым частицам, определяется исходя из условия равенства кинетической энергии $E_к$ жидкости, движущейся в поле кавитационного пузырька, и согласно Новицкому Б.Г. равна

$$E_k = 2П \rho_в R_0^5 f^2, \quad (6)$$

где : $\rho_в$ -плотность жидкой фазы обрабатываемой суспензии.

Так как флотированные частицы твердой фазы суспензии располагаются вблизи поверхности кавитационного пузырька, то величину эффективной энергии E' ударной волны, т.е. энергии волны в месте расположения частиц суспензии, определит соотношение:

$$E' = E_k / R^2_0, \quad (7)$$

Процесс ультразвукового диспергирования суспензии значительно интенсифицируется, если наряду со знакопеременным звуковым давлением на жидкость наложить определенное постоянное или гидростатическое давление. Очевидно, исходя из приведенной выше зависимости (3), определяющей радиус кавитационного пузырька, что при повышении гидростатического давления размер последнего будет уменьшаться, а это в свою очередь ведет к увеличению скорости распространения ударной волны при его всхлапывании. Принцип работы и конструктивное исполнение излучателей с вихревой камерой позволяют регулировать величину гидростатического давления в весьма широких пределах.

6.10. Центробежная мельница мокрого помола “МЦ-Т”

Мокрый метод механоактивации дисперсных систем является наиболее технологичным для повышения вяжущих свойств тампонажных буровых растворов в полевых условиях. Поэтому разработка новых высокоэффективных методов данного вида механоактивации дисперсных систем вяжущих материалов является актуальной проблемой, особенно при цементировании нефтегазовых скважин.

Эффективность мокрого метода механоактивации тампонажных смесей на основе цементов авторами предварительно исследовалась в лабораторных условиях. Выполнение лабораторных работ включало в себя предварительную активацию исходных вяжущих, из которых готовятся исследуемые тампонажные смеси, а затем активировались сами смеси. В качестве вяжущих использовались цементы следующих марок: М400 и М500. Для повышения эффективности мокрой механоактивации, как показали лабораторные

исследования, целесообразно повышение скорости движения измельчающей среды. Это возможно осуществить в закрученных потоках жидкости.

Закрученный поток формируется в поле центробежных сил и обладает следующими специфическими особенностями: - в случае формирования кольцевых закрученных потоков без механического воздействия на него рабочих органов измельчительного аппарата успешно решается проблема чистого помола, так как в кольцевом закрученном потоке реализуется процесс самоизмельчения; - поток имеет соизмеримые значения осевой, вращательной и радиальной составляющих скорости; - поток имеет продольный и поперечный градиенты статического и полного давления; - поток имеет существенное значение градиента скорости в поперечном сечении, отличается высоким уровнем турбулентных пульсаций; - осуществляет активное и консервативное воздействие центробежных сил на поток.

Принцип работы предложенного способа, работающего в режиме самоизмельчения в кольцевом закрученном потоке, осуществляется измельчительной машиной центробежного типа МЦ-Т и поясняется эскизом на рис. 41. Измельчение твердых материалов по предлагаемому способу осуществляется следующим образом.

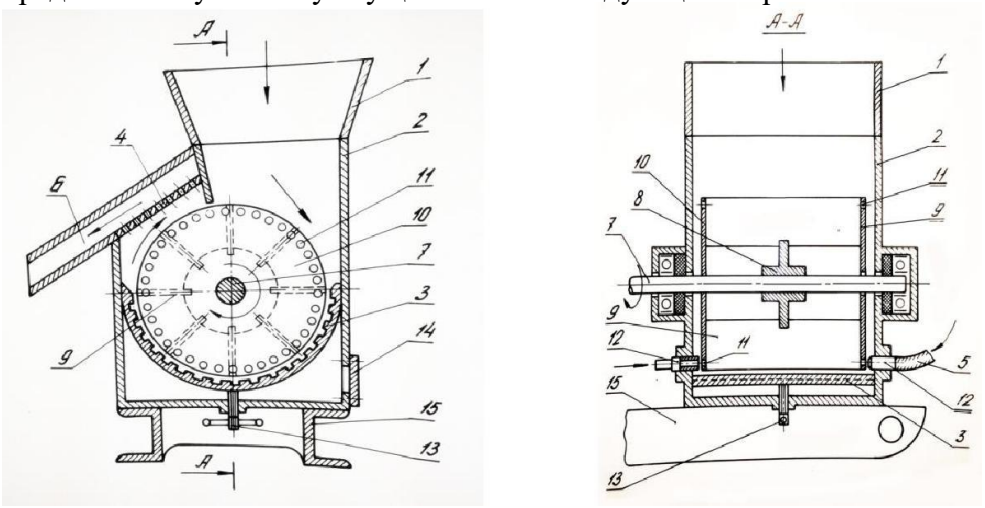


Рис. 41. Схема центробежной мельницы мокрого помола “МЦ-Т”

При вращающемся роторе исходный продукт подается в рабочую камеру в виде пульпы с крупностью частиц до 3 мм и водо-твердом отношением в пределах от 0,5 до 1,5. Вращающиеся лопасти 9 ротора механически формируют внутри корпуса кольцевой закрученный поток с усредненной внутренней поверхностью S'. При этом лопасти 9, вращаясь с высокой скоростью, порядка 1500-3000 об/мин, интенсивно деформируют внутреннюю поверхность кольцевого потока до некоторой граничной области S''. В результате такой деформации во всем объеме кольцевого потока на всю его толщину возникают завихрения, обладающие повышенными турбулентными характеристиками. Твердый материал при этом активно взаимодействует друг с другом и с лопастями 9 ротора, измельчаясь вследствие малого значения водотвердого отношения измельчаемого продукта. Кроме того, находясь в области активного протекания кавитационных процессов в закрученном потоке, материал также эффективно разрушается. В процессе работы устройства необходимая толщина закрученного кольцевого потока устанавливается регулировочным краном 5. Проходя через рабочую камеру, исходный продукт в виде текучей пульпы измельчается и выводится наружу через выгрузочный патрубок 6. Формирование закрученного кольцевого потока, состоящего из текучей пульпы, с повышенным содержанием твердой фазы позволяет при заявленном способе производить механическое деформирование этого потока, например, лопастями 9 с высокими скоростями до 30-50 м/с. Механическое деформирование кольцевого потока при этом

производится частично с внутренней стороны. Высокие скорости деформирования кольцевого потока позволяют существенно повысить эффективность разрушения твердого материала, так как известно, что при высокодинамическом воздействии на твердое тело его разрушение происходит при меньших нагрузках по сравнению с низкоскоростным его нагружением.

Аналогичное высокоскоростное механическое воздействие на диспергируемую пульпу во всем объеме корпуса невозможно в известных гидромеханических способах из-за неоправданно высоких затрат энергии на вязкое течение потока. В то время как предлагаемый способ реализуется при относительно низких затратах энергии, которая расходуется на раскручивание небольшой массы потока и на частичное деформирование этого потока. Аналогичное высокоскоростное деформирование потока диспергируемой пульпы достигается лишь в струйных мельницах. Однако работа струйных мельниц характеризуется гораздо большими энергозатратами, в 4-6 раз по сравнению с предложенным способом, так как в них используется гидравлический привод с КПД, равным в пределах 6-7 %, не более.

Предложенный энергонапряженный гидродинамический способ измельчения твердых материалов, по сравнению с известными, обеспечивает активно протекающие процессы взаимодействия твердых частиц друг с другом и с рабочими органами измельчительных машин, а интенсивные процессы кавитации во всем объеме кольцевого потока существенно повышают эффективность измельчения материала по предлагаемому способу. Увеличение эффективности измельчения достигается также за счет высокоскоростного механического воздействия вращающихся рабочих органов устройства со скоростью до 40-60 м/с на измельчаемый материал, а также за счет многократной доставки закрученными потоками твердого тела в зону интенсивного измельчения, т. е. в зону скоростной механической деформации кольцевого потока.

Механическое измельчение как физический процесс характеризуется законом, который выражает соотношение между линейными размерами измельчаемого тела, его удельной поверхностью и удельными затратами энергии на разрушение. Следовательно процесс механической активации дисперсных систем возможно интенсифицировать двумя путями: за счет увеличения доли динамической составляющей разрушающей нагрузки и за счет увеличения количества единовременно протекающих актов разрушения, что обеспечивает сокращение интервалов времени между двумя последовательными актами. Реализация отмеченных путей может быть достигнута только при высоких скоростях движения рабочих органов и их количестве в устройстве. Однако ключевым условием эффективности измельчения по предложенному способу, как показали экспериментальные исследования, является водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 %. Это вполне отвечает требованиям приготовления буровых тампонажных растворов, в том числе при цементировании нефтегазовых скважин. Экономически внедрение предлагаемой разработки в производство, по мнению авторов, является крайне актуальным

.

6.11 Малогабаритная щеточная мельница «МЩ-1»

Для приготовления тампонажных смесей или реагентов на основе трудно смешиваемых компонентов (например, полиакриламида, УЩР и т. п.) очень важное значение приобретает увеличение перемешивающей способности и степени измельчения исходного продукта.

В предлагаемой мельнице МЩ-1 (рис. 42) выполнение рабочих органов ротора в виде щетки, состоящей из большого количества упругих стержней, повышает степень измельчения исходного продукта за счет увеличения числа наносимых ударов по измельчаемому продукту, по сравнению с лопастным ротором. Кроме того, щетка из упругих стержней гораздо лучше, чем лопасти, перемешивает и истирает измельчаемый

продукт за счет увеличения трения между отдельными кусками продукта, что также повышает степень измельчения материала.

Малогабаритная роторная мельница МЩ-1 может использоваться при бурении поисково-разведочных, гидрогеологических, инженерно-геологических скважин и позволяет решать следующие задачи:

- приготовление естественных промывочных жидкостей из неглинистых пород;
- приготовление глинистых, утяжеленных и тампонажных растворов;
- дегазация буровых растворов;
- восстановление качественных характеристик буровых промывочных жидкостей.

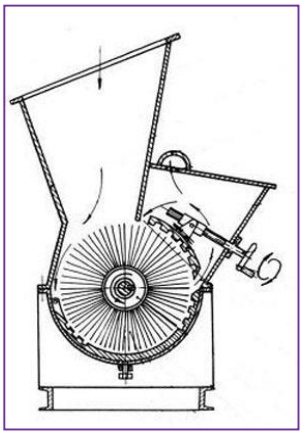


Рис. 42. Схема малогабаритной щеточной мельницы «МЩ-1»

Техническая характеристика

Вид измельчаемого материала…….глина, мел, слежавшийся цемент и т. п.
Частота вращения ротора в минуту……..……1000-1500
Диаметр щеточного ротора, мм……450
Длина щеточного ротора, мм……600
Потребляемая мощность, кВт……....15
Габаритные размеры, мм
длина……1300
ширина……1000
высота……..1250
Масса без электродвигателя, кг……..350

6.12 Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей.

Вообще, разработка измельчителей производилась с целью создания единого как стационарного, так и передвижного комплекса, способных удовлетворить потребности современной геологоразведочной партии по объему приготавливаемых промывочных жидкостей и их качеству и типам. Ниже будет рассмотрена передвижная установка, созданная на основе разработанных машин, в число которых вошли щеточная и струйная вихревая мельницы, барабанный измельчитель. Основное назначение установки состоит в обеспечении отдельного участка буровых работ из 5-7 буровых агрегатов комплексом промывочных жидкостей. Конструкция установки позволяет производить ее транспортировку волоком, с погрузкой на трейлер, вертолетом. Все это делает ее

пригодным для применения в труднодоступных районах, удаленных геологоразведочных партиях, отдельных участках буровых работ.

Технические средства, используемые в передвижной установке, позволяют при различных вариантах их применения получать глинистые растворы обрабатывать их реагентами, приготавливать растворы на основе полиакриламида и т.п. Наличие в установке перекачивающих средств делает возможным заливку приготовленных промывочных жидкостей в емкость автоцистерны или резервуары установки, подачу по трубопроводам к буровым агрегатам.

На рис. 31 и 32 показан вид агрегатного отсека установки. Все машины, осуществляющие процесс приготовления промывочных жидкостей смонтированы в единую технологическую линию, содержащую скреперную лебедку 1 марки ЛС-30, щеточную мельницу 2, барабанный измельчитель 3 и перекачивающий насос 4 со струйной вихревой мельницей 5.Основанием установки служит металлическая рама с настилом, выполненная в виде саней. В здании передвижной установки помещены резервуары 6, 7, 8, в которые производится заливка приготавливаемых промывочных жидкостей. Общий полезный объем резервуаров составляет 7,5 м^3, т.е. рассчитан на получасовую работу установки. На крыше здания размещены привод лебедки 1 и питающие емкости 11, 12, 13, заполняемые концентрированными растворами УЩР, КМЦ и гидролизом полиакриламида. Управление оборудованием производится с пульта 9. Регистрация рабочих режимов струйной вихревой мельницы осуществляется комплексом ИШВ-1-10. Управление лебедкой 1 может осуществляться с выносного пульта 9.

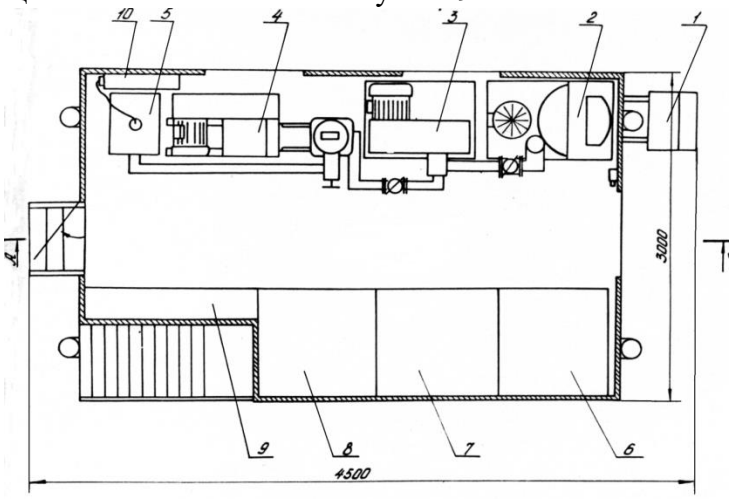


Рис. 31. Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей. 1 – скреперная лебедка; 2 – щеточная мельница; 3 – барабанный измельчитель; 4 – перекачивающий насос; 5 – струйная вихревая мельница; 6, 7, 8 – резервуары; 9 – пульт управления; 10 – комплекс ИЖВ-1.

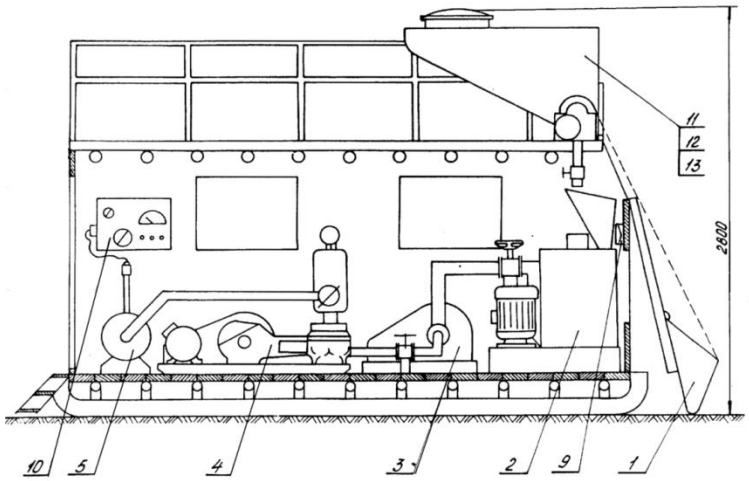


Рис. 32. Вид агрегатного отсека передвижной установки для приготовления буровых промывочных жидкостей, в плане.

1- скреперная лебедка; 2- щеточная мельница; 3- барабанный измельчитель; 4- перекачивающий насос; 5- струйная вихревая мельница; 6, 7, 8- резервуары; 9 - пульт управления; 10- комплекс ИШВ-1.

На рис. 33 показана схема управления гидросистемой установки. Кранами 14, 15, 16 и 17 регулируется подача в приемный бункер щеточной мельницы 2 воды, УЩР, КМЦ, полиакриламида, поступающих из питающих емкостей 11, 12, 13. Изменением объема подачи воды или реагентов регулируют плотность приготавливаемых промывочных жидкостей. Краны 18 и 19 служат для перекрытия трубопроводов к барабанному измельчителю 3 и струной вихревой мельницы 5. Перекрытие осуществляется в том случае, когда производиться приготовление крупнодисперсных глинистых растворов, применяемых при забурке скважин. Краны 20, 22 и 24 перекрывают отвод приготовленных промывочных жидкостей при их сливе в автоцистерны.

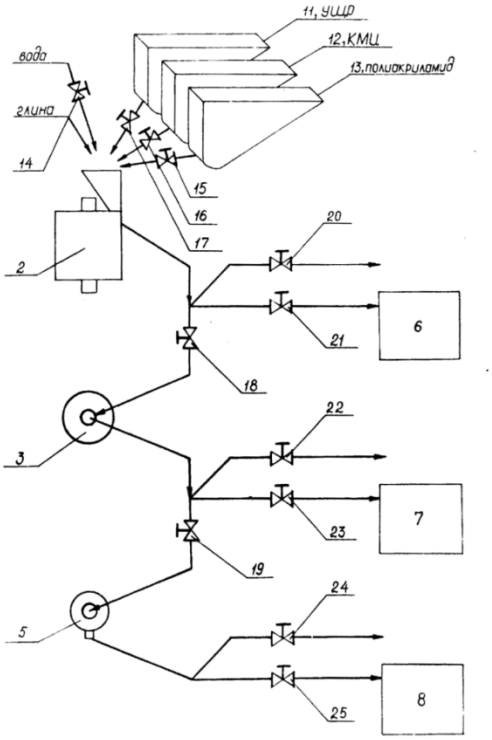


Рис. 33. Схема управления гидросистемой установки.

1- щеточная мельница; 3- барабанный измельчитель; 5- струйная вихревая мельница; 6, 7, 8- резервуары; 14, 15, 16, 17- краны регулировки подачи материала в бункер щеточной мельницы; 18, 19- краны перекрытия трубопроводов; 20, 22, 24-краны перекрытия отвода в автоцистерны; 21, 23, 25- краны перекрытия отвода в резервуары.

Краны 21,23 и 25 установлены для осуществления слива жидкостей в резервуары 6,7 и 8.Технологическая схема приготовления буровых промывочных жидкостей (рис. 34.) в зависимости от применяемых компонентов может быть осуществлена по следующим вариантам.

Первый вариант: приготовление жидкостей из комовых глин. Скреперной лебедкой 1 производят загрузку комовой глины в приемный бункер щеточной мельницы 2, при этом должен быть открыт кран 14 подачи сюда же воды. Крупнодисперсная пульпа, приготавливаемая мельницей 2, поступает на доизмельчение в барабанный измельчитель 3, а оттуда в струйную вихревую мельницу 5. Для этого должны быть открыты краны 18 и 19. Приготовленная промывочная жидкость может быть отведена открытием кранов 24 или 25 в емкость автоцистерны или в резервуар 8.

Второй вариант: приготовление глинистого раствора с обработкой его УЩР, КМЦ или приготовление малоглинистого раствора с обработкой полиакриламидом. При приготовлении данных типов растворов кроме воды и глины в приемный бункер щеточной мельницы подается один из вышеперечисленных компонентов. Их подача из питающих емкостей 11, 12 и 13 осуществляется открытием кранов 15, 16 и 17. Приготовление осуществляется последовательно в щеточной мельнице 2, барабанном измельчителе 3 и струйной вихревой мельнице 5.

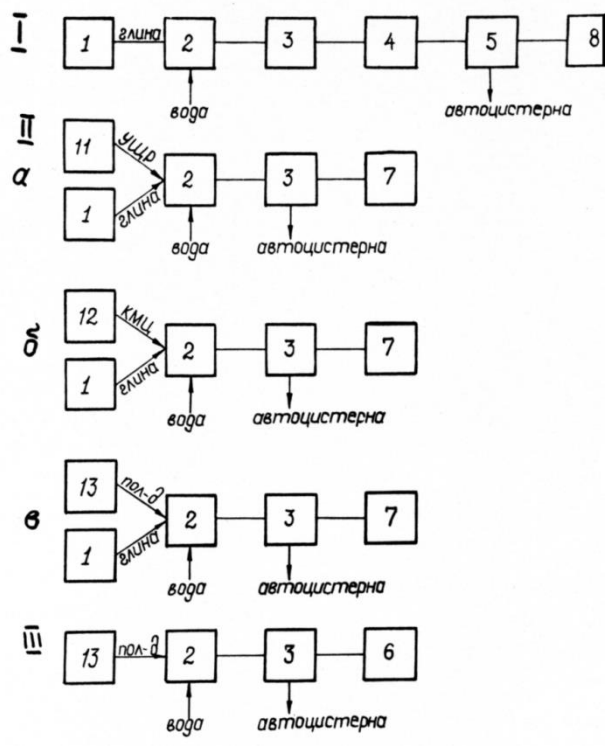


Рис. 34. Схема приготовления различных буровых растворов.

I- приготовление глинистого раствора из комовых клин; II- приготовление глинистых растворов обработанных; III- приготовление полиакриламидного раствора; а- углещелочным реагентом; б- КМЦ; в- полиакриламидом

.

Третий вариант: приготовление промывочной жидкости на основе полиакриламида. В этом случае гидролиз полиакриламида из питающей емкости 13 поступает в бункер щеточной мельницы 2, сюда же подается вода. Расход компонентов регулируется кранами 14 и 15. Приготовление осуществляется в щеточной мельнице 2 и барабанном измельчителе3. Готовый продукт отводится открытием кранов 22 или 23 в автоцистерну или резервуар 7.

Конструктивное исполнение передвижной установки позволяет производить замену машин приготавливающих промывочные жидкости в зависимости от применяемых компонентов.

Техническая характеристика передвижной установки для приготовления буровых промывочных жидкостей.

Производительность по объему приготавливаемых жидкостей, $м^3$/ч..10
Потребляемая мощность, кВт……..……..65
Удельный расход энергии на приготовление 1$м^3$ промывочной жидкости, кВт.ч/$м^3$…….…….……..…3,0-4,2
Габаритные размеры, мм: длина…….…….4500
ширина……...……...…….3000
высота……..……....……..2800
Масса установки, кг…….……2500
Количество обслуживающего персонала в смену, чел……..……..…..…2

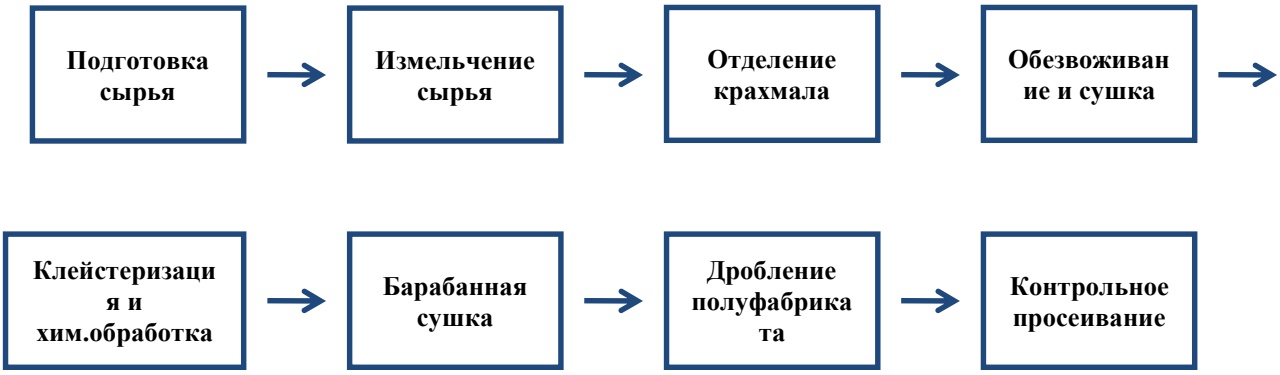
6.13 Экспресс технология производства импортозамещающих буровых реагентов с использованием эффекта механоактивации крахмалосодержащего сырья

При освоении нефтегазовых месторождений на сегодняшний день основной объем скважин проходится с использованием роторного и турбинного способов бурения, что позволяет бурить наклонно-направленные скважины, а так же скважины с горизонтальным окончанием. Эффективность бурения скважин во многом определяется составом очистного агента, а также схемой и режимом промывки скважины. Практически невозможно подобрать универсальный очистной агент, который бы удовлетворял всем заданным параметрам. В зависимости от геолого-технологических условий бурения подбирается какой-то один вид очистного агента, а его технологические свойства регулируются посредством химических реагентов с учетом определенных практических требований.

Одним из важнейших показателей буровых промывочных жидкостей является водоотдача глинистого раствора и соответственно его способность создавать малопроницаемую фильтрационную корку. Наиболее универсальным понизителем водоотдачи, позволяющим проходить как обычные, так и сильноминерализованные толщи осадочных пород являются модифицированные органические полимеры на основе крахмала. Основным недостатком существующих на рынке крахмальных реагентов отечественного и импортного производства является значительная стоимость (особенно зарубежных), связанная с большими затратами энергии при производстве по традиционным технологиям, которые в том числе, не позволяют обрабатывать модифицируемые крахмалы всем спектром необходимых реагентов с целью регулирования свойств конечного продукта. Научным коллективом кафедры “ТТР МПИ” частично решены обозначенные проблемы и разработаны рецептуры крахмальных реагентов увязанные с новой технологией модификации непосредственно крахмалосодержащих исходных продуктов (фуражная пшеница, ячмень, рожь, кукуруза и др.) современным, более экономичным и универсальным способом - сухой холодной механохимической деструкции, минуя стадию

получения нативного крахмала из исходного сырья и энергоемкие процессы его клейстеризации, сушки и дробления (рис. 43).

Традиционная схема производства модифицированных крахмалов



Экспресс-технология получения модифицированных крахмалов из зерновых продуктов

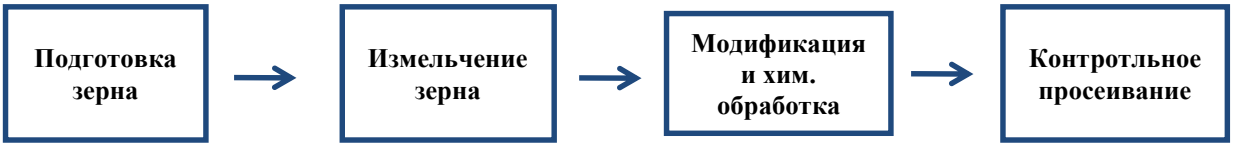


Рис. 43. Схемы традиционной и экспресс-технологии производства модифицированных крахмалов.

Разработанный на кафедре ТТР МПИ опытный образец каскадной измельчительной машины центробежного типа МКЦ-М (рис. 44.) работает в режиме энергонапряженного измельчения твердых материалов при ультраскоростных разрушающих нагрузках в измельчаемом продукте, находящимся в стесненных условиях. Рабочая камера измельчительной машины имеет три зоны измельчения, отличающихся по форме, массе и степени оснащения мелющими телами. В первой (самой верхней) зоне измельчения происходит дробление зерна и перемешивание с добавленным химреагентом, во второй зоне с мелющими телами, имеющими большую степень кривизны, а значит большую контактную нагрузку на измельчаемый материал, происходит измельчение зерновой смеси и химреагента до размеров сопоставимых с размерами кристалла крахмала, т.е. до состояния муки очень тонкого помола. В третей зоне оснащенной значительно большим количеством (в 5 раз) мелющих тел с большой кривизной рабочей поверхности происходит модификация, высвободившегося из белковой оболочки, крахмала и его обработка необходимыми химреагентами.

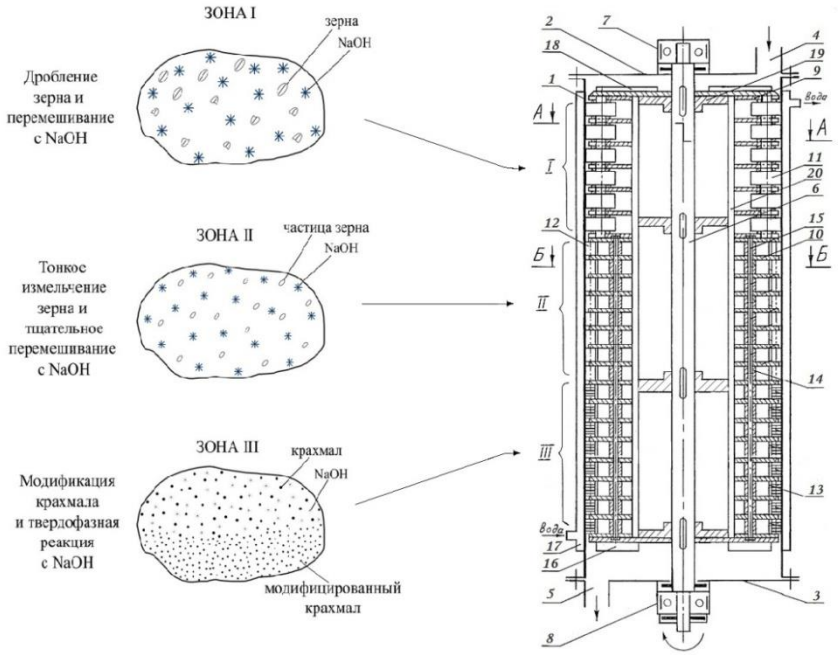


Рис.44. Схема процесса модификации крахмалосодержащего сырья методом механоактивации

Разработанная авторами экспресс-технология модификации нетрадиционного крахмалосодержащего сырья позволит значительно снизить себестоимость производства импортозамещающих, высокоэффективных буровых реагентов (на десятки процентов), за счет исключения операций производства самого нативного крахмала, его полследующей клейстеризации, сушки и дополнительного дробления готового продукта.

Потенциальными потребителями крахмальных реагентов являются не только нефтегазодобывающие и геологоразведочные организации, но и горнообогатительные предприятия, производители строительных материалов, целлюлозо-бумажные, текстильные и другие предприятия. Экономический эффект от внедрения разработанной технологии только в нефтегазодобывающей отрасли ориентировочно может составить порядка 45-50 млн. рублей в год. На основе разработанной технологии и техники возможно открытие стационарного, многотоннажного, достаточно компактного и быстро окупаемого производства по выпуску импортозамещающих высокоэффективных буровых крахмальных реагентов типа “РБК-М” из нетрадиционного крахмалосодержащего сырья.

6.14 Универсальный буровой реагент “РБЦ-4” на основе механоактивированного древесного волокна с повышенным содержанием смол

В практике разведочного бурения из всего перечня геологотехнических осложнений наиболее трудоемкими являются поглощения промывочной жидкости, затраты календарного времени на ликвидацию которых составляют от 4 до 10 %. Поглощения приурочены, в основном, к карбонатным породам с естественной кавернозностью и трещиноватостью вторичного (экзогенного) и тектонического происхождения, а также песчаникам и некоторым разновидностям глин, где наблюдаются провалы бурильного

инструмента от 0.5 до 4 м и более, Поглощения техногенного характера связаны с гидроразрывом пласта в виду избыточного гидростатического давления, которое возникает при повышении плотности и реологических показателей бурового раствора.

Основными технологическими мероприятиями по предупреждению и ликвидацыии поглощений буровых промывочных жидкостей в нефтегазовом и геологоразведочном бурении являются следующие:

-регулирование гидравлического равновесия в системе “пласт-скважина” путем использования облегченных промывочных жидкостей и технологических ограничений при бурении (понижение скорости спускоподьемных операций, уменьшение подачи промывочной жидкости в скважину, увеличение зазора между буровым инструментом и стенками скважины, долив бурового раствора в скважину и др.);

- регулирование реологических свойств буровых растворов, путем перехода на бурение структурированными промывочными жидкостями с обработкой химическими реагентами;

- применение комбинированных методов (химическая обработка аэрированных жидкостей и растворов с пониженным содержанием твердой фазы);

- закупоривание каналов поглощения одновременно с их вскрытием путем использования наполнителей различных типов.

Впервые наполнители для ликвидации поглощений применили в 40-е годы в США, в России их использование началось в начале 60-х годов. В зарубежных компаниях девяносто процентов всех поглощений ликвидируется путем добавки наполнителей, в качестве которых используются отходы различных производств. Наполнители подразделяются на волокнистые, зернистые (жесткие или упругие) и чешуйчатые (рис. 45.). Кроме этого, используется твердая фаза получаемая химическими методами (коагуляция, конденсация и др.), а также разбухающие наполнители. Большинство наполнителей закачиваемых в составе тампонажных смесей, позволяет закупорить трещины размером не более 6 мм, а в виде тампонов или при намыве до 20 мм. Волокнистые наполнители применяют при ликвидации всех видов поглощений при их размере ½ диаметра поглощающего канала, но в первую очередь, в крупно пористых и трещиноватых породах с размером каналов 3-5 мм. При вводе в комплексе зернистых и чешуйчатых - соотношение составляет 1:1:1. Зернистые жесткие наполнители применяются при ликвидации всех видов поглощений при этом их размеры должны быть в три раза меньше поглощающих каналов. Зернистые упругие наполнители по своей закупоривающей способности занимают промежуточное положение между волокнистыми и зернистыми жесткими, при этом соотношение к гранулированным жестким составляет от 2:1 до 3:1. Чешуйчатые наполнители применяются при ликвидации поглощений с размером каналов в породах от 2.5 до 30мм, при этом эффект закупорки выше при их сочетании с волокнистыми и зернистыми наполнителями в соотношении 2:1:1 (при профилактике поглощений такое сочетание не рекомендуется) [2].

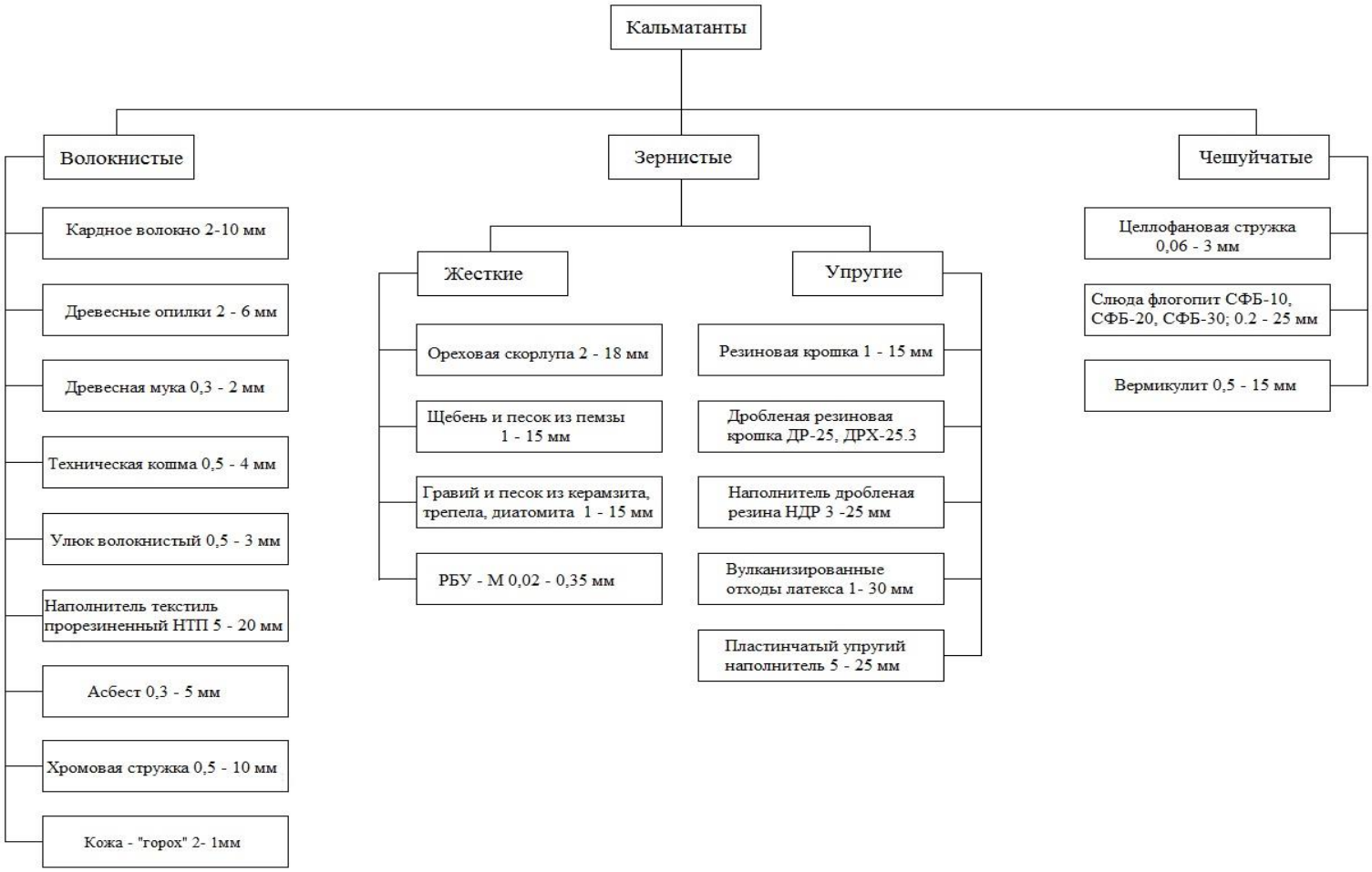


Рис. 45. Классификация материалов используемых в качестве кальматантов при ликвидации поглощений промывочной жидкости

Проведенный авторами анализ производственного опыта использования наполнителей и предварительные лабораторные исследования по использованию наиболее дешевых, доступных и экологически чистых материалов в качестве кальматанта позволяет сделать следующие выводы:

- с точки зрения экологической чистоты буровых промывочных жидкостей наиболее приемлемо использование органических материалов, подвергающихся после их применения разложению на безвредные составляющие;

- по кальматирующим свойствам, доступности и дешевезне исходного сырья наиболее подходящими являются целлюлозосодержащие материалы в измельченном состоянии с разной степенью дисперсности;

- улучшенные реологические и закупоривающие свойства буровых растворов с наполнителями на основе целлюлозосодержащих материалов обьясняются сложным вещественным составом исходного сырья и возможностью его модификации путем химической обработки в процессе механоактивации;

- наиболее подходящим для решения поставленной задачи по мнению авторов является древесное волокно, состоящее из необходимого набора исходных компонентов, позволяющих в процессе их механохимической деструкции и химобработки получить многофункциональный буровой реагент.

Древесина - продукт биологического (растительного) происхождения, представляющий сложный комплекс, как в анатомическом, так и химическом отношении. Вещество древесины - это вещество оболочек клеток (клеточных стенок) и биологическое происхождение этого вещества обусловливает его сложный химический состав, представленный на рис. 46.

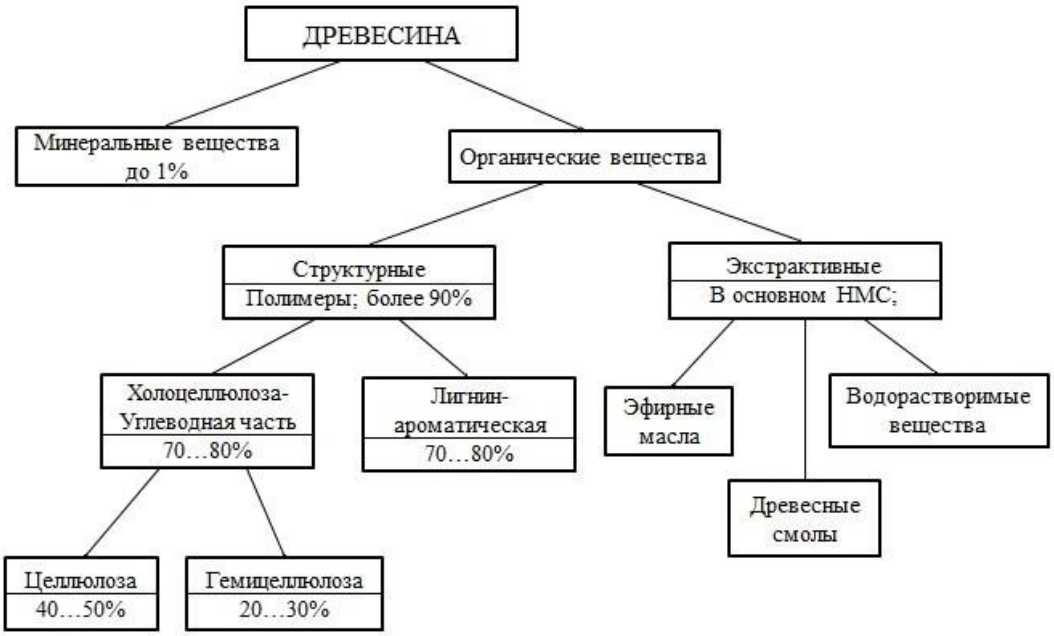


Рис. 46. Схема химического состава древесины.

Древесина примерно на 99% состоит из органических веществ. Минеральные вещества составляют обычно очень небольшую часть - до 1 %. Элементный состав органической части древесного вещества у различных древесных пород практически одинаков: 49. ..50 % углерода, 43...44 % кислорода, около 6 % водорода и 0,1...0,3 % азота по отношению к массе абсолютно сухой древесины.

Структурные компоненты древесины подразделяют на углеводную и ароматическую части. Углеводная часть, представляющая комплекс полисахаридов, называется

холоцеллюлозой. Массовая доля холоцеллюлозы составляет в древесине примерно 70...80 %, причем ее содержание в древесине лиственных пород выше по сравнению с хвойными. Выход холоцеллюлозы при выделении ее из древесины различными методами составляет в среднем для хвойных пород 70...73 %, лиственных пород - 72. ..79 %.

Ароматическая часть древесины - лигнин представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения фенольной природы, построенных из мономерных звеньев, называемых фенилпропановыми структурными единицами. Массовая доля лигнина в древесине составляет 20...30%, причем хвойные породы содержат больше лигнина, чем лиственные.

Целлюлоза в нативном состоянии представляет собой полимолекулярное соединение, в состав которого входят молекулы, идентичные по своему строению, но отличающиеся по длине. Элементарные звенья макромолекулы целлюлозы находятся в форме кресла, гидроксильные группы расположены в горизонтальном направлении, а атомы водорода — в вертикальном (рис. 47). Каждое второе звено цепи повернуто на 180° по отношению к оси молекулы.

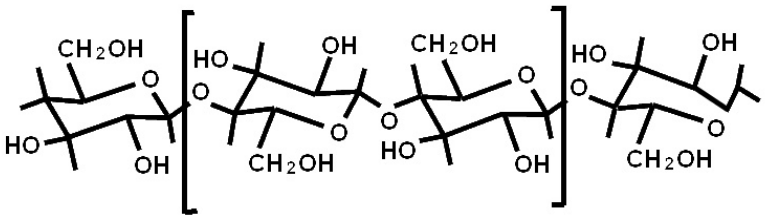


Рис. 47. Молекулярное строение целлюлозы

Целлюлоза состоит из звеньев β-D-глюкозы. Эмпирическая формула целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$). В одной молекуле целлюлозы находится 10 000 единиц глюкозы. Молекулы целлюлозы соединены друг с другом в пучки. Самый маленький пучок в стенке клетки называется элементарной или начальной фибриллой, диаметр которой равен приблизительно 3,5 нанометра ($3,5*10^{-9}$ м).

Фибриллы состоят приблизительно из 40 расположенных в одном направлении молекул целлюлозы. Элементарные фибриллы объединены в более крупные пучки - микрофибриллы, которые состоят из двух или больше элементарных фибрилл. Микрофибрилла – это самая маленькая частица волокна. Ее можно без особого труда наблюдать под электронным микроскопом. (Рис. 48).

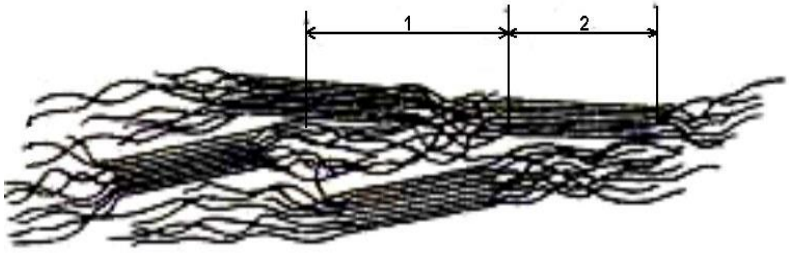


Рис.48. Элементарные фибрилы под микроскопом.
1 – кристаллический участок
2 – амфорный участок

О строении микрофибриллы существует много разных теорий. Одни ученые считают, что она почти цилиндрической формы (диаметр 20—30 нм), другие считают ее плоской нитью, ширина которой 10—30 нм, толщина 5—10 нм и длина несколько микрон (1 мкм = 10^{-6} м). Между микрофибриллами находятся каналы шириной 10 нм, которые содержат лигнин и другие компоненты. Предполагают, что внутри микрофибрилл, точнее между элементарными фибриллами, имеются капилляры шириной 1 нм, по которым могут проходить молекулы воды и другие небольшие молекулы [3].

Макромолекулы целлюлозы в первичных фибриллах образуют однородные высокоупорядоченные кристаллические зоны (кристаллиты), которые чередуются с неоднородными менее упорядоченными аморфными зонами. В кристаллитах существует трехмерный дальний порядок в расположении цепей целлюлозы. В аморфных участках дальний порядок отсутствует и сохраняется лишь общая продольная направленность цепей. В аморфных участках относительно легко могут проходить реакции целлюлозы с другими веществами. Длина макромолекул целлюлозы значительно больше длины кристаллических участков, поэтому каждая макромолекула проходит последовательно ряд кристаллических и аморфных участков.

Первичные фибриллы целлюлозы соединяются между собой с помощью водородных связей в микрофибриллы, которые и являются основными звеньями строения волокон целлюлозы. Микрофибриллы состоят из нескольких первичных фибрилл, поперечное сечение их составляет примерно 100 х 200 ангстрем, длина — около 600 ангстрем (рис. 49). Между первичными фибриллами в микрофибрилле находится лигнин и гемицеллюлозы.

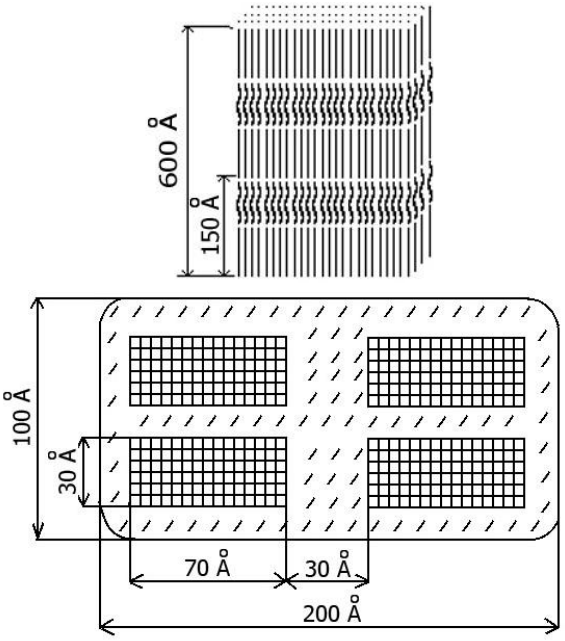


Рис. 49. Модель микрофибриллы целлюлозы (по теории Фрей-Висслинга)

Согласно данным большинства исследователей, лигнин впервые обнаруживается в растениях семейства папоротниковых и его появление связывается с выходом растений на сушу и возникшей в связи с этим необходимостью обеспечения механической прочности стеблей и стволов. Фрёйденберг еще в 1931 г. высказал предположение, что лигнин играет роль наполнителя, пронизывающего стенки растительных клеток и вместе с гемицеллюлозами заполняющего пространство между целлюлозными фибриллами, и в этом отношении его можно сравнить с цементом в армированном бетоне.

Лигнин — это ароматическая часть древесного вещества. С аналитической точки зрения лигнин рассматривают как ту часть древесины, которая получается в виде нерастворимого «негидролизуемого» остатка после удаления экстрактивных веществ и полного гидролиза полисахаридов сильной кислотой. В действительности лигнин нельзя считать негидролизуемым полимером, поскольку при действии кислот в лигнине могут гидролизоваться углерод-кислородные связи, но сохраняются существующие в нем углерод-углеродные связи и образуются новые.

Массовая доля лигнина в древесине хвойных пород составляет в среднем 27...30 %, а в древесине лиственных пород - 18...24 %. В отличие от целлюлозы и других

полисахаридов выделенный из древесины лигнин не является индивидуальным веществом, а представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения.

Размол древесины увеличивает доступность лигнина и вызывает его механическую деструкцию. При механической деструкции происходят реакции гемолитического расщепления связей лигнина с гемицеллюлозами и связей С-О-С и С-С в сетке лигнина с возникновением промежуточных свободных радикалов, которые вступают в реакции рекомбинации и инициируют реакции полимеризации и окисления кислородом воздуха.

Экстрактивными веществами называют вещества, которые могут извлекаться (экстрагироваться) из растительных тканей нейтральными растворителями: вода, диэтиловый эфир, петролейный эфир, толуол, метанол, этанол, ацетон и др. (рис. 50). Экстрактивные вещества широко распространены в природе. Они содержатся во всех древесных породах и травянистых растениях. Каждое растение, естественно, не может обладать всем набором экстрактивных веществ, но у любого ботанического вида их состав достаточно богат.



Рис. 50. Состав экстрактивных веществ

Содержание экстрактивных веществ в древесине пород умеренной климатической зоны, как правило, невелико; их массовая доля обычно не превышает 3...4 % (за исключением дуба и лиственницы, в древесине которых много водорастворимых веществ). Древесные породы тропической климатической зоны могут содержать значительно больше экстрактивных веществ, в отдельных случаях до 20...40 %.

По методу выделения экстрактивные вещества подразделяют на эфирные масла, древесные смолы и водорастворимые вещества (рис. 50). Эфирные масла представлены веществами с высокой летучестью, способными отгоняться с водяным паром. В их состав входят преимущественно монотерпены и другие летучие терпены и терпеноиды, а также ряд низкомолекулярных соединений различных классов (летучие кислоты, сложные и простые эфиры, лактоны, фенолы и др.). Древесные смолы (смола) - группа веществ, экстрагируемых из древесины органическими растворителями, но не способных растворяться в воде. Это - гидрофобные вещества, находящиеся в смолообразном состоянии из-за взаимного ингибирования кристаллизации. В смолах выделяют свободные кислоты (смоляные и жирные) и нейтральные вещества; последние, в свою очередь, подразделяют на омыляемые (жиры, воски) и неомыляемые (фитостерины, терпеновые спирты, высшие алифатические спирты, нелетучие терпеновые углеводороды и др.). Смолистые вещества древесины подразделяют на кислоты и нейтральные вещества. Массовая доля смоляных кислот в смоле хвойных пород может достигать 30...40 %, тогда как в смоле лиственных пород они отсутствуют (за редкими исключениями).

Смоляные кислоты относят к трудноэтерифицируемым кислотам. Карбоксильная группа в их молекуле находится у третичного атома углерода, т.е. в стерически затрудненном положении. Поэтому в отличие от жирных кислот смоляные кислоты находятся в древесине преимущественно в свободном виде. Соли смоляных кислот иногда называют резинатами.

Химические свойства наиболее распространенных смоляных кислот определяются также наличием в молекуле двух двойных связей - сопряженных или несопряженных. По этому признаку смоляные кислоты часто подразделяют только на две группы - кислоты абиетинового (17-52 % от всех смоляных кислот в живице хвойных пород деревьев) и пимарового типов.

Водорастворимые вещества экстрагируются холодной или горячей водой. Они содержат различные фенольные соединения (таннины, красящие вещества и др.), углеводы, гликозиды, растворимые соли [4].

Предварительные исследования проведенные в лаборатории кафедры ТТР МПИ подтвердили возможность использования в качестве регулятора структурно-механических и реологических свойств промывочных жидкостей, понизителя водоотдачи (за счет гидрофобизации абиетатом натрия глинистой корки стенок скважины), смазочной противоизносной добавки (за счет большой концентрации дитерпенов) и тонкодисперсного кальматанта - модифицированное древесное волокно с повышенным содержанием смол.

Данный эффект возможен благодаря уникальному вещественному составу основных компонентов древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, древесные смолы, дитерпены и другие вещества) модификация которых путем обработки едким натром в процессе сухой холодной механохимической деструкции приводит к следующим химическим изменениям последних:

1. измельченная целлюлоза является тонкодисперсным кальматантом (с повышенной проникающей способностью) и выполняет функцию твердой фазы бурового раствора с очень малым удельным весом;

- гемицеллюлоза, освобожденная в процессе измельчения от лигнина и под воздействием каустической соды частично переходят в щелочную целлюлозу, то есть становятся структкрообразователем на уровне карбонатметилцеллюлозы с небольшой атомной массой;

2. при механоактивации лигнина в присутствии едкого натра получается щелочной лигнин, являющийся понизителем вязкости бурового раствора и в определенных условиях термическим стабилизатором;

3. абиетиновая кислота входящая в состав древесных смол (0,8-1,5 % от массы древесины хвойных пород) при обработке каустиком в процессе механоактивации омыляется с образованием абиетата натрия (канифольного мыла), который в свою очередь является сильнейшим гидрофобизатором и микропенообразователем;

4. дитерпены высвобождающиеся из смолистой части древесины являются уникальной смазывающей добавкой снижающей износ буровых, обсадных труб и породоразрушающего инструмента в 10 раз и более.

При разработке рецептуры реагента РБЦ-4 и технологии его получения авторами решались следующие научно-исследовательские задачи:

- выбор породы древесины наиболее подходящей по вещественному составу и экономико-технологическим показателям;

- определение оптимального соотношения исходных компонентов древесная мука и гидроксид натрия;

- подбор оптимальных режимов процесса механоактивации древесного волокна, обеспечивающих возможность получения щелочной целлюлозы и омыления абиетиновой кислоты минуя жидкую фазу химического процесса;

- исследование структурообразующей и стабилизирующей способностей механоактивированных органопорошков древесины при обработке различных типов буровых промывочных жидкостей;

5. исследование влияния концентрации гидрофобизатора (абиетата натрия) в буровом растворе на водопроницаемость глинистой корки и соответственно на его водоотдачу;

6. исследование смазывающей способности разработанного реагента методом истирания стержня по Барону Л.И. в присутствии водного раствора РБЦ-4;

7. исследование кальматирующих свойств буровых промывочных жидкостей на основе механоактивированной древесины;

8. исследование возможности использования реагента РБЦ-4 для получения облегченных и аэрированных растворов.

Механоактивированные органопорошки древесины для проведения лабораторных исследований готовились путем сверхтонкого измельчения древесной муки из хвойных пород деревьев с повышенным содержанием древесной смолы на лабораторном стенде каскадной мельницы центробежного типа МКЦ-2М, оснащенной десятью рядами мелющих тел шарообразной формы (рис. 51). Результаты дисперсионного анализа механоактивированных порошков древесины показали - средний диаметр получаемых частиц при измельчении на лабораторном стенде каскадной мельницы центробежного типа МКЦ колеблется в пределах 35-50 микрон, а удельная поверхность 990-1550 $см^2/г$, при этом 60 % частиц порошка имеют средний размер меньше 50 микрон и 25-30 % - меньше 20 микрон. Необходимая степень механоактивации смеси древесной муки с едким натром при измельчении на МКЦ определялась по минимальному количеству сухого остатка после растворения органопорошка в воде. Полученные образцы с максимальной степенью ратворимости исследовались в качестве буровых реагентов для различных типов промывочных жидкостей на стандартных приборах в “Лаборатории промывочных жидкостей и тампонажных смесей” кафедры ТТР МПИ. Особое внимание уделялось изучению кальмотирующих свойств разработанного реагента РБЦ-4, возможности его использования в качестве гидрофобизатора глинистой корки и стенок скважины и смазывающей противоизносной функции реагента.

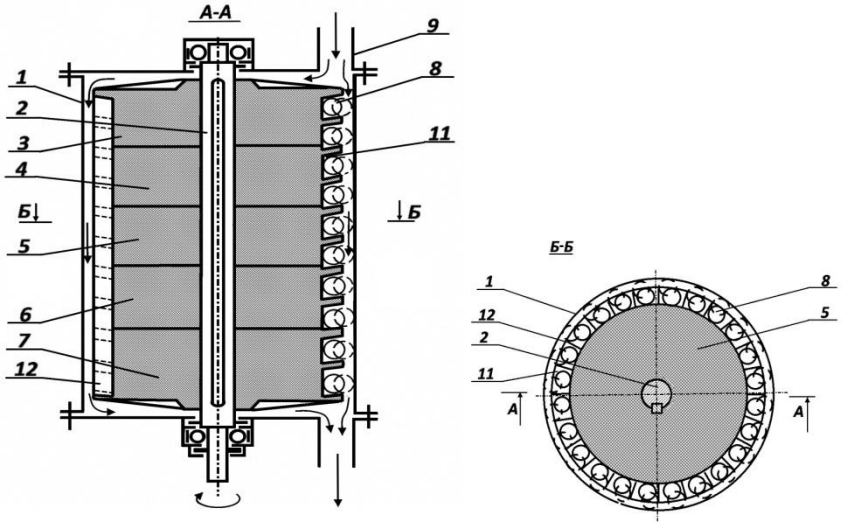


Рис. 51. Каскадная центробежная мельница МКЦ-2М.
1- корпус; 2 - вал; 3,4,5,6,7 - диски; 8 - мелющие тела; 9 - загрузочный; патрубок; 10 - выгрузочный патрубок; 11 - глухие радиальные каналы; 12 - пластина.

Фильтрационные свойства горных пород, определяющие в конечном счете поглощающую способность вскрытого скважиной пласта (интервала), характеризуются коэффициентом проницаемости «К» или просто проницаемостью. Наиболее распространенной практической единицей измерения коэффициента проницаемости

является 1 Д (дарси), когда через поперечное сечение породы площадью в 1 кв. см при перепаде давления в 1кгс/см на 1 см пути проходит 1 см/с жидкости вязкостью 1 сП. В системе СИ единицей проницаемости является квадратный метр (1 $м^2$ = 10^{12} Д). В гидрогеологической литературе наиболее удобной единицей измерения проницаемости считается коэффициент фильтрации Кф в метрах в сутки (или реже в см/с).

Процесс фильтрации - это механическое движение свободной воды под действием градиента напора в порах и трещинах горных пород , т.е. их способность пропускать через себя воду. Водопроницаемость зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин в горных породах и характеризуется коэффициентом фильтрации, имеющим размерность скорости (см/с, м/с, м/сут). Такая размерность получается из закона линейности фильтрации – закона Дарси, согласно которому количество фильтрующей воды в единицу времени прямо пропорционально коэффициенту фильтрации $К_ф$, площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J [5]:

$$Q = K*F*J \quad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F, получим

$$Q/F = K*J, \quad где\ Q/F = V \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = K \ \ при\ J = 1 \quad (3)$$

Формулой (2) определяется скоростная размерность коэффициента фильтрации горных пород.

Следует отметить, что расчетная скорость фильтрации отличается от истинной скорости движения воды в породах, так как жидкость движется не через всю площадь, а через площадь поровых и трещинных пространств. Величина коэффициента фильтрации зависит от физических свойств горных пород (гранулометрический состав, плотность сложения и др.). Средние значения коэффициента фильтрации для различных горных пород приведены в таблице 1.

В связи с вышеизложенным авторами предложено в лабораторных исследованиях оценивать кальмотирующий эффект разработанных реагентов по коэффициенту фильтрации песчаных пород с помощью прибора – трубка “СпецГео” по методике учебного пособия «Общая гидрогеология» для студентов специальности 080300.

Группа	$К_ф$, м/сут	Типы проницаемых пород
Весьма проницаемые	>100	Крупный гравий, закарстованные сильнотрещиноватые известняки, галечник с песчаным наполнителем
Хорошо проницаемые	100 -10	Гравийно-галечниковые отложения, крупнозернистые пески, сильнотрещиноватые породы
Проницаемые	10 -1	Пески разной зернистости, трещиноватые породы
Слабопроницаемые	$1\text{-}10^{-1}$	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, слаботрещиноватые породы
Весьма слабопроницаемые	$10^{-1}\text{-}10^{-3}$	Мелкие и средние суглинки, песчаные породы
Относительно водоупорные	10^{-3}	Средние глины, плотные суглинки

В качестве поглощающей породы был использован гранитный отсев Шарташского корьера следующего фракционного состава:

- 1,5 – 5 мм – 50 %;
- 5 – 10 мм – 25 %;
- 10 – 20 мм – 25 %.

Данная модель поглощающего горизонта при испытаниях на технической воде показала коэффициент фильтрации 9,8 м/сут., что соответствует группе проницаемых пород (согласно табл. 2).

Лабораторным испытаниям подвергался биокомпозиционный реагент на основе механоактивированного древесного волокна РБЦ-4 четырех модификаций, отличающихся друг от друга степенью механоактивации и обработки исходного сырья гидроксидом натрия. Отдельно исследовались пробы РБЦ-4 с повышенным содержанием соли абиетиновой кислоты полученные при использовании в качестве исходного сырья наиболее смолистой древесины (подсочная сосна, корневая древесина срубленных деревьев) или путем дополнительного добавления канифоли в опил перед процессом механоактивации совместно с каустиком. Наиболее показательные результаты лабораторных исследований представлены в таблице 2 и на графиках (рис. 52 и 53).

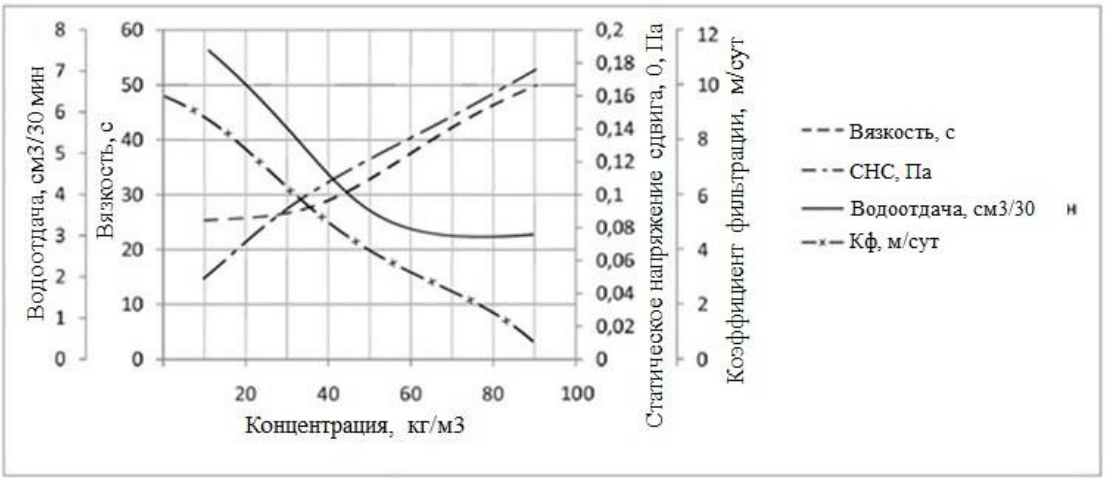


Рис. 52. Зависимость свойств биополимерного раствора на основе древесного волокна от концентрации реагента РБЦ-4

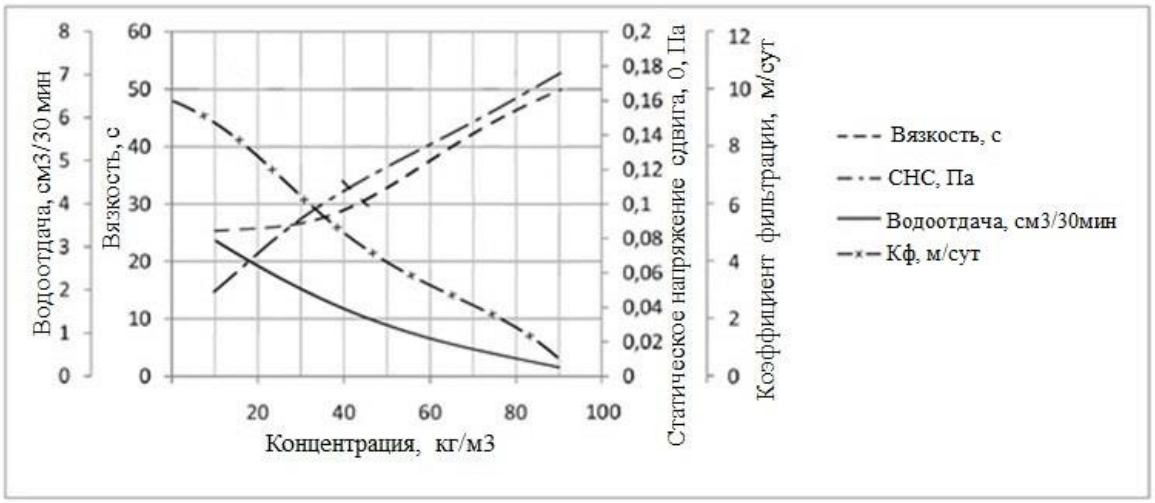


Рис. 53. Зависимость свойств биополимерного раствора на основе древесного волокна от концентрации соли абиетиновой кислоты в реагенте РБУ-М

Основные параметры бурового раствора на основе механоактивированого органопорошка РБЦ-4

№	Состав	Параметры

	пробы	Плотность ρ, г/см^3	Вязкость Т, с	Водоотдача В, см^3/30 мин	Толщина корки К, мм	СНС θ_1, Па	$К_ф$, м/сут
1	1 л. – вода 7 г. – NaOH 35 г. – РБЦ-4	1,02	25	7,5	1	0,05	7,9
2	1 л. – вода 7 г. – NaOH 50 г. – РБЦ-4	1,025	27	5,5	1	0,092	5,5
3	1 л. – вода 7 г. – NaOH 75 г. – РБЦ-4	1,025	33	3,5	1,2	0,12	3,7
4	1 л. – вода 7 г. – NaOH 100 г. – РБЦ-4	1,028	42	3	1,3	0,15	1,8
5	1 л. – вода 7 г. – NaOH 150 г. – РБЦ-4	1,028	50	3	1,5	0,175	0,3

Результаты лабораторных исследований влияния механоактивированных органопорошков (на основе древесного волокна хвойных пород деревьев с повышенным содержанием смолы) на свойства дисперсных систем различных типов буровых растворов позволяют авторам сделать следующие выводы рекомендательного характера:

- буровой раствор на основе реагента РБЦ-4 обладает высокими кальматирующими, структурообразующими, реологическими и смазывающими свойствами;
- при соответствующей химической обработке в процессе приготовления буровых промывочных жидкостей, обеспечивает приготовление высококачественных облегченных безглинистых промывочных жидкостей с плотностью до 1,02 - 1,03 г/см куб с весьма высокими структурно-механическими и реологическими показателями и возможностью их изменять в широких пределах, в зависимости от геолого-технических условий бурения скважин;
- в рецептурах буровых промывочных жидкостей органопорошок марки РБЦ-4 в отличие от глин эффективно структурирует как пресные, так и соленасыщенные буровые промывочные жидкости различной степени минерализации;
- буровая промывочная жидкость на основе органопорошка существенно снижает трение бурового снаряда о стенки скважины при его вращении и спускоподъемных операциях, что достигается за счет достаточно высокой степени омыления смолистой составляющей органопорошка марки РБЦ-4 и высвобождения дитерпенов в процессе его приготовления;
- органопорошок марки РБЦ-4 является экологически безвредным продуктом, т.к. подвергается бактериологическому разложению, не образуя вредных веществ;
- регулирование структурно-механических и реологических параметров промывочных жидкостей, приготовленных на основе данного структурообразователя и кальматанта органопорошка РБЦ-4 можно производить в весьма широких диапазонах с применением традициониых буровых химических реагентов: полиакриламида, КМЦ, гипана, крахмальных реагентов и других отечественных и зарубежных химреагентов.

Технология и техника приготовления разработанного бурового универсального реагента марки РБЦ-4 защищена 5 патентами РФ на изобретения.

6.15. Буровой реагент для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений «Peat-MA»

Повышение мировой потребности в углеводородном сырье и истощение его запасов на суше активизировали поисково – разведочные работы в акваториях морей и океанов, приведшие к существенному росту морской нефтегазодобычи. В 2010 – 2011 годах доли морской нефти и газа от мирового объема добычи составили, соответственно, 44 % и 35 %. Россия обладает около 21 % шельфа Мирового океана (свыше 6,2 млн. км^2), при этом наиболее перспективный и доступный с точки зрения бурения шельф превышает 60 % площади ее акваторий. Общепризнанным является высокий углеводородный потенциал шельфа России – суммарные извлекаемые ресурсы оцениваются ведущими отечественными специалистами в 100 млрд. т., из которых газовая составляющая достигает 80 %. В соответствии с Энергетической стратегией РФ на период до 2030 г. освоение нефтегазовых месторождений на шельфе северных и дальневосточных морей является одним из стратегических направлений развития экономики (рис. 54).



Рис. 54. Увеличение объемов добычи нефти и газа на шельфе РФ.

Кроме того нефтегазоносные площади на материковой части нашей страны (например Западно-Сибирский регион) в основном имеют низконапорные продуктивные горизонты. Для успешного их вскрытия при бурении скважин применяют облегченные промывочные жидкости, приготовленные из дорогостоящих зарубежных (США, Канада) бентонитовых глинопорошков стоимостью 1,2 – 1,5 $ за килограмм и более, (например: Унифлок, ДК-дрилл, Сайдрил, Поликем-Д) которые содержат аномальное количество химреагентов, в том числе синтетических полимеров.

Такие промывочные жидкости, как известно, оказывают крайне недопустимую кальматацию (закупоривание) продуктивных горизонтов, вследствие чего на десятки

процентов снижается добыча полезных ископаемых. Так же, при этом происходит загрязнение акватории и практически неустранимое экологическое загрязнение земных недр, вызванное чрезмерным количеством используемых синтетических трудно разлагающихся полимеров входящих в рецептуру промывочных жидкостей [1].

Значительную часть названных экологических проблем возможно решить путем использования специальных буровых очистных агентов и тампонажных растворов разработанных на основе экологически безопасных материалов органического происхождения (торфопорошки), прошедших специальную механо-химическую обработку. В связи с этим авторами статьи разработана эксклюзивная технология производства дешевого, экологически чистого бурового реагента «Peat-MA» (Peat - Mechanical Activation) для использования при бурении нефтегазовых скважин на шельфе и вскрытии низконапорных продуктивных горизонтов на материковых месторождениях. Непосредственно разработка рецептур и оценка эффективности регулирования параметров различных типов промывочных жидкостей реагентами типа «Peat-MA» проводилась научным коллективом кафедры ТТР МПИ. В качестве измельчающего устройства и механоактиватора при разработке технологии использовалась каскадная измельчительная машина центробежного типа МКЦ-4М (рис. 55) - так же авторская разработка кафедры.

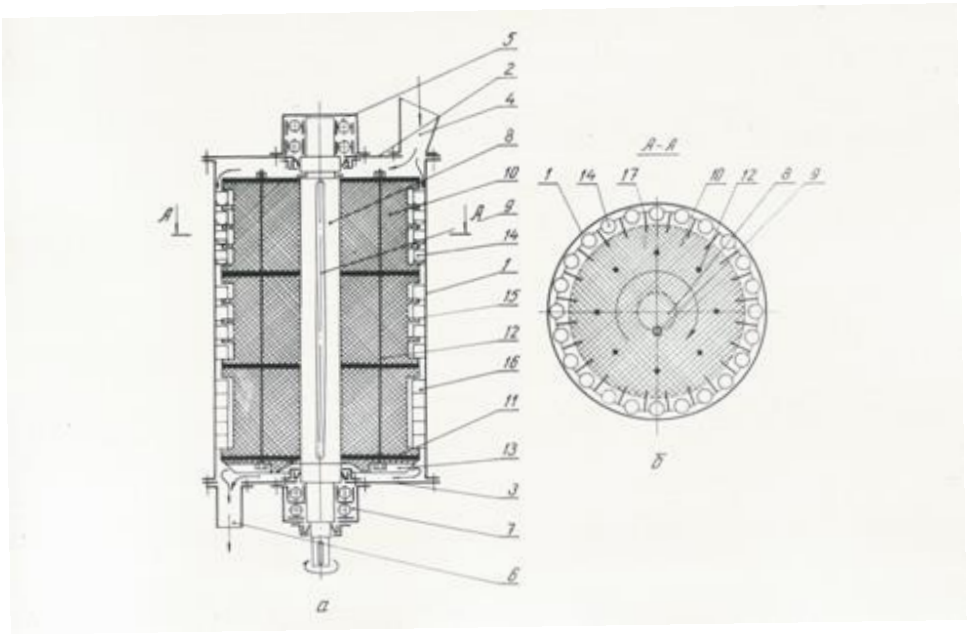


Рис. 55. Сема каскадной измельчительной машины центробежного типа МКЦ-4М. 1-корпус мельницы; 2 – крышка верхняя; 3 – нижняя плита; 4 – загрузочный патрубок; 5 – верхний подшипниковый узел; 6 – разгрузочный патрубок; 7 – нижний подшипниковый узел; 8 – вал ротора; 9 – шпонка; 10 – ротор; 11 – разделительный диск; 12 – стягивающие шпильки; 13 – выгребные лопатки; 14, 15, 16 – мелющие тела; 17 – толкающая пластина.

При выполнении значительного объема лабораторных работ решались следующие технико-технологические задачи:

-получение механоактивированных порошков путем их сверхтонкого измельчения на экспериментальном стенде каскадной центробежной мельницы;

- исследование структурно-механических и реологических параметров водных растворов и суспензий на основе механоактивированных порошков торфа «Peat-MA», применительно к требованиям параметров буровых промывочных жидкостей, используемых при бурении нефтяных скважин;

- модификация буровых промывочных жидкостей при обработке их буровым реагентом «Peat-MA»;

- исследование и оценка устойчивости к минеральной агрессии промывочных жидкостей, приготовленных на основе механоактивированных порошков торфа;

- исследование эффективности модификации технологических свойств буровых промывочных жидкостей, базовым материалом которых является реагент «Peat-MA», с использованием традиционных, применяемых в бурении химреагентов;

- аналитические исследования гидродинамики течения в циркуляционной системе буровой скважины промывочной жидкости на основе реагента «Peat-MA».

Механоактивированные порошки торфа для проведения вышеуказанных исследований готовились путем сверхтонкого измельчения высушенного торфа средней степени разложения на стенде каскадной центробежной мельницы МКЦ-4. При этом одна проба торфа проходила два цикла измельчения в прямоточном режиме, а вторая проба четыре цикла измельчения. В результате был получен торф измельченный дважды и четырежды. Задачей исследований являлось определение предела измельчаемости торфа и необходимая степень его механоактивации для использования в качестве бурового реагента. Суспензия на водной основе была получена путем щелочного гидролиза механоактивированного торфа. Целью начальных исследований был поиск наиболее эффективного соотношения: диспергированный торф - гидроксид натрия - вода. Как следует из табл. 1 и табл. 2 наиболее оптимальными параметрами данной промывочной жидкости являются: плотность ρ=1,028÷1,03 г/см^3; условная вязкость T=20÷25 с; водоотдача B=21÷25 см^3/30 мин; толщина корки K≤3 мм; статическое напряжение сдвига Θ_1 =0÷0,009 Па и Θ_{10}=0÷0,0045 Па. Данные параметры бурового раствора достигаются при соотношении: 100 г тонкодисперсного торфа, 7,5÷10 г гидроксид натрия и 1,5 л воды. При этом наиболее выгодные параметры получаются при щелочном гидролизе торфа двойного помола в соотношении: 100 г торфа, 10 г гидроксид натрия и 1,5 л воды.

Следует отметить, что малые значения статического напряжения сдвига Θ_1 и Θ_{10} (соответственно динамического напряжения сдвига) при наличии оптимальных значений других параметров позволяют существенно снизить энергозатраты на работу забойных двигателей турбобуров и значительно уменьшить кальматацию продуктивных горизонтов, а следовательно увеличить нефтеотдачу данных горизонтов и сократить сроки освоения эксплуатационных скважин.

Исследование физико-химической совместимости бурового реагента «Peat-MA» с другими типами буровых реагентов проводились на рецептурах глинистых растворов наиболее часто используемых в нефтегазовом бурении. Проведенные исследования показали, что применение реагента «Peat-MA» позволяет повысить вязкость (T) в 1,5 - 2 раза при весьма незначительном повышении статического напряжения сдвига (Θ_1 и Θ_{10}).

Однако при этом значительно увеличивается водоотдача (B) с 12 до 30 см^3/30 мин и толщина корки (K) с 2 до 4 мм соответственно. Поскольку вязкость глинистого раствора увеличивается на 15÷20 %, а статическое напряжение сдвига уменьшается примерно в таких же пределах при незначительном уменьшении водоотдачи, бурение нефтяных скважин такими специальными глинистыми промывочными жидкостями будет существенно снижать кальматацию продуктивных горизонтов, тем самым повышая их нефтеотдачу.

Исследование устойчивости к минеральной агрессии промывочной жидкости с добавлением гидролизованного реагента «Peat-MA» проводились путем сравнения параметров данной промывочной жидкости и глинистых растворов с достаточно высокой плотностью (ρ), равной 1,11 и 1,16 г/см^3 в процессе их обработки хлористым натрием NaCl. Лабораторные исследования показали, что даже при такой большой разнице содержание твердой фазы сравниваемых промывочных жидкостей: ρ = 1,02÷1,03 г/см^3 у раствора на

основе «Peat-MA», и ρ = 1,1÷1,6 г/см^3 у глинистых растворов, первая промывочная жидкость более устойчиво сохраняет свои структурно-механические и реологические параметры при добавке NaCl 1÷2 %. Установлено, что при повышении содержания твердой фазы (т. е. плотности) устойчивость к минеральной агрессии промывочной жидкости на основе гидролизованного реагента «Peat-MA» повышается (см. табл.4,5,6,7). Следует так же отметить, что при увеличении степени минерализации дисперсионной среды исследуемой промывочной жидкости в виде водного раствора реагента «Peat-MA» ее вязкость изменяется незначительно, что очень важно в ряде случаев, например, для работы турбобуров в нефтегазовом бурении.

Исследование возможностей регулирования свойств буровых промывочных жидкостей путем применения гидролизованного реагента «Peat-MA», проводились с использованием самых распространенных в бурении реагентов - ПАА (гидролизированный полиакриламид) и КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза) (табл. 8,9).

КМЦ - продукт взаимодействия целлюлозы с гидроксидом натрия и монохлоруксусной кислотой. Как реагент КМЦ используют в виде водного раствора, обычно 10 % концентрации, для чего КМЦ предварительно растворяют. Чем выше степень полимеризации карбоксиметилцеллюлозы, тем более устойчив буровой раствор к солевой агрессии и тем эффективнее снижает водоотдачу. Высоковязкие КМЦ способны снижать водоотдачу очень сильно. В растворе с небольшим содержанием твердой фазы добавка КМЦ может вызывать разжижение. Однако при достаточно высоком содержании твердой фазы КМЦ усиливает структурообразование, объединяя частицы, находящиеся даже за приделами действия молекулярных сил. Отличительной особенностью полученных результатов, при добавлении КМЦ в буровой раствор на основе гидролизованного реагента «Peat-MA», является малая плотность, порядка 1,03 г/см^3 и низкий показатель водоотдачи 7÷10 см^3/30 мин (см. табл.8). Оптимальная концентрация карбоксиметилцеллюлозы в растворе гидролизованного реагента «Peat-MA» порядка 5 %.

Полиакриламид получают путем преобразования ряда синтетических веществ: этилен, окись этилена и др., а водные и щелочные растворы ПАА являются полиэлектролитами. Наличие зарядов в молекулах полимера обусловливает их адсорбцию на бурильных трубах, на стенках скважины и частицах горной породы, оказывая ингибирующее действие. ПАА вводится в промывочные жидкости в виде 1÷2 % - го раствора.В результате лабораторных исследований выявлено, что при добавлении ПАА в буровой раствор на основе гидролизованного реагента «Peat-MA», значительно снижается его водоотдача и статическое напряжение сдвига.

Лабораторными исследованиями свойств гидролизованного реагента «Peat-MA» установлено следующее:

- разработанный буровой реагент позволяет регулировать структурно-механические и реологические параметры в весьма высоких пределах: условная вязкость T=17÷18 с; водоотдача B=4÷20 см^3/30мин; статическое напряжение Θ_1≈0,1÷0,5 Па и Θ_{10}≈0,15÷0,6 Па; плотность данных промывочных жидкостей при этом имеет крайне малые значения в пределах ρ=1,01÷1,03 г/см^3;

- обработка промывочной жидкости гидролизованным реагентом «Peat-MA» позволяет получить облегченную промывочную жидкость плотностью до ρ=0,01 г/см^3 с уникальными параметрами для такой малой величины плотности известных буровых промывочных растворов: условная вязкость *T=18÷20 с*; водоотдача B=10÷12 см^3/30мин; статическое напряжение Θ_1≈0,1÷0,25 Па и Θ_{10}≈0,04÷0,06 Па;

- промывочная жидкость на основе «Peat-MA», после дополнительной обработки химреагентами имеет весьма невысокие значения статического напряжения сдвига и условной вязкости, что существенно снижает энергозатраты на работу турбобуров и насосных станций.

Теоретические исследования гидродинамики течения в трубопроводах промывочных жидкостей на основе реагента «Peat-MA», применительно к промывке буровых скважин, дают основания однозначно утверждать о многократном снижении кавитационной физико-химической эрозии бурового оборудования. Это в первую очередь относится к значительному снижению вышеуказанного износа бурильных труб и их соединений, турбобуров и других погружных механизмов.

В целом вышеуказанные отличительные особенности буровых жидкостей на основе механоактивных порошков торфа «Peat-MA» позволяют:

- значительно повысить дебит продуктивных нефтеносных пластов при бурении и освоении скважин;
- увеличить механическую скорость бурения нефтегазовых скважин;
- снизить в ряде случаев энергозатраты на процесс бурения;
- снизить износ бурового оборудования и инструмента;
- исключить экологическое загрязнение среды, особенно при бурении на шельфе.

На основе разработанной технологии и техники модификации органических полимеров, методом механоактивации возможно открытие стационарного, много тоннажного, достаточно компактного и быстро окупаемого производства универсального экологически чистого бурового реагента «Peat-MA» или серийный выпуск малогабаритных измельчительных комплексов, для производства выше названного реагента непосредственно в районе приблеженном к нефтепромыслу, имеющем в достатке исходное сырье – торф. Дополнительно данная технология и техника сверхтонкого измельчения и механоактивации позволит производить различные импортозамещающие, экологически безопасные буровые реагенты (структурообразователи, понизители водоотдачи, смазывающие добавки, кальматанты и др.) в промышленных объемах. Использование последних при приготовлении высококачественных буровых растворов и тампонажных смесей позволит повысить механическую скорость бурения на 25-40 %, сократить временные и материальные затраты на сооружения скважин до 20%, снизить абразивный износ бурового оборудования в 10 раз, повысить на сотни процентов добычу жидких и газообразных ископаемых, а главное - полностью исключить экологическое загрязнение окружающей среды техногенными флюидами используемыми при бурении скважин, как на шельфе, так и на материке.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

7.1. Меры безопасности при работе с промывочными жидкостями

Все работы по приготовлению промывочных жидкостей и их химической обработке должны проводиться в полном соответствии с правилами безопасности при геологоразведочных работах. Особое внимание следует обратить на оборудование

механизмов для приготовления промывочных жидкостей надежными ограждениями, на соблюдение правил пуска механизмов после осмотра и текущего ремонта.

Во время работы мешалок запрещается проталкивать торф и другие материалы в люки ломами, лопатами и другими предметами, снимать с люка крышку и брать пробу раствора через люк. Вращение лопастей и ротора и лопастей должно быть обязательно проведено перед пуском, крышки люков и отводных патрубков не должны пропускать раствор. Насосы должны иметь предохранительные клапаны.

Работать с реагентами, особенно щелочами и кислотами, необходимо в специальной одежде, включающей резиновые перчатки, очки или специальную маску с очками, респиратор, резиновые фартук и сапоги, с соблюдением правил безопасности при работе с щелочами и кислотами. Следует понимать, что попадание кислот и щелочей на кожу вызывает опасные ожоги. Порошкообразные, и жидкие в виде брызг и тумана кислоты и щелочи раздражают дыхательные пути иногда до язв. При длительной работе с растворами щелочей и кислот без соблюдения правил техники безопасности наблюдаются воспалительные процессы в виде покраснений и язв, кожа становится рыхлой. Попадание щелочей и кислот в глаза может вызвать потерю зрения.

Кожу или одежду, на которую попала щелочь, следует незамедлительно промыть разбавленной кислотой (рекомендуется 10 %-ный раствор уксусной кислоты). Запас такой кислоты должен быть обязательно на месте работ. Для промывки глаз в аптечке должен быть специальный стаканчик и марлевые салфетки. Кожу и одежду очищать от кислоты следует 10 %-ным раствором двууглекислой (чайной) соды.

Все работающие на приготовлении и химической обработке промывочных жидкостей должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности, инструктаж на рабочем месте, а также регулярно, в установленные сроки, проходить повторные инструктажи.

А также должны выполняться следующие требования:

Площадка для приготовления раствора по размерам должна обеспечивать удобное обслуживание, иметь прочный настил (пол) из досок толщиной не менее 20 мм и дренажные канавки для отвода жидкости.

Вокруг люка глиномешалки, должен устанавливаться помост шириной не менее расстояния между перилами и трапами к нему.

Люк глиномешалки должен закрываться решеткой с заглушкой. Ячейки решетки могут иметь размер 10х10 см.

Земляные хранилища бурового раствора должны иметь ограждение не менее 1 м или перекрываться настилом.

На стационарной, передвижной и самоходной буровой должны быть освещены следующие объекты:

а) рабочее место у станка и устье скважины;
б) полати, площадка для кронблока или подвешенный блок;
в) двигатель и насос;
г) лестницы;
д) слесарный верстак;
е) приемный мост;
ж) входы в буровую и отстойники промывочной жидкости;

Самоходные и передвижные буровые установки, питающиеся энергией от двигателя автомобиля, трактора, могут освещаться прожекторами или фарами, направленными к устью скважины, насосу, полатям бурового оборудования. Освещение не должно ослеплять рабочих.

В качестве аварийного освещения должны применяться переносные электрические лампы напряжением до 36 В или переносные керосиновые фонари закрытого типа. Применение факелов и других источников открытого огня для аварийного освещения запрещается.

Современная хозяйственная деятельность человека связана с все увеличивающимся воздействием на окружающую среду. Особую опасность представляют собой отходы производства. Не случайно поэтому, охрана окружающей среды стала одной из важнейших экономических и социальных задач, находящихся под пристальным вниманием.

При бурении промывочными жидкостями на основе механоактивированных порошков торфа должны соблюдаться общие для всех видов бурения, мероприятия по охране окружающей среды.

Буровой агрегат должен проверяться в начале смены машинистом буровой установки и периодически, но не реже одного раза в декаду, буровым мастером.

Результаты проверки следует заносить в буровой журнал, а обнаруженные неисправности устранять до начала работ.

Во время работы буровых станков запрещается:

а) переключать скорости лебедки и вращателя, а также переключать вращение с лебедки на вращатель и обратно до их полной остановки;

б) заклинивать рукоятки управления машин и механизмов;

в) пользоваться патронами шпинделя с выступающими головками зажимных болтов.

Во время спускоподъемных операций запрещается:

а) работать на лебедке с неисправными тормозами;

б) стоять в непосредственной близости от спускаемых (поднимаемых) труб и элеватора;

в) спускать трубы с не полностью завинченными резьбовыми соединениями;

г) производить быстрый спуск на всех уступах и переходах в скважине;

д) держать на весу талевую систему под нагрузкой или без нее при помощи груза, наложенного на рукоятку тормоза или путем ее заклинивания;

е) проверять или чистить резьбовые соединения голыми руками.

Запрещается охлаждать трущиеся поверхности тормозных шкивов водой, глинистым раствором.

Все операции по свинчиванию и развинчиванию сальника, бурильных труб и другие работы на высоте более 1,5 м, требуется производить со специальных полатей и площадок или переносных лестниц, огражденных перилами.

При кратковременных остановках бурения необходимо приподнять бурильные трубы на высоту, исключающую возможность их прихвата.

Подтягивание бурильных труб диаметром 63,5 м и выше от устья скважины к подсвечнику и обратно, а также к полатям верхового рабочего на расстояние не более 0,7 м должно осуществляться с помощью специальных приспособлений (крючка, захвата и др.).

Находящиеся на полатях крючки для подтягивания, установки свечей за палец должны быть привязаны.

Соединять и отвинчивать вертлюг-сальник от рабочей трубы следует только штанговыми ключами.

После окончания разведочных буровых работ на скважине необходимо выполнить следующее:

а) засыпать все ямы и шурфы, оставшиеся после демонтажа буровой;

б) герметизировать устье скважины;

в) выровнять площадку.

Запрещается:

а) во время подъема бурильных труб очищать их непосредственно руками от глинистого раствора; очистка должна производиться механическим способом;

б) оставлять свечи, не заведенными за палец полатей;

в) составлять свечи бурового инструмента такой длины, что при выполнении спускоподъемных операций верховой рабочий вынужден становиться на перила полатей или работать с лестниц;

г) перемещать в шпинделе бурильные трубы, а также свинчивать и развинчивать их во время вращения шпинделя;

д) поднимать бурильные, колонковые и обсадные трубы из горизонтального положения в вертикальное со скоростью лебедки на прямом канате.

Для ограничения предельной высоты подъема элеватора (фарштуля, талевого блока) и предупреждения затягивания его в кронблок или подвесной блок в вышке или мачте требуется установить противозатаскиватель или на подъемном канате в надлежащем месте должна быть нанесена ясно видимая метка.

Подкладная вилка должна иметь скобу для держания и загнутый кверху конец рукоятки.

При работе лебедкой с помощью рукоятки ручного подъема следует:

а) правильно сочетать действия рукояток ручного подъема и тормоза;

б) по прекращении работы немедленно снять со станка рукоятку подъема.

Перекрепление патронов шпинделя необходимо производить при выключенном вращателе и полной остановке шпинделя.

Разрешается свинчивание и развинчивание рабочего наконечника и извлечение керна из подвешенной колонковой трубы при соблюдении следующих условий:

а) труба удерживается на весу тормозом, управляемым буровым мастером, причем для подвески трубы запрещается применять полуавтоматические элеваторы и фарштули;

б) если расстояние от нижнего конца трубы до пола не более 0,2 м.

При извлечении керна из колонковой трубы запрещается:

а) поддерживать руками снизу колонковую трубу, находящуюся в подвешенном состоянии;

б) проверять рукой положение керна в подвешенной колонковой трубе.

При использовании полуавтоматических элеваторов не обходимо:

а)проверять перед началом работы исправность их запоров, упорного подшипника подвесной головки, вращение подвесной головки;

б) содержать элеваторы и наголовники в чистоте;

в) производить операции, связанные с расхаживанием, перемещением и заменой бурового снаряда, только на фарштуле;

г) навинчивать свечу при ослабленном канате;

д) поднимать элеватор по свече, без рывков, со скоростью, не превышающей второй скорости лебедки на прямом канате;

е) довинчивать наголовники ключом или вилкой;

ж) обеспечить буровую бригаду шахтерскими касками. Запрещается применять полуавтоматические элеваторы при работе со свечами "на вынос".

Механизмы для свинчивания и развинчивания бурильных труб должны быть установлены на прочном основании, закреплены и отцентрированы по оси скважины и кронблока.

При свинчивании и развинчивании бурильных труб с помощью механизмов запрещается:

а) держать руками вращающуюся свечу;

б) вставлять или снимать вилки в прорези замка свечи при включенном двигателе механизма;

в) пользоваться ведущими вилками с удлиненными рукоятками без защелок и с разработанными зевами, превышающими размеры прорезей в замках и ниппелях более чем на 2,5 мм;

г) откреплять сильно затянутые резьбовые соединения одновременно с помощью трубных ключей;

д) стоять в направлении усилия водила в начальный момент открытия резьбового соединения.

7.2. Производственная санитария

Используемые в бурении промывочные жидкости в той или иной степени неизбежно загрязняют окружающую среду. Промывочная жидкость и ее компоненты при попадании в грунтовые и подземные воды, поверхностные водоемы, почву и атмосферу отрицательно влияют на окружающую среду. Бурение с промывкой скважин, как правило, связано с применением больших объемов материалов различной степени токсичности и с различным содержанием углеводородных соединений, представляющих опасность для окружающей среды, как флоры, так и фауны. Из практики бурения известно, что почва, подверженная воздействию промывочной жидкости, лишенная растительности на долгие годы. Проблемы защиты окружающей среды обостряются, когда бурение ведут вблизи водоемов. В этих условиях возникает опасность отравления большого количества фауны, вследствие попадания в водоемы с поверхности или через проницаемые горизонты, вскрытые скважиной, токсичных компонентов промывочной жидкости. При этом наиболее опасными, с точки зрения токсичности, являются органические составляющие промывочной жидкости с низкой относительной молекулярной массой, соединения хлора, а также поверхностно-активные вещества, нефть и нефтепродукты. В комплекс природоохранных предприятий при использовании промывочных жидкостей входят предупредительные мероприятия, связанные с рекультивацией земель после окончания бурения скважины. Предупредительные мероприятия сводятся к организации работ, которые бы исключали потери вредных компонентов, уменьшали бы потребность в промывочных жидкостях и их компонентах, загрязняющих окружающую среду. К ним относятся следующие:

а) соответствующая организация транспортировки реагентов и готовых промывочных жидкостей. Такие не сложные меры, как затаривание рассыпных реагентов, максимальное сохранение заводской упаковки, герметизация емкостей, применяемых при перевозке реагентов и промывочных жидкостей, весьма эффективны и не требуют значительных затрат;

б) надежное хранение промывочных жидкостей и всех их компонентов. Предупреждение утечек промывочных жидкостей из желобной системы, предупреждение попадания и перетока дождевых вод через желобную систему;

в) непригодные промывочные жидкости целесообразно складировать в бункерах-накопителях с последующей утилизацией или обезвоживанием;

г) сбор буровых сточных вод с пола буровой. Для этого площадка под буровую установку должна быть подготовлена соответствующим образом;

д) выбор и применение нетоксичных или малотоксичных промывочных жидкостей и материалов для регулирования их свойств;

ж) предупреждение поглощения промывочной жидкости, а при возникновении - быстрая и надежная его ликвидация. Это важно не только с точки зрения предупреждения загрязнения водоносных зон, которые могут использоваться для питьевого и хозяйственного водоснабжения, но и сокращения потерь при транспортировке.

Обязательным условием успешной рекультивации земли после завершения бурения скважины является ликвидация желобной системы с предварительным сбором шлама, удалением из отстойников и приемных емкостей промывочных жидкостей или ее обезвоживанием. В противном случае при засыпке приемных емкостей промывочная жидкость будет вытеснена на поверхность и загрязнит плодородный слой земли.

Безвредный шлам засыпают в отстойниках и приемных емкостей Шлам, содержащий вредные вещества, необходимо складировать с последующим обезвреживанием и засыпкой. Шлам нефтеэмульсионных растворов следует подвергать высокотемпературной термической обработке.

Все работы, связанные с уничтожением вредных промывочных жидкостей, должны согласоваться с санитарной службой в районе работ.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию новых экологически чистых промывочных жидкостей. Торф, крахмал, какао-велла как сырье для приготовления промывочных жидкостей - экологически чистые и безопасные материалы.

7.3. Меры пожарной безопасности

При установке буровой, в радиусе 50 м, рабочая площадка должна быть очищена от валежника, листьев и травы.

Трубы от двигателей и печей должны быть выведены не менее чем на 1,5 м выше откоса буровой и снабжены искрогасителями. При прохождении выхлопной трубы через деревянные конструкции или около них зазор между трубой и конструкцией должен составлять не менее 15 см, а трубу необходимо обернуть асбестом.

Пол под печкой и возле нее на расстоянии 0,5 м, а со стороны топки - 0,7 м должен быть покрыт листовой сталью. У печки стенка буровой должна быть изолирована песком между листом и стенкой буровой слоем не менее 10 см. Расстояние от стенки до печки должно быть не менее 0,7 м.

Для выключения электроэнергии, питающей буровую, требуется предусмотреть отключающее устройство, расположенное снаружи на расстоянии не менее 5 м от буровой.

Запрещается:

а) в буровой разводить открытый огонь и применять факелы и другие источники открытого пламени для освещения;

б) утеплять буровую обшивкой легковоспламеняющимися материалами;

в) располагать электропроводку в буровой в местах возможного ее повреждения буровым снарядом или инструментом при ремонте;

г) хранить ГСМ в металлических бачках ближе 15 м от буровой, при обшитой вышке высотой более 15 м не ближе 50 м от вышки.

При установке в буровой двигателей внутреннего сгорания под них должен устанавливаться металлический противень для сбора стекающего горючего и масла, которые необходимо систематически убирать.

Пол помещения, в котором устанавливаются двигатели внутреннего сгорания, должен быть защищен от возгорания обивкой листовой сталью по асбесту на расстоянии 0,5 м вокруг двигателя.

Глушитель следует систематически очищать от нагара.

Бак двигателя должен иметь объем, который рассчитан не более чем на 8 ч работы, но не более 50 л.

Запрещается:

а) работающий двигатель заправлять ГСМ, а также пользоваться открытым огнем при заправке баков с горючим и для определения уровня горючего в баке;

б) разогревать масло- и топливопроводную систему двигателя открытым огнем (факелами, паяльной лампой) и допускать работу двигателя с неисправной подводкой горючего (подтекание).

Все буровые установки должны быть обеспечены противопожарным инвентарем в следующих количествах:

- огнетушители на буровые вышки с приводом от электродвигателя — один пенный, один углекислотный, на буровые с приводом от двигателя внутреннего сгорания - 2 пенных огнетушителя;

- ящики объемом 0,5 м3 с песком и лопатой - 2 комплекта (один в буровой и один у входа в буровую);

- бочки с водой емкостью 250 литров - 1 шт.

- ведра пожарные - 2 шт.
- комплект шанцевого инструмента (топор, багор, лом) -2 комплекта

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подгорнов Ю.М. Эксплуатационное и разведочное бурение на нефть и газ – Учеб. пособие для рабочих на производстве. М.: Недра, 1988
2. Овчинников В.П., Грачева С.И., Фролов А.А. – Справочник бурового мастера. – Научно-практическое пособие в 2-х томах. М.: «Инфра-Инженерия», 2006.
3. Рябченко В. И. Управление свойствами буровых растворов. М.: Недра, 1990.
4. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург: «Летопись», 2005-664с.
5. Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1981. - 152 с.

6. КруглицкийН.Н.,Агабалянц Э.Г. Методы физико-химического анализа промывочных жидкостей. - Киев: Техника, 1972
7. Малахова А.Я. Физическая и коллоидная химия. - Минск: Высшая школа, 1981. - 304 с.
8. Киреев В.А. Курс физической химии. - М.: Химия, 1975. - 776 с.
9. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. - М.: Наука, 1979. - 381 с.
10. Дедусенко Г.Я., Иванников В.И., Липкес М.И. Буровые растворы с малым содержанием твердой фазы. - М.: Недра, 1985. - 160 с.
11. Паус К.Ф. Буровые промывочные жидкости. - М.: Недра, 1967. - 310 с.
12. Промывочные жидкости и тампонажные растворы (физикохимия и основы применения) // Булатов А.И., Круглицкий Н.Н., Мариампольский Н.А., Рябченко В.И. - Киев.: Техника, 1974.
13. Грей Дж. Р., Дарли Г.С. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): Пер. с англ. - М.: Недра, 1985. - 509 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Ф. П. Сердюков, Г. А. Усов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В БУРЕНИИ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям и самостоятельной работе
по профилирующим дисциплинам
для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки
21.05.02 Прикладная геология
очного обучения

Екатеринбург
2020

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено в помощь преподавателям и студентам при проведении занятий по бурению скважин, а также для подготовки курсовых и квалификационных работ по профилирующим дисциплинам. Сборник выполнен для студентов специальности 21.05.03 Технология геологической разведки и 21.05.02 Прикладная геология. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в таблицах каждого расчета. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

В конце приводится список литературы, использованной при написании данного учебно-методического пособия.

Расчет №1
Расчет предельного значения кернопотерь

1. Расчет предельного значения кернопотерь

$$B_k^{\min}=F(\text{НП, И},[m_k]).$$

При НП, И $[m_k]$ табличные значения (см. таблицу) расчет по формуле для реального (различного) B_k и по данным лабораторных анализов P, $P_к$, $P_{сред}$

$$B_k^{\min} = \frac{(\text{НП}-1)*\text{И}}{(\text{НП}-1)*\text{И}+m_k^{доп}} * 100\ \%$$

где $B_k^{\min}$- выход керна минимальный, %;
НП- неоднородность оруденения, %;
И- избирательность кернопотерь, %;
$m_k^{доп}$ - погрешность опробования, %.

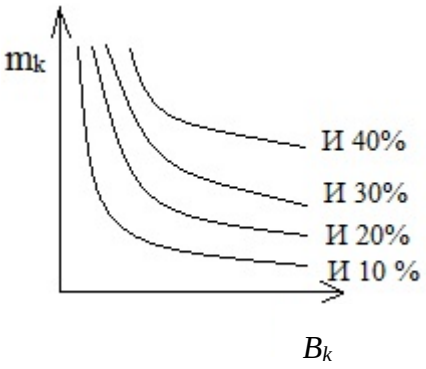
Группировка месторождений по значениям НП и И

Группы и типы руд	Примеры руд и месторождений	Характерные значения	
		НП, %	И
I. Сплошные массивные			
I.1. Мономинеральные	Сплошные мартитовые, магнетитовые, гидромагнетитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п.	1,2±10	40±15
I.2. Полиминеральные	Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения ураль-ского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений. Апатиты Ошурковского месторождения и т. п.	4±10 2,5±10	15±10 20±10
II. Вкрапленные			
II. 1. В массивных изверженных и осадочных породах	Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалимсай. медные руды Алмалыка, редкометал-льных месторождений Белозиминское, Африкандское и т. п.	6,5±10	7± 5
II. 2. В жилах и дайках	Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии и др.	16±5	5±4
III. Прожилково- и слоисто-вкрапленные			
III. 1. Руды штокверковых месторождений	Руды вольфрамовых, молибденовых, медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии	6,5±5	10±8
III. 2. В линейно-вытянутых зонах трещиноватости	Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая и частично Никитовки и т. п.	8,3±6	10±8
IV.Прожилковые, слоистые и переливающиеся			
IV. 1. Прожилковые	Медные руды месторождения Дальнего: никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное; оловянные - Тарбальджей, Иигода, Хрустальное; золотые - Советское, Коммунар и др.	3,3±15	25±15
IV. 2. Переслаивающиеся и полосчатые	Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога, сферосидериты Дагестана	1,7±10	30±15
V. Прожилково-гнездовые			
V. Прожилково-гнездовые	Руды ртутных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чувай), отдельных участков Никитовки и др. Мусковит Луговского, Чуйского и Согдиондонского месторождений	20±10 6,5±5	4±3 8±5

2. Изучение влияния выхода керна на погрешность опробования для различных сортов руд (для бакалаврской работы)

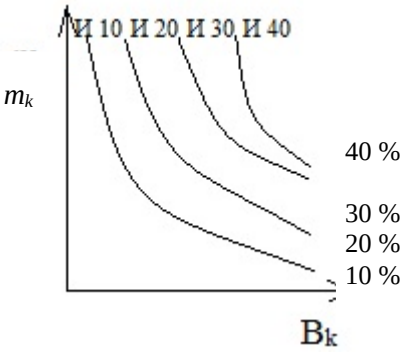
Слабонеоднородные руды **НП=2**

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}

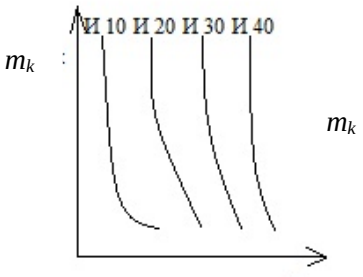


Средненеоднородные руды **НП=6**

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}



Сильнонеоднородные руды **НП=15**



m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}

3. Основные аналитические задачи:

3.1. Для каких руд избирательность истирания более всего влияет на погрешность опробования?

3.2. При какой избирательности и в каких сортах руд наибольший эффект дают мероприятия по повышению выхода керна?

3.3. Постройте таблицу нормативных значений минимального выхода керна, при допустимой погрешности m_k=5 % (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) для всех сортов руд (для всех табличных комбинаций НП и И).

Расчет №2

Определение рациональной частоты вращения бурового снаряда при твердосплавном бурении, рад/с

$$n = \frac{60*0,105\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{2*\omega_0}{D_0};$$

$$n = \frac{60*\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{20*\omega_0}{D_0}.$$

Таблица исходных данных

Обозначение	Наименование	Ед.изм	Пределы изменения		Примечание
			от	до	
ω_0	Окружная скорость движения резцов	м/с	1,0 крепкие породы (YI-YIII кат.)	3,0 мягкие породы (II-IYкат.)	Ограничивается сверхнормативным износом
D_0	Средний диаметр коронки	м	$46*10^{-3}$	$223*10^{-3}$	Стандарт
n_0	Частота вращения	Рад/с об/мин	9,3 93	65 500	Ограничение техническими условиями бурения

Расчет №3

Минимальная (критическая) частота вращения шнекового снаряда, рад/с

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} * \frac{\sqrt{g*(\tan a + f)}}{f' * R * (1 - f * \tan a)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Единица измерения	Пределы измерения	
			от	до
R	Радиус вала шнека	м	$50*10^{-3}$	$89*10^{-3}$
a	Угол подъема винтовой ленты	град	10	30
f	Коэффициент трения породы о шнек	-	0,25	1,4
f'	Коэффициент трения породы о породу	-	0,2	1,5
g	Ускорение силы тяжести	м/с^2	9,8	

Основные аналитические задачи

1.1. Оцените влияние коэффициента трения породы о шнек и породы о породы на $n_{\min}$. Постройте графики зависимости $n_{\min}$ от f и f' для различных значений R и a.

1.2. Оцените влияние конструктивных параметров шнека (R и a) на $n_{\min}$ для вязких (f'=1,5; F=0,25). Постройте графики.

Расчет №4

Определение критической скорости восходящего потока и расхода очистного агента по предельным нормативным характеристикам (для воды малоглинистых растворов)

1. Критическая скорость восходящего потока очистного агента, м/с:

$$U_{kp} = K_{\text{ф}}\sqrt{\frac{d_u(\gamma_{\text{п}}-\gamma_{\text{р}})}{\gamma_{\text{р}}}}.$$

2. Рациональная скорость восходящего потока, м/с:

$$U_{\text{р}} = U_{\text{кр}} + U\ .$$

3. Расход промывочной жидкости, обеспечивающий рациональную скорость движения восходящего потока, м^3/с:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{р}} * \frac{\pi(D^2_{\text{скв}}-d^2_{\text{бур.тр.}})}{4}.$$

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$K_{\text{ф}}$	Коэффициент формы частиц шлама	-	2,5 (плоские)	5,11 (ид. шар)
d_u	Диаметр (средний размер) частиц	м	$0{,}1*10^3$	$1{,}5*10^3$
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес горной породы, руды	т/м^3	2,0	5,5
$\gamma_{\text{р}}$	Удельный вес раствора	т/м^3	1	1,15
U	Желательная скорость движения шлама вверх	м/с	0,1	0,3
$d_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, номинальный (без учета износа)	м	$32*10^{-3}$	$73*10^{-3}$
$d'_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, с учетом износа	м	$30*10^{-3}$	$70*10^{-3}$
$D_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, номинальный	м	$46*10^{-3}$	$225*10^{-3}$
$D'_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом разработки ствола	м	$47*10^{-3}$ $230*10^{-3}$	$50*10^{-3}$ $250*10^{-3}$
$D''_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом каверн	м	По геолого-геофизическим и гидрогеологическим данным $D_{\text{скв}}$ $500*10^{-3}$	
Q	Расход очистного агента	м^3/с л/мин	0,0002 10,0	0,003 160

Расчет №5

Критический расход глинистого раствора с учетом реологии раствора

$$Q_{\text{кр}} = 0{,}392 * \text{ŋ} * \frac{D+d}{\gamma}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2*10^{-3}*\gamma*t_0*(D-d)^2}{3*\text{ŋ}}}\right]$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерения		Примечания
			от	до	
D	Диаметр долота	мм	46	225	
d	Диаметр колонны	мм	32	73	
ŋ	Пластическая вязкость	Пуаз (Па*с)	0,05	0,4	В зависимости от содержания глины в качестве раствора
γ	Уд. вес раствора	г/см^3	1,01	1,2	
$\boldsymbol{t}_0$	Динамическое напряжение сдвига	Дин/ см^2	50	600	
Q	Расход глинистого раствора Критическая скорость восходящего потока	л/с м/с	0,1	5,0	В зависимости от диаметра скважины

Расчет №6

Расчет осевой нагрузки при твердосплавном бурении, кН

$$P = \frac{b^2 * m}{\eta \sqrt{\frac{2\omega * \mu_К * D_Н * n * K * \tan a}{b * P_Ш}}}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
b	Ширина резца	м	$3*10^3$	$30*10^3$
K	Количество резцов на ширине кольца	шт	2 (М-1)	4 (СТ-2)
m	Количество основных резцов	шт	8 (М-1)	30 (СА-3)
$\boldsymbol{\mu_к}$	Коэффициент резцов о породу	-	0,2	1,0
$\boldsymbol{\omega}$	Удельный износ резца	$м^3/Н*м$	2	60
$D_н$	Наружный диаметр коронки	М	$46*10^3$	$225*10^3$
n	Частота вращения снаряда	рад/с	60	360
a	Угол приострения резца	град	45	90
η	Коэффициент угла приострения	-	0,97	0,9
$P_ш$	Твердость породы по штампу	Па	$1*10^6$	$70*10^3$

Расчет №7
Определение механической скорости (интенсивности) углубки скважины при твердосплавном бурении, м/ч

$$V_м = V_0 * e^{-\gamma t} = V_0 * (\frac{1}{e})^{\gamma t}.$$

Если $V_0 = 60 * n * h_0 * K * m$,

то $V_м = 60 * n * h_0 * K * m * e^{-\gamma t}$.

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
n	Частота вращения снаряда	об/мин	40	600
h_0	Торцовый вылет основных резцов	М	$0{,}1*10^{-3}$	$5*10^{-3}$
m	Количество резцов	шт	4	20
K	Коэффициент включения резцов	-	0,3	0,5
e	Основание натуральных логарифмов	1/град	2,71	2,71
γ	Декремент затухания	-	0,1	1
t	Текущее время (длительность рейса)	Ч	0,5	6
$V_м$	Интенсивность углубки (механическая скорость)	м/ч	0,15	25
V_0	Начальная механическая скорость	м/ч		

Здесь $V_м$ - величина приращения глубины скважины в единицу времени на данный момент (интенсивности углубки). Выражается показательной функцией постепенного замедления от максимального начального значения V_0 в соответствии с γ.

V_0 и γ зависят от технологических условий: прочности пород, абразивности, характеристик инструмента, параметров бурения $\{P_ш, K_{абр}, X_и, P_б\}$.

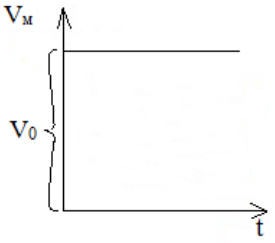
Чем легче условия бурения и лучше инструмент, тем больше V_0 (↑) и меньше γ (↓) - долго не замедляется бурение.

Чем интенсивнее режим бурения (максимальные параметры), тем больше V_0 (↑) и γ (↑) - вначале углубка идет быстро, но очень быстро замедляется - на малой глубине приемлемо.

Чем слабее режим бурения, тем меньше V_0 , но и тем медленнее затухание $V_м$ (см. рисунок).

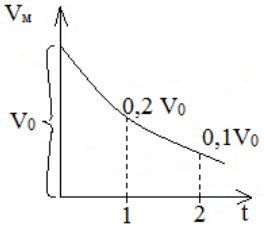
γ =0; $V_м$=V_0

Незатупл. инструмент



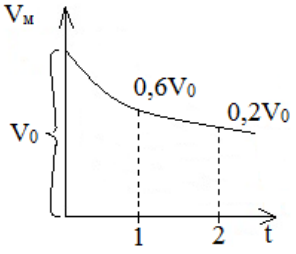
γ =1; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



γ =0,5; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



Графики изменения механической скорости
от декремента затухания

Расчет №8

Определение механической скорости бурения на основе физико-механических свойств пород при алмазном бурении, м/ч

$$V_{\text{м}} = L * F_{\text{д}}^{-a} * K_{\text{абр}}^{-a} .$$

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			однослойные алмазные коронки	импрегнированные алмазные коронки
$F_{\text{д}}$	Коэффициент динамической прочности	-	10-15	15-30
$K_{\text{абр}}$	Коэффициент абразивности пород	-	1,1-2,0	2,1-2,6
L	Коэффициент конструктивности коронки	-	5,9	0,14
$-a$	Коэффициент влияния прочности пород	-	0,36	0,2
-β	Коэффициент влияния абразивности пород	-	0,5	0,2
$V_{\text{м}}$	Механическая скорость бурения	м/ч	1,8-1,9	0,15-0,12

Расчет №9

Расчет шпинделя бурового станка

Шпиндель испытывает осевую нагрузку от механизма подачи и крутящий момент.

1. Напряжение от осевой нагрузки, Н/м^2:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi*(D^2-d^2)}.$$

2. Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M = 9750\frac{N^{max}}{n}.$$

$$N_{\max} = N_g * \eta * \lambda \text{, кВт}$$

3. Касательные напряжения от крутящего момента, снимаемого со шпинделя, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M}{2W};$$

$$W = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4-d^4}{D} \text{, м}^3.$$

4. Полное приведенное напряжение в теле шпинделя, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}.$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
Q	Усилие подачи станка	Н	40000	50000
D	Наружный диаметр шпинделя	м	$51*10^{-3}$	$61*10^{-3}$
d	Внутренний диаметр шпинделя	м	$43*10^{-3}$	$53*10^{-3}$
$N_{\max}$	Мощность, передаваемая на шпиндель	кВт	-	-
n	Число оборотов шпинделя	-	80	1500
N_g	Номинальная мощность шпинделя	-	0,8	
η	КПД передачи от вала двигателя до шпинделя	-		
λ	Коэффициент возможной перегрузки: - электродвигатель -двигатель внутреннего сгорания	 - -	 1,5 1,1	 2,0 1,15

Расчет №10

Расчет механического зажимного патрона

Расчет патрона приведен для двух плашек, управляемых двумя болтами.

1. Допустимое осевое усилие по болту из условий его прочности на сжатие, Н:

$$P = F[\sigma_{сж}] .$$

2. Допустимое осевое давление, развиваемое болтом, Н:

$$P' = \frac{\pi*(d^2-d_t^2)*I*P}{4t} .$$

3. Сила трения, при закреплении ведущей трубы в двух патронах, Н:

$$T = 4P' * f.$$

4. Окружное усилие, передаваемое патроном, Н:

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - Q^2}$$

5. Передаваемая мощность патронами, кВт:

$$N = \frac{P_v*V}{75} .$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
F	Площадь поперечного сечения	м^2	0,04	0,06
$[\sigma_{сж}]$	Допустимое напряжение сжатия	Н/м^2	1000*10^5	1400*10^5
d	Наружный диаметр резьбы болта	м	0,03	0,5
d_1	Внутренний диаметр резьбы болта	м	0,025	0,4
I	Длина резьбы болта	м	0,03	0,5
P	Наибольшее удельное давление болта	Н/м^2	65*10^5	75*10^5
t	Шаг резьбы болта	м	0,003	0,004
f	Коэффициент трения между плашками и бурильной трубой	-	0,35	0,4
Q	Осевое усилие	Н	40000	120000
V	Окружная скорость	м/с	0,2	0,85

Расчет №11

Расчет фрикционной лебедки

1. Скорость вращения подъемного вала лебедки, мин$^{-1}$:

$$n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \varphi.$$

2. Скорость навивки каната на барабан, м/с:

$$V = \frac{(D+d)n_2}{60}.$$

3. Окружная скорость на ободе большого фрикционного колеса, м/с:

$$V_1 = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60}.$$

4. Окружное усилие на ободе барабана, Н:

$$P = \frac{75 * N * \eta}{V}.$$

5. Окружное усилие на ободе фрикционного колеса, Н:

$$P_ф = \frac{75 * N * \eta}{V_1}.$$

6. Необходимое усилие нажатия фрикционных колес друг на друга, Н:

$$Q = \frac{k * P_ф * \sin \alpha}{f}$$

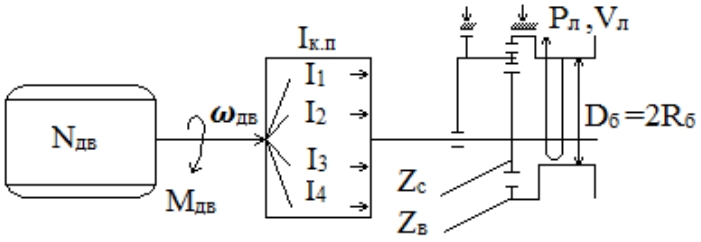
Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
n_1	Число оборотов приводного вала станка	мин$^{-1}$	80	
d_1	Диаметр малого фрикционного колеса	м	0,15	
d_2	Диаметр большого фрикционного колеса	м	0,8	
φ	Коэффициент скольжения при фрикционной передаче	-	0,98	
D	Диаметр барабана	м	0,22	
d	Диаметр каната	м	0,12	
N	Мощность электродвигателя станка	кВт	11	
η	КПД передачи от двигателя до барабана	-	0,8	
k	Коэффициент запаса	-	1,5	
α	Угол наклона боковых поверхностей клиньев	град	12	15
f	Коэффициент трения чугуна по стали	-	0,2	

Расчет №12

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик планетарной лебедки бурового станка

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы:

$$N_{\text{дв}} = 713 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}(\text{л.с.}) = 973 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}, \text{кВт}$$

$$M_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} * i_{\text{к.п.}} * \frac{Z_{\text{с}}}{Z_{\text{В}}}, \text{Н*м};$$

$$\text{Р}_{\text{л}} = \frac{M_{\text{Б}}}{R_{\text{Б}}}, \text{Н};$$

$$\omega_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{ДВ}}}{M_{\text{Б}}} * \frac{i}{i_{\text{К.П.}}} * \frac{Z_{\text{В}}}{Z_{\text{С}}}, \text{об/мин};$$

$$V_{\text{Л}} = \omega_{\text{Б}} * 2\pi * R_{\text{Б}}, \text{м/мин}.$$

Таблица основных исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$N_{\text{дв}}$	Мощность двигателя	кВт л.с.	10 15	150 220
$\omega_{\text{дв}}$	Число оборотов двигателя	об/мин	1200	5000
$I_{\text{к.п.}}$	Передаточное число коробки перемены передач	-	1 (прямая передача)	10 (высшая передача)
$D_{\text{б}}$	Диаметр барабана лебедки	м	0,2	0,7
$Z_{\text{с}}$	Число зубьев солнечной шестерни лебедки	шт	50	150
$Z_{\text{в}}$	Число зубьев венца лебедки	шт	250	1500

3. Основные эксплуатационные характеристики лебедки

$P_{\text{л}}$ – рабочее усилие (грузоподъемность на прямом канате, кГс, Тс, кН, даН) на конкретной передаче ($P_{\text{л}1}$, $P_{\text{л}2}$, $P_{\text{л}3}$, …);
$V_{\text{л}}$ – скорость подъема груза (на прямом канате, м/мин) на конкретной передаче ($V_{\text{л}1}$, $V_{\text{л}2}$, $V_{\text{л}3}$, …).

4. Основное задание

4.1. Рассчитать и построить графики зависимости эксплуатационных характеристик лебедки ($V_{\text{л}}$, $P_{\text{л}}$) от конкретных параметров бурового станка: $Z_{\text{с}}$ и $Z_{\text{в}}$, $D_{\text{б}}$, i_{i}.

4.2. Рассчитать и построить графики зависимости мощности и механической характеристики ($\omega_{\text{дв}}$=F($N_{\text{дв}}$)) двигателя.

Расчет №13

Расчет талевой системы

1. Натяжение на струне талевой системы, Н:

$$P_m = \frac{P_л}{\beta^m}.$$

2. Натяжение каната наматываемого на барабан лебедки, Н:

$$P_л = Q * \frac{\beta^m(\beta-1)}{\beta^m-1}.$$

3. Натяжение закрепленного конца каната, Н:

$$P_m = Q * \frac{\beta-1}{\beta(\beta^m-1)}.$$

4. КПД талевой системы, Н:

$$\eta = \frac{1}{m} * \frac{(\beta^m-1)}{\beta^m*(\beta-1)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
β	Коэффициент сопротивления узла одного ролика	-	1,03	1,04
m	Число струн талевой системы	шт	1	6
Q	Нагрузка на крюке	Н	15000	55000

Расчет №14

Расчет колонны бурильных труб на прочность

Сечение I-I

1. Напряжение растяжения, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F}.$$

2. Напряжение кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

3. Крутящий момент при бурении, Н*м:

$$M_{\text{б}} = \frac{N_{\text{б}}}{\omega}.$$

4. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = N_{\text{тр}} + N.$$

5. Первый момент сопротивления, м^3:

$$W_{\text{р}} = 0{,}1 * \frac{d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4}{d_{\text{н}}}.$$

6. Суммарное напряжение в сечение I-I:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{р}}^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

Сечение II-II

7. Напряжение сжатия, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F}.$$

8. Напряжение изгиба, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 * E * D * f}{2 * 1^2}.$$

9. Напряжения кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = 1{,}5 * N_{\text{з}}.$$

11. Суммарное напряжение в сечение II-II, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{из}})^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

12. Запас статической прочности колонны:

$$n = \frac{\sigma_г}{\sigma_\Sigma} \geq 1{,}7 .$$

13. Запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{из} * k_g} .$$

14. Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \frac{\tau_г}{\tau} .$$

15. Суммарный запас прочности:

$$n_\Sigma = \frac{n_\sigma * n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 * n_\tau^2}} .$$

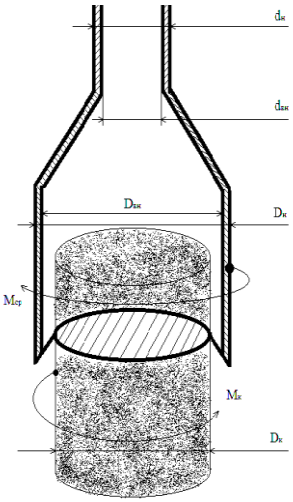
Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$Q_{кр}$	Нагрузка на крюке	Н	0	55000
F	Площадь опасного сечения	м^2	2,16*10^{-4}	7,06*10^{-4}
$M_б$	Крутящий момент при бурении	Н*м	70	6500
$W_р$	Полярный момент сопротивления	м^3	5,4*10^{-6}	10,6*10^{-6}
$N_б$	Мощность, затрачиваемая на бурение	кВт	1,5	70
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	42	54
$d_в$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	22	40
$P_{ос}$	Осевая нагрузка на забой	Н	0	120000
E	Модуль упругости	Н/м^2	0,7*10^{11}	2,1*10^{11}
D	Диаметр скважины	м	0,037	0,133
f	Стрела прогиба	м	0,01	0,025
I	Длина полуволны	м	5	30
$\boldsymbol{\omega}$	Угловая скорость вращения снаряда	с$^{-1}$	8,3	156
$N_{гр}$	Затраты мощности на вращение колонны бурильных труб	кВт	12	40
$N_з$	Затраты мощности на разрушение забоя	кВт	1,2	2,5
$[\sigma_g]$	Предел прочности материала, из которого изготовлены бурильные трубы	Н/м^2	230*10^5	683*10^5

Расчет №15

Сопоставление конструктивных характеристик бурового снаряда и параметров керна при срыве вращением

1. Принципиальная схема и таблица исходных расчетных данных



Пара-метр	Наименова-ние	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	$32*10^{-3}$	$73*10^{-3}$
$d_{вн}$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	$22*10^{-3}$	$59*10^{-3}$
$D_н$	Наружный диаметр колонковой трубы	м	$34*10^{-3}$	$219*10^{-3}$
$D_{вн}$	Внутренний диаметр колонковой трубы	м	$27*10^{-3}$	$203*10^{-3}$
$D_к$	Диаметр керна	м	$23*10^{-3}$	$199*10^{-3}$
$[\tau_{тр}]$	Прочность материала труб при кручении	МПа	162	284
$[\tau_к]$	Прочность горных пород при кручении	МПа	1,5	56,0

2. Основные аналитические зависимости.

Момент срыва керна $M_{ср}$ равен моменту реакции керна $M_к$, Н*м :

$$M_{ср} = [\tau_{тр}] * W_{тр} = [\tau_к] * W_к = M_к$$

где $W_{тр}$- момент сопротивления поперечного сечения труб, м^3:

а) бурильных труб:

$$W_{тр}^{б.тр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_н^4 - d_{вн}^4}{d};$$

б) колонковых труб:

$$W_{тр}^{к} = \frac{\pi}{16} * \frac{D_{н.к.т.}^4 - D_{вн.к.т}^4}{D_{н.к.т}};$$

$W_к$- момент сопротивления поперечного сечения керна, м^3:

$$W_к = \frac{\pi * D_к^4}{32}.$$

3. Основные аналитические задачи

3.1. Задайте некоторое значение прочности горной породы и материала труб. Постройте графики зависимости минимальных значений наружного диаметра бурильных труб (при постоянной толщине стенок) от диаметра керна.

3.2. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от диаметра срываемого керна.

3.3. Задайте некоторый постоянный диаметр керна и материала труб. Постройте графики зависимости минимального диаметра бурильных труб от прочности горной породы.

3.4. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от прочности горной породы.

3.5. Задайте диаметры труб и керна, постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

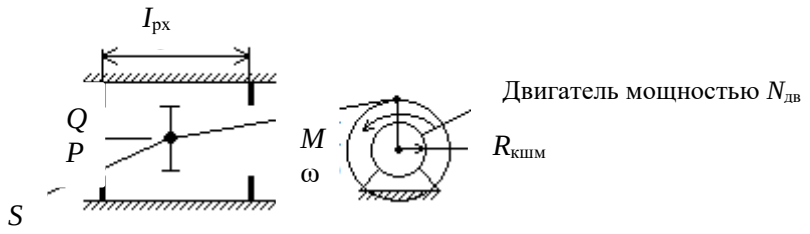
3.6. Задайте диаметры труб, прочность горной породы и постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

3.7. Повторите расчеты 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 при измененных начальных условиях.

Расчет №16

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик бурового промывочного насоса

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы

$$N_{дв} = K_i * M * \beta ,$$

где М – крутящий момент, кГс*м;
ω- частота вращения, об/мин;
$N_{дв}$- мощность двигателя (при K_1=973 кВт, а при K_2=713 л. с.).

$$Q = S * I_{рх} * \omega;$$

$$P = \frac{M}{R_{кшм}} * \frac{1}{S};$$

$$I_{рх} = 2 * R_{кшм} ,$$

где Q – расход промывочной жидкости, м^3/мин;
S – площадь поршня, м^2;
$I_{рх}$ – ход поршня, м;
P – рабочее давление в напорной магистрали, кГс/м^2
$R_{кшм}$ – радиус кривошипа, м.

3. Расчетно-аналитические задачи

3.1. При постоянной мощности асинхронного двигателя:
- Как влияет площадь поршня S на эксплуатационные характеристики насоса (построить графики $P=f_1(S)$ и $Q=f_2(S)$ для N=10, … 50 кВт).
- Как влияет радиус кривошипа и величина рабочего хода поршня на эксплуатационные характеристики насоса.

3.2. С изменяемой мощностью:
- До какой глубины возможно применение насоса с приводом 10, 20, …50 кВт, если гидросопротивления на каждые 100 м скважины при алмазном бурении (Q=300 л/мин) составляют 10 атмосфер, при твердосплавном бурении (Q=60 л/мин) 7 атмосфер, при шарошечном бурении (Q=100 л/мин) 15 атмосфер.

Расчет №17

Расчет эрлифта для откачки воды из скважины

Условия откачки:

- Проектный дебит откачки Q, м^3/ч.
- Глубина статического уровня в скважине h_0, м.
- Проектное понижение уровня воды при откачке $h_п$, м.
- Мощность водоносного горизонта m, м.
- Глубина залегания водоносного горизонта L, м.
- Конструкция эрлифта с расположением эрлифтных труб по схеме «рядом».

Расчетная схема представлена на рисунке.

1. Расчет глубины погружения смесителя

1.1 Определяется проектный динамический уровень воды в скважине, при откачке воды относительно излива:

$$h_g = h_0 + h_п + h_и ,$$

где h_g – проектный динамический уровень, м;

h_0– статический уровень, м;

$h_п$– проектное понижение уровня, при откачке ($h_п \leq 0{,}4\ m$), м;

m – мощность водоносного горизонта, м;

$h_и$ – высота расположения излива относительно устья скважины (0,5 м), м.

1.2. Определяется глубина погружения смесителя относительно уровня излива, при проектном динамическом уровне воды в скважине:

$$H = K + h_g ,$$

где H- погружение смесителя относительно уровня излива, м;

h_g- динамический уровень относительно излива, м;

K- коэффициент погружения смесителя.

Абсолютная величина коэффициента погружения смесителя K в зависимости от динамического уровня определяется опытным путем и поэтому принимается при расчетах согласно табл.1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента погружения смесителя эрлифта от динамического уровня

h_g	70-40	60-20	30-10
K	1,4-1,6	1,7-2	2,5-3

2. Расчет расхода и давления воздуха, нагнетаемого в эрлифтную систему

2.1. Определяется удельный расход воздуха для откачки из скважины 1 м^3 воды:

$$W_0 = \frac{h_g}{C_0 * \log_{10} \frac{h_g * (K-1) + 10}{10}} ,$$

где W_0 – удельный расход воздуха, приводимый к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;

h_g– динамический уровень воды в скважине, м;

K – принятый коэффициент погружения смесителя;

C_0 – опытный коэффициент, зависящий от коэффициента погружения смесителя, принимается согласно табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента C_0 от K

K	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2	1,8	1,7	1,55
C_0	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9	8

При расчете удельного расхода воздуха для откачки из скважины жидкостей, имеющих удельный вес больше единицы ($\gamma_ж > 1$), г/см^3, необходимо W_0 умножить на $\gamma_ж$.

2.2. Определяется полный расход воздуха для откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$\sum W_0 = \frac{Q * W_0}{60},$$

где $\sum W_0$ – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
Q – проектный дебит откачки, м^3/мин
W_0 – удельный расход воздух, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

3. Расчет необходимого давления и производительности для выбора компрессора

3.1. Определение необходимого давления сжатого воздуха, при спуске компрессора:

$$P_п = 0{,}01 * \left(K * (h_g - h_0\right) + P_1),$$

где $P_п$ – пусковое давление компрессора, МПа;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
h_0 – статический уровень воды в скважине, м;
P_0 – потери напора в воздухопроводах, при спуске компрессора: $P_1 = 1$ м. вод. ст.

3.2. Определение рабочего давления компрессора в процессе откачки воды из скважины:

$$P_р = 0{,}01 * (h_g * (K - 1) + P_2,$$

где $P_р$ – рабочее давление компрессора, МПа;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
$P_р$ – потери напора в воздухопроводах, при процессе откачки.

3.3.Определение рабочего расхода сжатого воздуха в процессе откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$W_р = \sum W_0 * \frac{P_0}{P_p},$$

где $W_р$ – рабочий расход промывочной жидкости, м^3/мин;
$\sum W_0$ – полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
P_0 – атмосферное давление воздуха, P_0=0,1 МПа;

$P_р$ – рабочее давление сжатого воздуха, МПа.

3.4. Выбор компрессора для оборудования эрлифта.

Для откачки воды из скважины м проектной производительностью Q давление компрессора $P_к$ и производительностью компрессора $q_к$ выбирается согласно следующим условиям:

$$Р_к \geq Р_п; \quad P_к \geq Р_р; \quad q_к \geq W_р.$$

4. Расчет внутренних диаметров эрлифтных колон

4.1. Выбор скоростей движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб.

Для устойчивой и эффективной работы эрлифта необходимо обеспечить следующие скорости движения потоков воздуха и аэрировонной воды в эрлифтных колоннах труб:

$V_в$ – скорость потока в воздухопроводной колонне труб:

$$V_в=10 \text{ м/с};$$

$V_с$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб над смесителем

$$V_с=(2\text{-}4) \text{ м/с};$$

$V_н$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб, перед изливом

$$V_н=(6\text{-}12) \text{ м/с}.$$

$V_с$ и $V_н$ зависят от h_g (чем больше h_g, тем больше $V_с$ и $V_н$).

4.2. Расчет площади сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне:

$$\omega_в = \frac{W_р}{60 * V_в},$$

где $\omega_в$ – площадь сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне, м^2;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин;

$V_р$ – скорость потока воздуха в воздухопроводной колонне, м/с.

4.3. Расчет площади потока аэрированной воды в водоподъемной колонне

4.3.1. Определение расхода воды над смесителем:

$$q_c = \frac{Q}{360} + \frac{W_p}{60},$$

где $q_с$– расход аэрированной воды над смесителем, м^3/с;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин.

4.3.2. Расчет площади сечения потока аэрированной воды над смесителем:

$$\omega_с = \frac{q_с}{V_с},$$

где $\omega_с$ – площадь сечения потока над смесителем, м^2;

$q_с$ – расход потока над смесителем, м^3/ч;

$V_с$ – скорость потока над смесителем, м/с.

4.3.3. Определение расхода аэрированной воды перед изливом:

$$q_н = \frac{Q}{3600} + \frac{\sum W_0}{60},$$

где $q_н$ – расход аэрированной воды перед изливом, м^3/ч;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$\sum W_0$– суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

4.3.4. Расчет площади сечения аэрированного воды перед изливом:

$$\omega_{н} = \frac{q_{н}}{V_{н}},$$

где $\omega_{н}$ – площадь потока перед изливом, м^3;

$q_{н}$ – расход потока перед изливом, м^3/ч;

$V_{н}$ – скорость потока перед изливом, м/с.

4.4. Расчет внутренних диаметров внутренних эрлифтных колонн

Внутренние диаметры эрлифтных колонн определяются на основании площадей сечений потоков воздуха в воздухопроводной колонне и аэрированной воды в водоподъемной колонне по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4\omega_{н}}{\pi}},$$

где d- внутренний диаметр трубы, м;

$\omega_{н}$- площадь сечения потока в трубе, м^2.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
L	Глубина залегания водоносного горизонта	м	50	150
h_0	Статический уровень воды	м	8	26
$h_{н}$	Понижение уровня воды	м	1	5
Q	Дебит	м^3/ч	10	130
m	Мощность водоносного горизонта	м	2	14

Расчет №18

Цементирование скважин

Основная цель цементирования – получение прочного водогазонефте непроницаемого, концентрично расположенного в затрубном пространстве кольца цементного камня, который по всей высоте обеспечивал бы разобщение и надежную изоляцию вскрытых скважиной продуктивных горизонтов и зон осложнений.

Способ цементирования выбирается в зависимости от температуры в ее стволе, опасности поглощения при заданной высоте подъема цементного раствора и возникновения затрубных проявлений в период ОЗЦ для каждой конкретной скважины.

Расчет цементирования сводится к определению:

- потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости;
- конечного давления при цементировании и выбора типа и потребного количества цементировочных агрегатов и цементно-смесительных машин;
- продолжительности цементирования.

1. Определение потребного количества сухого цемента, воды, продавочной жидкости при цементировании обсадной колонны

1.1. Определение потребного количества цементного раствора, м^3:

$$V_{\text{п.р.}} = \frac{\pi}{4}\left[(k^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot h_{\text{ц}} + h_0 \cdot d_{\text{в}}^2\right],$$

где k – коэффициент увеличения ствола скважины (k = 1,1÷1,25).

1.2. Определение удельного веса цементного раствора, г/с^3:

$$\gamma_{\text{ц.р}} = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1+m)}{m \cdot \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{в}}},$$

где $\gamma_{\text{ц}}$, $\gamma_{\text{в}}$ - соответственно удельный вес сухого цемента и воды ($\gamma_{\text{ц}}$ = 3,15 г/см^3, $\gamma_{\text{в}}$ =1,0 г/см^3);

m – цементное отношение.

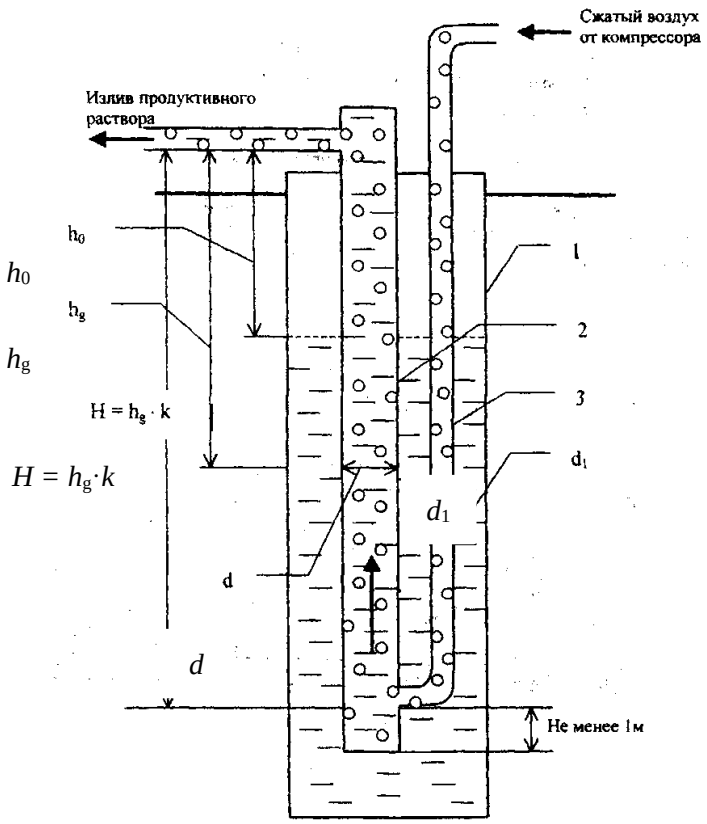


Схема эрлифта с расположением труб «рядом»:

1 – обсадные трубы; 2 – водоподъемные трубы; 3 – воздухопроводные трубы

1.3. Определение потребного количества сухого цемента, т:

$$Q_{\text{ц}} = e \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \gamma_{\text{ц.р}} \cdot V_{\text{ц.р}} ,$$

где e – коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при транспортировке и затворении (e = 1,03÷1,05).

1.4. Определение потребного количества воды для затворения цемента, м^3:

$$V_{\text{в}} = m \cdot Q_{\text{ц}} .$$

1.5. Определение объема продавочной жидкости, м^3:

$$V_{\text{пр}} = \Delta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2_{\text{вн.ср}} \cdot (L - h_0) ,$$

где Δ - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости (Δ = 1,03 ÷ 1,05).

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений		Примечание
			от	до	
D	Диаметр долота	м	161	445	D (161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445)
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340	d (114, 127, 146, 168, 178, 194, 219, 245, 273, 299, 324, 340, 508)
δ	Толщина стенки обсадных труб	мм	6,5	12	
$d_{\text{вн.ср}}$	Средний внутренний диаметр обсадных труб	м	$(d-\delta)$		
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000	
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20	
L	Глубина спуска обсадных труб	м	50	4000	

2. Определение конечного давления при цементировании

2.1 Определение давления в цементировочной головке в конце цементирования, атм:

$$P_{\max} = P_{\text{гидр}} + 0{,}1 \cdot \left[\left(L - h_{\text{ц}}\right)\gamma_{\text{г.р}} + \left(h_{\text{ц}} - h_0\right)\gamma_{\text{г.р}} - (L - h_0)\gamma_{\text{пр.ж}}\right] + (15 \div 20),$$

где $P_{\text{гидр}}$ – гидравлические сопротивления, атм.:

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}01L + 8, (V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с и 1 агрегатом}),$$

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}02L + 16, (V_{\text{восх}} > (1 \div 2)\text{м/с});$$

L – длина эксплуатационной колонны, м;

$h_{\text{ц}}$ - высота цементирования, м;

h_0 - высота цементного стакана, м;

$\gamma_{\text{г.р}}$ - плотность глинистого раствора, г/см^3;

$\gamma_{\text{п}}$ – плотность продавочной жидкости, г/см^3.

$(15 \div 20)$ - скачок давления на манометре в момент посадки продавочной пробки на упорное кольцо, атм.

Выбор ЦА $P_{\text{агр}} \geq P_{\max}$(выписываем характеристику ЦА – P и q).

2.2. Определение производительности цементировочного кольца агрегата в конце цементировочного агрегата в конце цементирования, м^3/с:

$$\sum q = \frac{\pi}{4} \cdot (K^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot V_{\text{восх,}}$$

где K – коэффициент кавернозности;

$V_{\text{восх}}$ - скорость восходящего потока, м/с.

2.3. Определение необходимого количества цементировоч-ных агрегатов по скорости, шт:

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, м^3/с;

q^v – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

Характеристика 3ЦА-400

Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	d = 100 мм		d = 115 мм		d = 127 мм	
		подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм
I	53,2	6,5	400	8,6	305	11,25	232
II	76,2	9,6	270	12,7	205	16,10	163
III	112,5	14,2	182	18,7	138	23,8	110
IV	156,0	19,7	131	26,0	100	33,0	79

Характеристика ЦА-320М

Режим работы	Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	d = 90 мм		d = 100 мм		d = 115 мм		d = 127 мм	
			подача, л/с	подача, л/с	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм
Максимальная производительность	I	28	2,4	390	3,0	305	4,1	225	5,1	182
	II	54	4,5	202	5,8	159	7,9	117	9,9	95
	III	97	8,3	113	10,4	88	14,2	65	17,6	52
	IV	125	10,6	87	13,5	69	18,3	50	22,8	40
Максимальное давление	I	27	2,3	400	2,9	320	3,9	230	4,9	185
	II	41	3,5	231	4,4	182	6,0	134	7,5	109
	III	73	6,2	130	7,8	103	10,7	75	13,3	61
	IV	94	8,0	102	10,1	80	13,8	59	17,1	47

2.4. Определение количества цементно-смесительных машин, шт:

$$i = \frac{Q_{\text{ц}}}{20},$$

где $Q_{\text{ц}}$ - количество цемента, необходимое для цементирования эксплуатационной колонны, т.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений	
			от	до
D	Диаметр долота	м	161	445
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340
L	Глубина спуска обсадной колонны	м	50	4000
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20
$\gamma_{\text{г.р}}$	Удельный вес глинистого раствора	г/см^3	1,2÷1,25÷ 1,3	
$\gamma_{\text{ц.р}}$	Удельный вес цементного раствора	г/см^3	1,9÷ 1,85 ÷ 1,8	
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес продавочной жидкости	г/см^3	1,0÷ 1,25	
$V_{\text{восх.}}$	Скорость подъема восходящего потока цементного раствора в затрубном пространстве: - для кондукторов и технических колонн - для эксплуатационных колонн	м/с	 (0,6÷ 0,8) (1,2÷1,5)	
k	Коэффициент увеличения диаметра ствола скважины	-	1,1	1,25

3. Определение продолжительности цементирования обсадной колонны

Возможность начала закачки определяется следующим условием:

$$P^V > P_г,$$

где P^V – максимальное давление, развиваемое ЦА на наивысшей скорости, атм;
$P_г$ - давление на преодоление в скважине в скважине гидравлических сопротивлений, атм.

$$P_г = 0{,}01L + 8 \text{ (при } V_{восх} \leq 1 \text{ м/с)};$$

$$P_г = 0{,}02L + 16 \text{ (при } V_{восх} \leq 2 \text{ м/с)}.$$

Если условие не выполняется, выбираем ближайшую скорость, на которой

$$P_{агр} > P_г.$$

3.1. Определяем, сколько цементного раствора будет закачано на этих скоростях:

$$h_{ц.р}^{IV} = \frac{10(P_г - P^V)}{(\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р})},$$

где $h_{ц.р}^{IV}$ - высота столба цементного раствора, который необходимо закачать на IV скорости, м;

P^V – давление, создаваемое насосом агрегата на V скорости.

Определяем объем раствора, закачанного на IV скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{IV} = \frac{\pi \cdot d_{вн.ср}^2}{4} \cdot h_{ц.р}^{IV},$$

Определяем объем цементного раствора, закачанного на V скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{V} = V_{ц.р} - V_{ц.р}^{IV}.$$

3.2. Определение высоты столба продавочной жидкости в колонне при работе агрегата на V скорости, м:

$$I_i^V == \frac{L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) + (k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - \frac{4V_{ц.р}}{\pi}}{(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2)\frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} + d_{вн}^2}.$$

Определяем постоянные элементы для данной формулы:

$$a = L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$b=(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$c = \frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}};$$

$$Z = \frac{4V_{ц.р}}{\pi};$$

$$I_1^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.3. Определение высоты подъема цементного раствора за колонной на V скорости агрегата, м:

$$I_2^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_{\text{г}})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2},$$

т. е.

$$I_2^v = \frac{Z - d^2(L - I_1^v)}{b}.$$

3.4. Высота столба продавочной жидкости на IV скорости агрегата, м:

$$I_1^{IV} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{IV} - P^V)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.5. Высота подъема цементного раствора за колонной на IV скорости агрегата, м:

$$I_2^{IV} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{IV})}{b}.$$

3.6. Высота столба продавочной жидкости на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{III} - P^{IV})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2}.$$

3.7. Высота подъема цементного раствора за колонной, на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{III})}{b}.$$

3.8. Определяем количество продавочной жидкости, закачиваемой на различных скоростях агрегата, м^3:

$$V_{\text{пр}}^V = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot I_1^V;$$

$$V_{\text{пр}}^{IV} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{IV} - I_1^V);$$

$$V_{\text{пр}}^{III} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{III} - I_1^{IV});$$

$$V_{\text{пр}}^{II} = V_{\text{пр}} - V_{\text{пр}}^I - V_{\text{пр}}^{III} - V_{\text{пр}}^{IV} - V_{\text{пр}}^V;$$

$$V_{\text{пр}}^I = 2.$$

3.9. Определяем время работы одним агрегатом на разных скоростях, мин:

$$t^{\text{V}} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^V + V_{\text{пр}}^V)}{q^V \cdot 60};$$

$$t^{IV} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{IV} + V_{\text{пр}}^{IV})}{q^{IV} \cdot 60};$$

$$t^{III} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{III} + V_{\text{пр}}^{III})}{q^{III} \cdot 60};$$

$$t^{II} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{II} + V_{\text{пр}}^{II})}{q^{II} \cdot 60};$$

$$t^{I} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{I} + V_{\text{пр}}^{I})}{q^{I} \cdot 60}.$$

3.10. Общее время цементирования, мин:

$$T' = t^{\text{I}} + t^{\text{II}} + t^{\text{III}} + t^{\text{IV}} + t^{\text{V}}.$$

С учетом подготовительно-заключительных работ

$$T_{\text{ц}} = T' + 15 \text{ мин}.$$

3.11. Определяем температуру на забое скважины, ℃:

$$t_{\text{заб}} = t_{\text{ср}} + 0{,}025L,$$

где $t_{\text{ср}}$ – среднегодовая температура воздуха, ℃,

L – глубина скважины, м.

3.12. Определяем количество агрегатов, шт:

По времени схватывания

$$n_{ЦА} = \frac{T}{0{,}75T_{\text{скв}}} + 1,$$

по скорости

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, л/с;

q^{v} – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Технология бурения разведочных скважин / А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин, Р. М. Скрябин. - М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2004. - 528 с.
2. Башкатов Д. Н., Кривошеев В. В., Соловьев Н. В. Бурение разведочных скважин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2007.
3. Гусман А. М., Порожский К. П. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

Дополнительная:

1. Ошкордин О. В. Технологическое проектирование в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1994.
2. Калинин А. Г., Ошкордин О. В. Разведочное бурение. – М.: Недра, 2000.
3. Михайлова Н. Д. Техническое проектирование колонкового бурения. – М.: Недра, 1985.
4. Ганджумян Р. А. Практическое расчеты в разведочном бурении. – М.: Недра, 1986.
5. Поляков Г. Д., Булгаков Е. С. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. – М.: Недра, 1983.
6. Кирсанов А. Н., Зиненко В. П., Кардыш В. Г. Буровые машины и механизмы. –М.: Недра, 1986.
7. Элияшевский И. В., Орсуляк А. М. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1974.
8. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду /под общей ред. В. В. Дубровского – Второе издание, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972.
9. Справочник по бурению скважин на воду / под общей ред. Д. Н. Башкатова. – М.: Недра, 1979.
10. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин /авторский колл.; гл. ред. проф. Е. А. Козловский. – СПб, 2000.

ФГБОУ ВО
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕР-СИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых

М.А. Саламатов, И.В. Малахов

ТЕХНОЛОГИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ

Методические указания к контрольной работе
для студентов специальности

21.05.03 Технология геологической разведки

Екатеринбург 2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика контрольной работы 5
2.Исходные данные для выполнения контрольной работы..... 6
3.Рекомендации по содержанию и методике выполнения контрольной работы7
3.1Введение..... 7
3.2Геологические и гидрогеологические условия сооружения гидроизоляционных ограждений..... 8
3.3Проектирование технологических параметров и технологических схем сооружения гидроизоляционных ограждений методом тампонажа..... 9
3.3.1Выбор тампонажного раствора и его физико-механических и реологических параметров..... 9
3.3.2Проектирование гидроизоляционных ограждений 9
3.3.3.Определение необходимого количества тампонажных скважин для формирования гидроизоляционного ограждения в водоносном пласте 14
3.3.4.Выбор координат заложения на поверхности земли и профиля тампонажных скважин..... 14
3.3.5.Расчет необходимого количества тампонажных материалов 14
3.4.Технология и технические средства производства тампонажных работ.. 16
3.4.1.Техника и технология бурения тампонажных скважин..... 16
3.4.2.Техника и технология приготовления тампонажного раствора..... 17
3.4.3.Техника и технология тампонажа 17
Список рекомендуемой литературы..... 19
Приложение 1 20
Приложение 2 21
Приложение 3 22

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа является самостоятельной формой изучения теоретических и практических вопросов техники и технологии тампонажа, рассмотренных на лекциях и практических занятиях по дисциплине «Технология специальных тампонажных работ».

Студент должен в контрольной работе самостоятельно разработать технологию тампонажа и технологические схемы производства тампонажных работ, выбрать необходимые технические средства для сооружения гидроизоляционной занавесы в определенных горнотехнических условиях, основываясь на комплексе исходных данных о геологических и гидрогеологических условиях залегания водоносных горизонтов, а также их структурных и фильтрационных параметрах.

Решаемые задачи в контрольной работе по своему содержанию подразделяются на две группы:

- проектирование технологических параметров и технологических схем сооружения гидроизоляционных ограждений способом тампонажа;
- разработка технологии тампонажа и выбор технических средств для производства тампонажных работ.

В соответствии с принятой логической схемой решаемых задач и их взаимной обусловленности рекомендуется следующая структура контрольной работы.

1. Введение
2. Геологические и гидрогеологические условия сооружения гидроизоляционных ограждений
3. Проектирование технологических параметров и технологических схем сооружения гидроизоляционных ограждений методом тампонажа

3.1. Выбор тампонажного раствора и его физико-механических и реологических параметров

3.2. Проектирование гидроизоляционных ограждений

3.2.1. Расчет параметров проницаемости водоносных горизонтов трещиноватых горных пород

3.2.2. Расчет геометрических параметров гидроизоляционных ограждений

3.2.3. Расчет предельно возможных контуров инъекционных потоков

3.3. Определение необходимого количества тампонажных скважин для формирования гидроизоляционного ограждения в водоносном пласте

3.4. Выбор координат заложения и профиля тампонажных скважин

3.5. Расчет необходимого количества тампонажных материалов

4. Технология и технические средства производства тампонажных работ

4.1. Техника и технология бурения тампонажных скважин

4.2. Техника и технология приготовления тампонажного раствора

4.3. Техника и технология тампонажа

4.3.1. Общая технологическая схема тампонажа

4.3.2. Выбор технических средств для тампонажа

4.3.3. Технологические схемы нагнетания тампонажного раствора в водоносные горизонты

Список используемой литературы

Приложения: схема формирования гидроизоляционной занавесы;

схема расположения тампонажных скважин;

общая технологическая схема тампонажа;

технологические схемы нагнетания тампонажного раствора в водоносные горизонты.

Контрольная работа оформляется на бумаге формата 210х297 и брошюруется в следующей последовательности: титульный лист, задание на проектирование, содержание работы, приложения.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа выполняется на основании материалов, собранных в период производственной практики или полученных из архивных фондов производственных и проектных организаций, выполняющих тампонажные работы. Содержание контрольной работы определяется индивидуальным заданием, которое составляется руководителем совместно со студентом в соответствии с

учебной программой дисциплины «Технология специальных тампонажных работ».

Задание по контрольной работе «Технология специальных тампонажных работ» должно содержаться следующие исходные данные:

- характеристику капитальной горной выработки, для которой сооружается гидроизоляционные ограждения;
- характеристику геологического разреза с указанием вида, мощности, физико-механических свойств, категории буримости, гидрогеологических и фильтрационных характеристик горных пород;
- глубины, условия залегания, строение и структуру водоносных горизонтов с оценкой их проницаемости и пластового давления.

В задании также указывается способ условия производства тампонажных работ.

Содержание и форма задания по контрольной работе приводятся в приложении 3.

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ И МЕТОДИКЕ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1 Введение

Вводная часть контрольной работы содержит сведения о разрабатываемом месторождении полезного ископаемого, а также о географо-климатических и гидрогеологических условиях строительства и эксплуатации капитальных горных выработок в условиях этого месторождения. Дается общая характеристика строящейся капитальной горной выработки (глубина заложения, диаметр), перечисляются водоносные горизонты, пересекаемые горной выработкой, выбираются и обосновываются способы подавления водопритоков. Формулируются задачи, которые необходимо решить в контрольной работе.

3.2 Геологические и гидрогеологические условия сооружения гидроизоляционных ограждений

Проектирование гидроизоляционных ограждений и технологических параметров тампонажа основывается на количественных показателях трещиноватости и гидродинамических характеристиках каждого водоносного горизонта, пересекаемого капитальной горной выработкой. Эти данные устанавливаются путем изучения всех известных геологических документов, а также при проведении специальных гидродинамических исследований методами расходометрии и восстановления давления, определения соотношения проницаемости основных систем трещиноватости горных пород. Для более точной оценки условий производства тампонажных работ, как правило, бурится контрольно-техническая скважина, в которой выполняются геофизические, расходометрические и другие исследования.

При выполнении контрольной работы условия производства тампонажных работ и условия сооружения гидроизоляционных ограждений формулируется на основании материалов, собранных на производственной практике и индивидуального задания на курсовую работу.

Характеристика условий сооружения гидроизоляционных ограждений в водоносном пласте должна содержать следующую информацию:

- глубина залегания кровли водоносного пласта;
- глубина залегания почвы водоносного пласта;
- мощность водоносного пласта;
- структура трещиноватости горной породы;
- коэффициент трещинной анизотропии;
- пластовое давление;
- фильтрационные характеристики водоносного пласта-коэффициент проницаемости и коэффициент фильтрации;
- оценка агрессивности пластовых вод.

3.3 Проектирование технологических параметров и технологических схем сооружения гидроизоляционных ограждений методом тампонажа

3.3.1 Выбор тампонажного раствора и его физико-механических и реологических параметров

При сооружении гидроизоляционных ограждений капитальных горных выработок в водоносных трещиноватых горных породах наиболее целесообразно использовать глиноцементные тампонажные растворы. Состав глиноцементного тампонажного раствора, а также его физико-механические и реологические параметры выбираются с учётом условий производства тампонажных работ на основании лабораторных исследований или справочной литературы. Основные параметры, характеризующие глиноцементные растворы различного состава, приведены в приложении 1.

Для расчета параметров проектируемых гидроизоляционных ограждений необходимо выбрать и обосновать следующие физико-механические и реологические параметры выбранного тампонажного раствора:

- удельная масса, $\gamma\ {}^{\text{г}}/_{\text{см}^3}$;
- пластическая (структурная) вязкость, η Па · с;
- динамическое напряжение сдвига, τ_0 Па;
- пластическая прочность стабилизировавшегося тампонажного раствора, $\text{Р}_m\ {}^{\text{г}}/_{\text{см}^2}$.

3.3.2 Проектирование гидроизоляционных ограждений

- Рассмотрим методику проектирования гидроизоляционных ограждений, сооружаемых в трещиноватых водоносных горизонтах для подавления водопритоков при строительстве и эксплуатации шахтного ствола.

Расчет параметров трещиноватости водоносных горизонтов, пересекаемых шахтным стволом

Общая скважность (трещинная пустотность) определяется по формуле:

$$m_{\text{т}} = 49{,}2\sqrt[3]{\text{К}_{\text{пр}}}\,, \qquad (1)$$

где $m_{\text{т}}$ - скважность (трещинная пустотность), долиед;

$К_{пр}$ - коэффициент проницаемости трещиноватого горизонта, м^2.

При наличии трещинной анизотропии проницаемость в направлении основных двух систем трещиноватости $К_{11}$ и $К_{22}$ определяется из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} К_{пр} = \sqrt{К_{11}\ К_{22}}\ ; \\ \varepsilon = \sqrt{К_{11}\ /_{К_{22}}}\ ; \end{cases} \quad (2)$$

$$К_{11} = \varepsilon\, К_{пр}; \quad (3)$$

$$К_{22} = {К_{пр}}/{\varepsilon}; \quad (4)$$

где $К_{11}$; $К_{22}$ – проницаемость основных систем трещиноватости, м^2;

ε - коэффициент трещинной анизотропии;

$К_{пр}$ - коэффициент проницаемости трещиноватого горизонта, м^2.

Скважность, обусловленная основными системами трещин, можно рассчитать по формулам:

$$m_{т11} = \frac{m_т}{1+\frac{1}{\sqrt{3}}}; \quad (5)$$

$$m_{т22} = \frac{m_т}{1+\sqrt{3}}; \quad (6)$$

где $m_{т11}$; $m_{т22}$ - скважность трещиноватой горной породы, обусловленная основными системами трещин, доли ед.

Раскрытие трещин в каждой основной системе найдем по формулам:

$$h_{11} = 4{,}83\sqrt{\frac{К_{11}}{m_{т11}^{2,1}}}; \quad (7)$$

$$h_{22} = 4{,}83\sqrt{\frac{К_{22}}{m_{т22}^{2,1}}}; \quad (8)$$

где h_{11}; h_{22} - среднее раскрытие трещин в главных системах трещиноватости, м.

Расчет геометрических параметров гидроизоляционных ограждений

Гидроизоляционная завеса в водоносном трещиноватом пласте с трещинной анизотропией по простиранию пласта имеет форму эллипса. Поэтому геометрическими параметрами гидроизоляционного ограждения будут полуоси эллипса, направление которых совпадает с направлением основных систем трещин.

Полуоси эллипса, характеризующие размеры гидроизоляционной занавесы относительно вертикальной оси шахтного ствола, определяются по формулам:

$$R_1 = \frac{\propto h_{11} P_{\text{пл}}}{2|P_m|} + R_{\text{ств}}; \quad (9)$$

$$R_2 = \frac{\propto h_{22} P_{\text{пл}}}{2|P_m|} + R_{\text{ств}}; \quad (10)$$

где R_1; R_2 – полуоси эллипса, м;

$R_{\text{ств}}$ – радиус шахтного ствола, м;

$P_{\text{пл}}$ – пластовое давление, ;

h_{11}; h_{22} – раскрытие трещин в основных системах (при наличии трещин с аномальным раскрытием в расчетах принимается максимально известное раскрытие h_{max}), м;

$\propto$ – коэффициент запаса прочности, $\propto = 3$;

P_m – допустимая пластическая прочность тампонажного камня через 10-12 суток после закачки, Па.

Определяется опытным путем по формуле:

$$|P_m| = \frac{P_m}{K}, \quad (11)$$

где P_m – пластическая прочность тампонажного камня при оптимальном составе компонентов, Па;

K – опытный коэффициент, $K = {P_m}/{P_{m\ min}}$.

Расчет предельно возможных контуров инъекционных потоков

Контур инъекционного потока, формируемого в водоносном трещиноватом пласте с трещинной анизотропией, имеет форму эллипса. Предельно возможные размеры контура будут характеризоваться предельно возможными радиусами распространения тампонажного раствора по направлению полуосей эллипса. Предельно возможные радиусы распространения тампонажного раствора в проницаемые горные породы обусловлены перепадом давления на интервале стенка скважины – контур инъекционного потока, который определяется из условия:

$$\Delta P = P_{\text{снв}} - P_{\text{к}}, \quad (12)$$

где ΔP – перепад давления на радиус распространения тампонажного раствора, Па;

$P_{\text{снв}}$ – давление на стенки скважины в интервале проницаемого горизонта, Па;

$P_{\text{к}}$ – давление на контуре инъекционного потока, $P_{\text{к}} = P_{\text{пр}}$ Па.

Предельно возможный контур инъекционного потока определяется предельно возможным перепадом давления на радиусе распространения при нагнетании выбранным насосом. Поэтому, предельно возможный перепад давления для преодоления гидравлических сопротивлений при формировании инъекционного потока рассчитывается по формуле

$$\Delta P_{\text{пр}} = P_{\text{н}} - \Delta P_{\text{тр}} + P_{\text{г}} - P_{\text{к}}\,, \qquad (13)$$

где $\Delta P_{\text{пр}}$ – предельно возможный перепад давления при использовании насоса, создающего давление , Па;

$P_{\text{н}}$ – давление тампонажного насоса, Па;

$\Delta P_{\text{тр}}$ – потери напора при течении тампонажного раствора в нагнетательной системе труб, Па;

$P_{\text{г}}$ – гидростатическое давление столба тампонажного раствора в интервале тампонируемого горизонта, Па;

$P_{\text{к}}$ – давление на контуре инъекционного потока, Па.

Давление тампонажного насоса $P_{\text{н}}$ принимается максимальным согласно его технической характеристике.

Потери напора при течении тампонажного раствора в трубах рассчитываются по формуле:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0{,}83\lambda_{\text{т}}\frac{\gamma Q^2 l}{d_{\text{в}}^5}\,, \qquad (14)$$

где $\Delta P_{\text{тр}}$ – потери напора в трубах, Па;

γ – удельный вес тампонажного раствора, $^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}$;

Q – объемный расход тампонажного раствора, $^{\text{м}^3}/_{\text{с}}$;

l – длина труб, м;

$d_{\text{в}}$ – внутренний диаметр труб, м;

$\lambda_т$ – безразмерный коэффициент гидродинамического сопротивления в трубах.

Для вязкопластичной среды безразмерный коэффициент определяется из условия:

$$\lambda_т = \frac{0{,}3165}{\sqrt{Re^*}}, \quad (15)$$

где Re^* – параметр Рейнольдса,

$$Re^* = \frac{\mathcal{V} D_э \gamma}{\eta g}, \quad (16)$$

где $\mathcal{V}$ – среднеобъемная скорость течения, м/с;

$D_э$ – эквивалентный диаметр сечения канала для труб $D_э = d_8$, м;

γ – удельный вес тампонажного раствора кгс/м^3;

η – пластическая (структурная) вязкость тампонажного раствора, Па·с;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2.

Потери напора при течении в трубах глиноцементного раствора приведены в приложении 2.

Гидростатическое давление столба тампонажного раствора на стенки скважин в интервале водоносного горизонта определяется из выражения:

$$P_г = \frac{\gamma H}{10}, \quad (17)$$

где $P_г$ – гидростатическое давление, Па;

γ – удельный вес тампонажного раствора, кгс/м^3;

Н – глубина залегания кровли водоносного горизонта, м

Предельно возможные радиусы распространения тампонажного раствора из скважины по направлению развития основных систем трещиноватости будут:

$$r_1 = \frac{h_{11} \Delta P_{пр}}{2\tau_0}; \quad (18)$$

$$r_2 = \frac{h_{22} \Delta P_{пр}}{2\tau_0}, \quad (19)$$

где r_1; r_2 – радиусы распространения тампонажного раствора из скважины по направлению основных систем трещиноватости, м;

h_{11}; h_{22} – раскрытие трещин в основных системах трещиноватости, м;

$\Delta P_{\text{пр}}$ – предельно возможный перепад давления на радиусах распространения, Па;

τ_0 – динамическое напряжение сдвига тампонажного раствора, Па.

3.3.3. Определение необходимого количества тампонажных скважин для формирования гидроизоляционного ограждения в водоносном пласте

Зная форму и геометрические размеры гидроизоляционного ограждения, характеризуемые и , а также форму и геометрические размеры инъекционных потоков, которые характеризуются предельно возможными радиусами распространения тампонажного раствора и из скважины, определяется оптимальное число тампонажных скважин и рациональное их расположение для формирования гидроизоляционного ограждения разрабатывается графическим методом.

3.3.4. Выбор координат заложения на поверхности земли и профиля тампонажных скважин

Координаты заложения тампонажных скважин определяются на плане строительства шахтного ствола, совмещенного с технологическими схемами формирования гидроизоляционных ограждений во всех водоносных горизонтах, пересекаемых стволом.

Для совмещения строительных работ по сооружению гидроизоляционных ограждений закладываются наклонно направленные скважины с заложением на определенном расстоянии от шейки шахтного ствола. Профиль наклонно-направленных скважин должен обеспечить подсечение водоносных горизонтов строго в соответствии с разработанными технологическими схемами формирования гидроизоляционных ограждений в каждом водоносном пласте. Профиль и схема расположения наклонно направленных тампонажных скважин разрабатываются на основе геологического разреза.

3.3.5. Расчет необходимого количества тампонажных материалов

Объем нагнетаемого тампонажного раствора через одну скважину для формирования инъекционного потока с предельно возможным контуром определяется из условия

$$V_к = \pi r_1 r_2 M m_т \,, \qquad (20)$$

где $V_к$ – объем тампонажного раствора для нагнетания в одну скважину, ;

$r_1;\ r_2$ – радиусы распространения тампонажного раствора из скважины, м;

M – мощность водоносного горизонта, м;

$m_т$ – скважность водоносного горизонта.

Объем тампонажного раствора для формирования гидроизоляционного ограждения шахтного ствола в одном водоносном горизонте

$$V_i = V_к \cdot n \,, \qquad (21)$$

где V_i – объем тампонажного раствора для формирования ограждения в товом пласте, м^3;

$V_к$ – объем тампонажного раствора для нагнетания в одну скважину, м ;

n – количество тампонажных скважин для формирования ограждения в готовом пласте.

При формировании ограждений в нескольких водоносных пластах рассчитывается суммарный объём тампонажного раствора

$$\sum V_{т.р.} = \sum_{i=1}^{n} V_i \,. \qquad (22)$$

Потребный объём базового глинистого раствора для приготовления необходимого объёма глиноцементного тампонажного раствора ориентировочно принимается равным его суммарному объему, т.е. $\sum V_{г.р.} = \sum V_{т.р.}$. Тогда потребное количество глины для приготовления необходимого глинистого раствора с заданной плотностью определится по формуле:

$$Q_г = \rho_2 \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} \sum V_{г.р.} \,, \qquad (23)$$

где $Q_г$ – вес глины, т;

ρ – заданная плотность глинистого раствора, $^{т}/_{м^3}$;

ρ_1 – плотность воды, $\rho_1 = 1\ ^{т}/_{м^3}$;

ρ_2 – плотность сухой глины, $\rho_2 = 2{,}3 - 2{,}6\ ^{т}/_{м^3}$;

$\sum V_{г.р.}$ – потребный объем глинистого раствора, м^3;

Необходимое количество цемента при расходе 100 кг/м^3 глинистого раствора будет

$$Q_{\text{ц}} = \sum V_{\text{г.р.}} \cdot 100\,, \qquad (24)$$

где $Q_{\text{ц}}$ – вес цемента, кг;

$\sum V_{\text{г.р.}}$ – потребный объем глинистого раствора, м^3.

Потребное количество жидкого стекла при расходе 10 кг/м^3 определится из условия

$$Q_{\text{ж.с.}} = \sum V_{\text{г.р.}} \cdot 100\,, \qquad (25)$$

где $Q_{\text{ж.с.}}$ – вес жидкого стекла, кг;

$\sum V_{\text{г.р.}}$ – потребный объем глинистого раствора, м^3.

3.4. Технология и технические средства производства тампонажных работ

3.4.1. Техника и технология бурения тампонажных скважин

Технологическая схема производства тампонажных работ предусматривает бурение наклонно-направленных тампонажных скважин с поверхности земли. Глубина скважин определяется профилем скважины и глубиной залегания почвы водоносного пласта, в котором сооружается гидроизоляционное ограждение. Диаметр скважины принимается 76 или 93 мм. Устье скважины обязательно закрепляется кондуктором, который цементируется и оборудуется герметирующим устройством для производства расходометрических работ и, при необходимости, нагнетания тампонажного раствора.

Бурение тампонажных скважин осуществляется техническими средствами для вращательного бурения без отбора керна. Выбор буровых установок, бурового инструмента и технологических параметров режима бурения необходимо производить в соответствии с методикой проектирования бурения геологоразведочных скважин на твердые полезные ископаемые [1]. При этом необходимо выбрать технологические средства и технологию для корректировки профиля тампонажных скважин в процессе их бурения в случае их отклонения от проектного профиля.

3.4.2. Техника и технология приготовления тампонажного раствора

При использовании для сооружения гидроизоляционных ограждений глиноцементного тампонажного раствора целесообразно тампонажный раствор готовить путем введения цемента и структурообразователя в глинистый раствор с необходимыми заданными свойствами. Поэтому оборудование для приготовления тампонажного раствора целесообразно скомпановать в два независимых технологических комплекса: комплекс для приготовления глинистого раствора из комовой глины и технологический комплекс для приготовления и нагнетания под давлением тампонажного раствора. Необходимо выбрать технические средства и разработать технологические схемы для каждого комплекса. Технологический комплекс для приготовления глинистого раствора следует располагать на площадке с хорошими подъездными путями для доставки глины и с надежной системой водоснабжения. Производительность глинистого комплекса должна соответствовать суточному расходу тампонажного раствора.

При разработке технологии приготовления глинистого и глиноцементного тампонажного растворов согласно [2] необходимо:

- определить источник и дать характеристику исходного глинистого сырья;
- выбрать марку цемента и привести его характеристику;
- в качестве структурообразователя принять жидкое стекло и привести его характеристику;
- выбрать и обосновать параметры исходного глинистого раствора;
- выбрать и обосновать состав глиноцементного тампонажного раствора;
- привести физико-механические и реологические параметры выбранного тампонажного раствора.

3.4.3. Техника и технология тампонажа

При разработке общей технологической схемы тампонажа необходимо прежде всего выбрать способ приготовления тампонажного раствора непосредственно на площадке производства тампонажных работ. Возможны два вари-

анта: раздельное приготовление и нагнетание тампонажного раствора двумя независимыми технологическими комплексами и совмещенный процесс приготовления и нагнетания, реализуемый одним технологическим комплексом [2].

Технические средства для тампонажа выбираются в соответствии с принятой общей технологической схемой тампонажа. При этом необходимо обеспечить выполнение следующих условий:

- максимальное давление цементировочного агрегата или цементировочного насоса должно быть не меньше, чем принято при расчёте предельного контура инъекционного потока;
- расход тампонажного раствора при нагнетании в тампонажную скважину устанавливается из условия минимизации потерь напора и предупреждения гидроразрыва;
- производительность комплекса для приготовления тампонажного раствора должна соответствовать производительности цементировочного агрегата или цементировочного насоса;
- система нагнетательных труб, состоящая из манифольдного комплекса и колонны бурильных труб, должна обеспечивать процесс тампонажа при максимальном давлении нагнетательного насоса.

Для контроля процесса тампонажа необходимо регистрировать следующие основные технологические параметры: плотность нагнетаемого тампонажного раствора, расход нагнетания и давление нагнетания. Эта задача успешно решается станцией контроля цементирования СКЦ-2М. Возможно также использование отдельных приборов типа манометров, расходометров, плотнометров и др.

Нагнетание глиноцементных тампонажных растворов при тампонаже трещиноватых горных пород наиболее эффективно производить по зажимной технологической схеме нагнетания, которая позволяет осуществлять формирование инъекционных потоков при заданном высоком давлении в строго определенные водоносные горизонты. Изоляция тампонируемых горизонтов в скважинах осуществляется с помощью съемных пакетирующих устройств или тампонажных

пробок. Верхние водоносные горизонты тампонируются по зажимной схеме с помощью герметизирующего устройства на устье скважины.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин: в 2х томах. /Под общей ред. проф. Е.А. Козловского – М.: Недра, 1984 – 512 с. 489 с.

2. Справочник по сооружению шахтных стволов специальными способами /Под общей ред. проф. Н.Г. Трупака. – М.: Недра, 1980. – 390 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Физико-механические и реологические параметры глиноцементных тампонажных растворов

Состав тампонажного раствора	Удельная масса, γ г/см^3	Θ, мг/см^2		$P_м$, г/см^2			η, Па·с	$\tau_о$, Па
		1 мин	240 мин	1 мин	240 мин	12 суток		
Глинистый раствор (γ = 1,18 г/см^3) + цемент (100 кг/м^3) + жидкое стекло (10 л/м)	1,23	4100	31000	4,7	116,0	1660	$24{,}10^{-3}$	88
Глинистый раствор (γ = 1,20 г/см^3) + цемент (100 кг/м^3) + жидкое стекло	1,25	4350	35000	5,7	132,0	2150	$42{,}10^{-3}$	140
Глинистый раствор (γ = 1,23 г/см^3) + цемент (100 кг/м^3) + жидкое стекло	1,28	4870	41000	8,4	262,0	2600	10^{-3}	192

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Потери напора при движении тампонажного раствора в бурильных трубах диаметром 50 мм

Расход раствора, л/с	Потери напора (кгс/см^2 100м труб) при движении тампонажного раствора: цемента (100 г/л), жидкого стекла (10 г/л), глинистого раствора плотностью гс/см^3		
	$\gamma = 1{,}18$	$\gamma = 1{,}20$	$\gamma = 1{,}23$
1,0	9,4	12,0	14,7
1,5	9,8	12,7	15,0
2,0	10,3	13,1	15,5
2,5	10,8	13,5	16,0
3,0	11,7	14,1	16,6
3,5	12,5	15,0	17,6
4,0	13,3	16,0	18,9
4,5	14,8	17,6	20,5
5,0	16,8	20,0	23,1
5,5	19,4	22,7	26,1
6,0	22,9	26,0	29,8
6,5	26,3	29,6	33,4
7,0	30,7	33,7	37,9
7,5	35,3	37,3	42,3
8,0	40,1	42,2	47,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Задание по контрольной работе по дисциплине «Технология специальных тампонажных работ»

студенту группы ТТР_ _ _ _

1. Характеристика геологического разреза с указанием названия, мощности, физико-механических свойств, категории буримости и гидрогеологических условий залегания горных пород.
2. Основные параметры капитальной горной выработки для которой сооружаются гидроизоляционные ограждения
3. Условия залегания водоносных пластов, пересекаемых капитальной горной выработкой:

   глубина залегания кровли-

   глубина залегания почвы-

   угол падения пласта-
4. Характеристика структуры трещиноватости водоносного пласта:

характеристика систем трещиноватости –

коэффициент трещинной анизотропии –

5. Гидродинамические и фильтрационные параметры водоносного пласта:

   коэффициент проницаемости –

   коэффициент фильтрации –

   пластовое давление –
6. Обязательные графические приложения:
   1) схемы формирования гидроизоляционных ограждений капитальной горной выработки;
   2) схема расположения тампонажных скважин;
   3) общая технологическая схема производства тампонажных работ;
   4) технологические схемы нагнетания тампонажного раствора в трещиноватые водоносные горизонты.

Задание получил «_ _ _» _ _ _ студент

задание выдал «_ _ _»_ _ _ _руководитель

Методическое пособие по выполнению контрольной работы по дисциплине «Технология специальных тампонажных работ» для студентов специализации «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

Автор: Саламатов М.А., проф., к. т. н.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Г. А. Усов

Промывочные жидкости (Глинистые растворы)

Методические указания по самостоятельной работе
по дисциплине

«Очистные агенты и тампонажные смеси»

для студентов специальности

21.05.03 Технологии геологической разведки

очного и заочного обучения

Екатеринбург

2020

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время при бурении разведочных скважин большое внимание стало уделяться повышение качества промывочных жидкостей путем обработки их различными видами химических реагентов.

В частности, при алмазном бурении стали широко использоваться активные промывочные жидкости, малоглинистые и безглинистые растворы, получаемые на основе эмульсолов и коллоидных ПАВ. Поэтому возникает необходимость регулярного контроля качества промывочных жидкостей, который регламентируется требованиями технологии и геологических условий бурения скважин.

Задачей настоящих методических разработок является оказание помощи студентам в вопросах выбора исходного сырья для приготовления промывочных жидкостей, ознакомление с основными физико-химическими процессами коагуляционного структурообразования и получения дисперсных систем с заданными технологическими свойствами. Приводится достаточно полная характеристика основных химических реагентов, применяемых для получения различных видов промывочных жидкостей и регулирования их свойств, даются рекомендации по рациональной области их применения.

Методические разработки предусматривают оказание помощи студентам в:

1) приобретении навыков в определении основных параметров промывочных жидкостей;

2) изучении влияния различных химических реагентов на свойства промывочных жидкостей и усвоение методики определения их оптимальных концентраций;

3) овладение методами управления свойствами различных промывочных жидкостей: глинистого раствора, безглинистых промывочных жидкостей, аэрированных, утяжеленных растворов.

Содержание методических разработок составлено согласно программе лабораторных работ по промывочным жидкостям для студентов специальности «технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» с целью облегчить использование их в процессе занятий.

Глинистые растворы – это коллоидно-дисперсные системы, в которых глина в виде мельчайших частиц (дисперсная фаза) равномерна распределена в воде, являющейся дисперсионной средой. Структурно-механические свойства глинистых растворов во многом зависят от минералогического и химического составов глин и воды.

Рассмотрим кратко характеристику основных глинообразующих минералов и воды, которые используются для получения глинистых растворов.

1. Характеристика основных глинообразующих минералов

Глинистыми породами называются группа осадочных неметаморфизированных и слабометаморфизированных горных пород, состоящих в основном из тонких (< 0,01 мм) фракций преимущественно глинистых минералов.

Глина характеризуется следующими признаками.

Первый признак – частицы, слагающие глины минералов в преобладающей массе имеют малые размеры. К глинам относят породы, в которых более 50 % частиц характеризуются размерами < 0,01 мм. Среди последних в глинах присутствуют не менее 25 % частиц размером < 0,001 мм.

Вторым признаком глины является обязательное присутствие в них высококоллоидальных глинистых минералов, которые в основном сосредоточены во фракции < 0,001 мм глинистой породы.

Третий основной признак глин – пластичность, т.е. способность давать с водой пастообразные массы различной консистенции. Пластичность зависит от степени

дисперсности и связанной с ней удельной поверхности глин, а также от наличия глинистых минералов, имеющих малые размеры и обладающих пластинчатой формой, увеличивающей способность глин удерживать воду.

Четвертая особенность глин – способность к обмену основаниями, которая зависит главным образом от присутствия глинистых минералов. Состав поглощенных катионов оказывает существенное влияние на пластические и другие свойства глин.

К основным глинообразующим минералам относятся минералы группы каолинита, гидрослюды, монтмориллонита и палыгорскита.

Каолинит. Эмпирическая формула каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_3 \cdot 2H_2O$. В весовом соотношении SiO_2 составляет 46,3 %, Al_2O_3 - 39,8 %, H_2O - 13,9 %. В структурном отношении каолинит представлении чередованием кремнекислородного и алюмокислородного слоев, последний из которых гидратирован, что обеспечивает прочную связь между структурными слоями. Отличается малой емкостью поглощения катионов, до 15-20 мг-экв на 100 г глины. Поэтому каолинит плохо набухает в воде. Удельный вес каолинита 2,57-2,60. В глинистых породах каолинит представлен мелкими чешуйками. Цвет белый, иногда светло-серый, желтоватый, голубоватый.

Гидрослюда – минералы, напоминающие по форме листочков слюду, но содержащие меньше щелочей и больше воды, чем слюда. Свойства гидрослюдистых глин определяются составляющими их структурами. Для них характерны смешанно-слоистые структуры, в которых алюмосиликатные пакеты одного глинистого минерала переслаиваются с пакетами другого.

Весьма распространены смешанные структуры различных гидрослюд (иллита, хлорита и др.) с монтмориллонитом или каолинитом. Для них характерны – высокая коллоидальность, сравнительно большие емкости обмена (10-40 мг-экв на 100 г глины), хорошие адсорбционные свойства. Является очень широко распространенным глинообразующим минералом.

Монтмориллонит. Эмпирическая формула $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 3H_2O$. Алюминий в монтмориллоните частично замещен магнием и окисным железом, в случае полного замещения образуются соответственно минералы сапонит и нонтронит.

Монтмориллонит образует чрезвычайно мелкие листочки, чешуйки и волокнообразные выделения. Особенностью минералов монтмориллонитовой группы является способность их кристаллических решеток к расширению. Эта особенность тесно связана с атомной структурой минерала. Обе поверхности пакетов монтмориллонита заряжены электрически отрицательно и между ними действуют главным образом отталкивающие силы, благодаря чему вода или другие полярные жидкости могут легко проникать в межпакетное пространство и происходит расширение или «разбухание» решетки. При удалении поглощений воды пакеты сжимаются. Глины группы монтмориллонита отличаются повышенной емкостью катионного обмена, 80-150 мг-экв на 100 г глины. Из глин группы монтмориллонита получаются высококоллоидальные глинистые растворы с достаточно прочной структурой и высокими структурными свойствами.

Палыгорскит представляет водный силикат магния и относится к магнезиальным глинистым минералам. Для него характерна игольчатая структура частиц и ленточно-слоистое строение кристаллической структуры минерала. Палыгорскит обладает высокой удельной поверхностью, суммарная емкость обмена составляет 20-30 мг-экв на 100 г глины. Адсорбционная способность и теплота смачивания палыгорскитовой глины увеличивается в результате освобождения каналов от связной воды и увеличения эффективной поверхности /4/.

2. Характеристика вод

Вода представляет сложную динамическую систему, меняющуюся от взаимодействия воды и горных пород, от состава, степени активности распространенных в ней компонентов, термодинамических условий и т. д.

Состав горных пород, слагающих водоносные горизонты, их растворимость в воде является основным фактором в формировании химического состава подземных вод.

Вода обладает растворяющей способностью. Если самые сильные кислоты и щелочи обладают избирательной растворяющей способностью, то вода, содержащая углекислоту, в состоянии растворить все минералы, начиная от галоидных и сульфатных и кончая силикатами, что объясняется полярностью молекул воды. Поэтому химический состав подземных вод определяется в основном составом горных пород, слагающих водоносные горизонты.

На степень минерализации подземных под оказывают влияние и другие факторы: климат, температура, время года, глубина залегания водоносного горизонта и др.

Природные воды имеют различную реакцию – от кислой до щелочной, в зависимости от состава растворимых солей, присутствия свободных кислот и щелочей. Так, например, при значительных концентрациях в воде карбонатов калия и натрия она будет иметь щелочную реакцию (pH = 8-10).

Присутствие кислот, особенно в рудничных водах, связанных с сульфидными месторождениями, железа, меди и цинка снижают величину pH в сторону кислой реакции ($pH<7$).

Другим важным показателем воды является жесткость.

Жесткость – свойство, обусловленное присутствием в воде содей щелочно-земельных металлов – кальция и магния. Причем, в зависимости от состава солей, выделяют карбонатную жесткость, вызываемую наличием карбонатных ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и гидрокарбонатных $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, солей. Некарбонатную жесткость, связанную с некарбонатными солями $CaCO_4$, $MgCO_4$, $MgCl_2$.

Кроме того, еще выделяют два вида жесткости: постоянную (неустранимую) и временную (устранимую).

Постоянная жесткость обусловлена присутствием в воде карбонатных и сульфатных солей щелочно-земельных металлов. Удаление этих солей из воды сопряжено с ее дистилляцией, сложными химическими реакциями.

Временная жесткость обусловлена присутствием гидрокарбонатных солей кальция и магния, которые легко удаляются из воды при ее кипячении, благодаря распаду гидрокарбонатов.

Степень жесткости воды выражается в мг-экв на литр и вычисляется по формуле:

$$Ж = \frac{[Ca^{2+}]}{20{,}04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12{,}16},$$

где $[Ca^{2+}]$ и $[Mg^{2+}]$ концентрация ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в мг/л; 20,04 и 12,16мг – вес 1 мг-экв. ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}.

В некоторых случаях жесткость воды выражают в немецких градусах (Н). Один немецкий градус (1°Н) соответствует 10 мг CaO на 1 л воды или 7,2 мг MgO на 1 л воды. Для перехода от градусов жесткости к мг-экв/л надо число градусов умножить на 0,35.

Для перехода от мг-экв/л к градусам надо число мг-экв/л умножить на 2,8.

По предложению О. А. Алекина природные воды, в зависимости от величины жесткости, подразделяются на несколько типов:

Тип	Градусы	Мг-экв
Очень мягкие	0-4,2	1,5
Мягкие	4,2-8,4	1,5-3,0
Умеренно жесткие	8,4-16,8	3,0-6,0

Жесткие	16,8-26,2	6,0-9,0
Очень жесткие	> 25,2	>9,0

К числу широко применяемых способов улучшения качества воды относится химическая обработка. Количество химикатов (г/м^3), необходимое для смягчения воды на 1,00 мг-экв/л с жесткостью свыше 4,2 мг-экв/л, определяется из расчета:

для кальцинированной соды (Na_2CO_3)……54

для каустической соды ($NaOH$)……42

для тринатрийфосфата (Na_3PO_4)……126

Пример: по данным анализа вода имеет жесткость 22 мг-экв/л. Следует смягчить 5 м^3 воды кальцинированной содой. На 1 м^3 воды требуется (22-4,2) · 54 = 961 Na_2CO_3, на 5 м^3 воды: 691· 5 = 4806 г Na_2CO_3.

Количество химикатов для смягчения воды можно взять из табл. 1.

Таблица 1

Количество химикатов для смягчения воды

Жесткость воды		Содержание катионов, мг/л		Удельное количество химикатов, г/м^3		
Н	$\frac{мг-экв}{л}$	*Ca*	*Mg*	*NaOH*	Na_2CO_3	Na_3PO_4
5	1,78	35,8	21,7	71,4	94,6	226
10	3,57	71,5	43,4	124,9	189,2	456
15	5,35	107,3	65,0	214,3	283,8	679
20	7,14	143,0	86,8	285,7	378,5	904
25	9,00	178,8	108,5	357,2	473,0	1131
30	10,70	214,5	130,0	428,6	567,0	1358
35	12,5	250,3	152,0	500,0	662,3	1583
40	14,3	258,0	174,0	571,4	757,0	1808
45	16,0	321,8	195,0	643,0	851,6	2035
50	17,85	358,0	217,0	714,0	946,0	2262
55	19,6	395,0	238,0	786,0	1041,0	2489
60	21,4	430,0	260,0	837,0	1135,5	2716
70	25,0	500,0	304,0	1000,0	1324,0	3166
80	28,6	571,5	348,0	1143,0	1514,0	3616
90	32,3	644,0	390,2	1286,0	1703,0	4170
100	35,7	715,0	434,0	2428,0	1892,0	4524

Химический состав подземных вод зависит от состава и количества растворенных в ней компонентов. По данным О.А.Алекина природные воды по преобладающему аниону разделяются на классы: гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный. В пределах каждого класса выделяются группы: кальциевая, магниевая, натриевая.

По общей минерализации (содержание солей в г/л) воды подразделяются на несколько типов:

пресные – 1,5 г/л; слабоминерализованные – до 10г/л; минерализованные от 10 до 40 г/л; сильно минерализованные > 40 г/л.

Контрольные вопросы

1. Что такое глинистый раствор?
2. Основные признаки глинообразующих минералов.

3. Особенности структуры каолинита.
4. Особенности структуры гидрослюды, палыгорскита.
5. Особенности структуры монтмориллонита.
6. Что такое жесткость воды?
7. Классификация воды по жесткости.
8. Способы устранения жесткости воды.

3. Физико-химические основы формирования структур глинистых растворов

Основные свойства глинистых растворов – кинетическая и агрегативная устойчивость, их вязкость, дисперсность, набухание, структурообразование и тиксотропия связаны с физико-химическими взаимодействиями в системе глина-вода.

Характер этого взаимодействия особенно увеличивается в момент приготовления раствора, когда происходит диспергирование глинистых частиц и повышается их активность к ионному обмену и процессу гидратации.

При приготовлении глинистого раствора происходит разделение кристалла глины прежде всего в местах наименьшего сопротивления, т. е. на плоскостях спайности, где действуют слабые молекулярные силы между одноименно заряженными алюмосиликатными слоями.

Разрушение кристаллической решетки в направлении перпендикулярном плоскости спайности, т.е. на плоскостях спайности требует значительных затрат энергии для разрыва валентных связей между ионами. Поэтому поверхностная энергия у частиц глины распределена неравномерно: на ребрах кристалла, в местах разрыва валентных связей она значительно больше, чем на плоскостях спайности. Следовательно, чем больше площадь ребер у глинистых частиц, тем больше некомпенсированных валентных связей находится на поверхности частиц и тем больше сумма обменных катионов глин. В глинистых минералах группы каолинита, гидрослюды и палыгорскита нарушение связи является главной причиной ионообменной способности. Емкость катионного обмена монтмориллонитов является главным образом результатом замещения внутри кристаллической решетки и в незначительной мере до 20 % - результатом нарушения связи /3/.

Наличие обменных катионов внутри кристаллической решетки монтмориллонита, является специфическим свойством бентонита, свидетельствующим об активности плоскостей его частиц и высокой их способности адсорбировать воду.

Состав обменных катионов, насыщающих глину, может изменяться под действием солей, содержащихся в воде, на которой приготовляется глинистый раствор.

В воде ионогенные группы, расположенные на поверхности глинистых частиц, диссоцируют. На катионы ионогенного комплекса действует электростатическое притяжение отрицательно заряженной поверхности минерала. Они удерживают катионы у глинистой частицы, а диполи воды увлекают катионы в окружающую среду. В результате диссоциации ионогенного комплекса частицы глин приобретают отрицательный заряд, а вокруг них в воде диффузно распределяются обменные катионы. Так образуется двойной электрический слой из отрицательного заряда поверхности глинистых частиц и положительного заряда катионов диффузного слоя.

Наличие двойного электрического слоя вокруг глинистых частиц определяет коллоидные свойства глинистого раствора и является важным фактором их агрегативной устойчивости.

При помещении глины в воду происходит процесс адсорбции воды на поверхности глинистых частиц. Первой стадией механизма адсорбции влаги является гидротация обменных катионов. Второй стадией процесса является гидротация поверхности силикатных слоев. Вода, гидратирующая эту поверхность, связана с глинистой частицей

менее прочно, чем вода, идущая на гидротацию обменных катионов. Степень гидротации глинистых частиц зависит от степени их ионизации. Например, частицы натриевого монтмориллонита имеют большую степень ионизации и сильнее гидротированы, чем частицы кальциевого бентонита.

Адсорбция большого количества воды на поверхности многочисленных высокодисперсных частиц приводит к уменьшению остаточного объема воды, поэтому высокодисперсные глины образуют высоковязкие суспензии. Таким образом, каждая частица глины представляет собой мицеллу, которая несет в себе гидратную оболочку и диффузно распределенный двойной электрический слой. Наличие двойного электрического слоя и гидратной оболочки вокруг глинистой частицы определяет агрегативную устойчивость и стабильность глинистого раствора.

Однако глинистые частицы находятся в непрерывном броуновском движении. В результате движения заряженной частицы в системе формируется электрокинетический потенциал, величина которого определяет кинетическую устойчивость глинистой суспензии.

В результате движения глинистые частицы могут соударяться ребрами и гранями (плоскостями). На ребрах глинистых частиц величина некомпенсированных молекулярных сил значительно выше, чем на гранях. Поэтому при благоприятном соударении частиц ребрами гидратные оболочки деформируются и под действием молекулярных некомпенсированных сил происходит соединение глинистых частиц и формирование сетчатого коагуляционного каркаса структуры глинистого раствора. Если глинистый раствор не перемешать и оставить в покое, то силы молекулярного взаимодействия между частицами в течении времени увеличиваются и происходит упрочнение структуры раствора во времени. Это свойство глинистого раствора называется тиксотропией. Прочность структуры глинистого раствора при измерении технологических параметров обычно характеризуются величиной статического напряжения сдвига (СНС). Очевидно, разность величин СНС во времени (через 1 и 10 мин) будет определять степень тиксотропии глинистого раствора.

Структурно-механические параметры промывочных жидкостей.

Промывочные жидкости характеризуются следующими параметрами, определяющими их качество: удельный вес, вязкость, водоотдача, толщина корки, статическое и динамическое напряжение сдвига, стабильность, содержание песка, содержание водородных ионов.

Водоотдача определяет фильтрационные свойства промывочных жидкостей. Статическое и динамическое напряжение сдвига, эффективная и пластическая вязкости-реологические свойства.

Удельный вес- вес единицы объема промывочной жидкости. Удельный вес зависит от содержания твердой фазы выбуренной породы. С увеличением удельного веса возрастает гидростатическое давление промывочной жидкости на стенки скважины, что способствует повышению их устойчивости, и предотвращению нефте-газо водопроявлений.

Условная вязкость характеризует гидравлическое сопротивление промывочной жидкости прокачиванию, ее текучести. Вязкость зависит от состава и содержания глины, химических реагентов и минеральных солей, поступающих в раствор в процессе бурения.

С увеличением вязкости возрастают гидравлические сопротивления в циркуляционной системе, повышается способность раствора закупоривать поры и трещины в стенках скважины.

Водоотдача характеризует фильтрационные свойства промывочных жидкостей, их способность отфильтровывать жидкую фазу под действием перепада давления.

Водоотдача зависит от состава твердой фазы, присутствия химических реагентов и минеральных солей в промывочной жидкости. С уменьшение водоотдачи повышается устойчивость малосвязанных и сильно трещиноватых пород, слагающих стенки скважин.

Реологические характеристики.

Статическое напряжение сдвига – величина касательного напряжения, возникающие на боковой поверхности внутреннего цилиндра, погруженного в промывочную жидкость наружного цилиндра, вращающегося во времени измерения со скоростью 0,2 об/мин.

Характеризует прочность тиксотропной структуры, возникающей в покоящемся растворе , и интенсивность упрочнения во времени (тиксотропность, равную θ_{10}/θ_1, где θ_{10}и θ_1 - статическое напряжение сдвига через 10 минут и 1 минуту).

С увеличением статического напряжения сдвига повышается гидравлическое сопротивление и прокачиваемость промывочной жидкости и ее способность удерживать буровой шлам во взвешенном состоянии, ухудшается очистка промывочной жидкости от шлама.

Повышение СНС улучшает закупорку пор и трещин промывочной жидкостью и предотвращает ее поглощение.

Динамическое напряжение сдвига (τ_0в мгс/см^2) – постоянная составляющая касательных напряжений (не зависящая от градиента скорости). Характеризует прочность структуры, разрушение которой необходимо для поддержания потока.

Пластическая вязкость ($\eta_{\text{пл}}$) в сантипаузах- коэффициент пропорциональности между переменной составляющей касательных напряжений ($\tau - \tau_0$) и градиентом скорости сдвига (не зависит от скорости сдвига). Характеризует вязкостное сопротивление бурового раствора в потоке.

Эффективная вязкость ($\eta_{\text{э}}$) в сантипаузах – коэффициент пропорциональности между суммой переменной и постоянной составляющих касательных напряжений и градиентом скорости сдвига. Характеризует полное (прочностное и вязкостное) сопротивление промывочной жидкости в потоке, зависит от скорости сдвига.

Стабильность- способность раствора сохранять частицы твердой фазы во взвешенном состоянии и характеризует агрегативную устойчивость промывочной жидкости. Стабильность определяется разностью удельных весов промывочной жидкости, в верхней и нижней частях мерного цилиндра, во времени (по истечению суток).

Содержание песка характеризует степень загрязнения промывочных жидкостей грубодисперсными фракциями различного минерального состава. Песком (П в %) считают все мелкие обломки выбуренной породы (в том числе комочки переспустившейся глины).

Водородный показатель pH или концентрация водородных ионов характеризует щелочность или кислотность промывочной жидкости. Величина pH промывочной жидкости (или фильтрата) влияет на эффективность обработки химическими реагентами и регулированию ее свойств. Поэтому перед проведением химической обработки следует знать величину pH промывочных жидкостей.

Контрольные вопросы

1. Что такое двойной электрический слой?
2. Необходимое условие агрегативной устойчивости глинистого раствора.
3. Принципы формирования структуры глинистого раствора.
4. Что такое тиксотропия?
5. Основные структурно-механические параметры глинистого раствора.
6. Реологические характеристики глинистого раствора.

Химические реагенты для регулирования структурно-механических параметров промывочных жидкостей.

Для получения промывочных жидкостей с требуемыми свойствами их обрабатывают химическими реагентами. Необходимость таких обработок определяется геологическими условиями разреза скважин. Основными факторами, ухудшающими свойства промывочных жидкостей, является минерализация, увеличение твердой фазы, высокие забойные температуры и давление.

Минерализация промывочных жидкостей происходит в следствие проявления пластовых вод, при разбуривании солей хлоридов натрия калия (каменная соль, карналлит и др.), сульфатов (ангидритов, гипсов) и др. минерализация вызывает изменение большинства параметров промывочных жидкостей. Увеличение твердой фазы (обогащение выбуренной породы) происходит при бурении глинистых пород и при алмазном бурении скальных пород, образующих высокодисперсный шлам. Это приводит к увеличению удельного веса, вязкости, снс.

Забойные температуры и давление, влияют как на фильтрационные, так и на структурно-механические свойства промывочных жидкостей.

Химические реагенты, применяемые для обработки промывочных жидкостей, можно разделить по их основному действию и назначению на следующие группы:

1. Защитные коллоиды;
2. Электролиты;
3. Понизители вязкости;
4. Поверхностно активные вещества;
5. Смазочные добавки.

Защитные коллоиды.

Защитные коллоиды – это высокомолекулярные соединения органического (УЩР, ТЩР, КМЦ, ССБ, крахмал) и неорганические (К-4, РС-2, гипан, метас, М-14), происхождения, обладающие высокими гидрофильными свойствами. Эти реагенты хорошо растворяются в воде и при адсорбции на частицах твердой фазы промывочной жидкости образуют сольватные защитные слои, которые предохраняют частицы от слипания и способствуют стабилизации промывочной жидкости (реагенты стабилизаторы).

Образуемые в элементарных частицах глины защитные слои, а также коллоидные частицы реагентов снижают проницаемость (пористость) фильтрационных корок, повышается их плотность, в связи с чем снижается водоотдача промывочных жидкостей (реагенты – понизители водоотдачи).

Защитные коллоиды, адсорбируясь на активных участках глинистых частиц (гранях и ребрах), уменьшают их связь (сцепление) друг с другом снижая вязкость и статическое напряжение сдвига (понизители вязкости).

Защитные коллоиды органического происхождения

УЩР – углещелочной реагент состоит из 100-150 кг сухого бурового угля и 10-30 кг каустической соды (*NaOH*). Для малоколлоидных кальциевых глин содержание бурового угля составляет 10 %, а *NaOH* – 2,5 %, а для высококоллоидных натриевых глин содержание бурового угля- 10-15 % и *NaOH*- 1,8-2,0 %. Максимум стабилизирующего действия УЩР достигается при pH=11-12. В кислой среде молекулы УЩР свертываются в глобулы. УЩР снижает водоотдачу, вязкость, СНС. УЩР чувствителен к действию многовалентных катионов кальция и магния, которое сопровождается ростом водоотдачи и выпадением твердой фазы в осадок. Рабочая концентрация реагента составляет 10-20 %.

Сульфит – спиртовая барда (ССБ) является отходом целлюлозно-бумажного производства. Жидкая ССБ содержит не менее 50 % сухого вещества и не более 50 % воды, плотность ее равна 1,28-1,3 г/см^3. Твердая ССБ содержит 75 % сухого вещества и 25 % воды.

Действующими агентами в щелочном реагенте из ССБ являются натриевые соли лигносульфоновых кислот.

Обычно реагенты из ССБ приготавливаются следующего состава: для слабоминерализованных вод – 300 г ССБ и 40г *NaOH* на 1 литр раствора, а для сильноминерализованных вод 300г ССБ и 60г *NaOH* (ССБ дается в пересчете на сухое вещество, каустическая сода - в твердом виде).

ССБ снижает водоотдачу, вязкость, СНС. Эффективность действия ССБ повышается в соленной воде. Основным недостатком ССБ является способность к пенообразованию. Рабочая концентрация ССБ 1-5 % в пересчете на сухое вещество.

Конденсированная сульфит - спиртовая барда (КССБ) - является продуктом конденсации сульфит - спиртовой барды (ССБ) с формальдегидом и фенолом в кислой среде, с последующей нейтрализацией *NaOH* до pH=6-7. КССБ выпускается в виде порошка или в виде 20-25 % водного раствора двух составов: с нормальным (КССБ) и с повышенным содержанием фенола (КССБ-1, КССБ-2, КССБ-4). Реагент КССБ-4 предназначен для использования в условиях большой минерализации (свыше 10 % солей) и при температурах выше 130 ℃ .

КССБ предназначен для уменьшения водоотдачи и снижения вязкости растворов различных типов (известковых, хлоркальциевых), а также минерализованных.

Рабочая концентрация КССБ 1-3 % в пересчете на сухое вещество.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) - является натриевой солью целлюлозогликолевой кислоты. Она представляет собой волокнистое вещество желтоватого цвета - КМЦ 300; КМЦ 350 или рассыпчатое твердое вещество кремового цвета КМЦ 400; КМЦ 500; (300, 350, 400, 500- число полимеризации). С увеличением числа полимеризации повышается солестойкость КМЦ. Добавка КМЦ в пресные растворы загущает их, а в соленые- разжижает. Эффективно снижает водоотдачу. Оптимальная pH для использования КМЦ – 6-9. При pH$<$ 6 КМЦ выпадает в осадок. При pH$>$ 9 макромолекулы КМЦ склонны к свертыванию под действием *NaOH*.

Волокнистую КМЦ применяют в виде водного раствора 5-10 % концентрации, приготовляемого в глиномешалке, а рассыпчатую – в сухом виде.

Рабочие концентрации КМЦ для пресных сред 0,5-0,75 %, соленных сред- 1-2 %.

Модифицированный крахмал (МК-1) - является наиболее эффективным реагентом в условиях минерализации, в том числе и при хлоркальциевой агрессии. Этот реагент представляет собой порошок с влажностью 8-12 %, растворимый в холодной воде.

Приготовление МК-1 путем высушивания при температуре 130-160 ℃ суспензии обычного технического крахмала, содержащего алюмокалиевые квасцы - антисептическое (противозагнивающее) вещество. Реагент применяется в сухом виде.

Для обработки раствора иногда используют обычный технический крахмал с предварительной клейстеризацией – в виде щелочного водного раствора (крахмальный реагент КР). Количество щелочи составляет 1-1,5 % (на сухое вещество) для неминерализованных вод, 2-4 % для минерализованных вод. Недостаток КР – способность к загниванию.

Рабочая концентрация МК-1, 0,5-3 % по весу от объема в пересчете на сухое вещество. Добавки МК-1 и КР вызывают повышение вязкости раствора, поэтому его применяют совместно с ССБ.

Защитные коллоиды, полученные синтетическим путем.

Акриловые полимеры: гипан, полиакриламид, К-4, метас, сополимер М-14. Отличаются повышенной стойкостью к высоким температурам и минерализации. То обусловлено химическим строением молекул полимеров, наличием в главной цепи углеводородной связи и функциональных амидных и карбоксильных групп.

Гипан – гидролизованный полиакрилнитрил – предназначен для снижения водоотдачи неминерализованных, минерализованных поваренной солью или сульфатом натрия и известковых промывочных жидкостей. Различают две модификации гипана: гипан-1 и гипан-0,7.

Из двух марок большей стабилизирующей способностью обладает гипан-0,7.

Реагент представляет 10 % раствор жидкости, желтоватого цвета.

Гипан весьма чувствителен к солям кальция и других поливалентных металлов. Оптимальные значения pH, при которых гипан является наиболее эффективным, равны 10-12. При больших значения pH или при pH близким к 7, как указывает Э. Г. Кистер реагент может оказывать коагулирующее действие. Гипан сильно загущает пресные буровые растворы. При длительном хранении и при действии низких температур снижаются стабилизирующие действия гипана.

Рабочая концентрация реагента 0,5-2 %. С увеличением минерализации повышается концентрация реагента.

К-4 получают в результате неполного гидролиза полиакрилнитрила в присутствие щелочи. По стабилизирующим свойствам мало отличается от гипана 0,7.

Свежеприготовленный К-4 обладает устойчивым запахом аммиака (нашатырного спирта). По мере хранения запах ослабевает. Перед применением этих реагентов со слабым запахом необходимо произвести проверку на их эффективность в качестве понизителей водоотдачи промывочных жидкостей.

При добавке 0,5-0,3 % К-4 в неминерализованные глинистые растворы резко снижает водоотдачу и СНС. Ростом концентрации К-4 стабилизирующее действие усиливается. Более устойчив к действию $CaCl_2$, чем гипан. Несколько дешевле гипана. Затрудненно применение в холодное время.

РС-2- гидролизованный полиакриламид- ГПАА получают путем гидролиза полиакриламида (ПАА) в присутствии щелочи или кальцинированной соды и триполифосфата натрия.

Для этого в глиномешалку объемом 4м^3 загружают 600 кг 8 % водного раствора полиакриламида, 60 кг $NaOH$ и 60 кг триполитфосфата натрия ($Na_5P_3O_{10}$). Остальной объем мешалки заполняют водой. Готовый реагент имеет концентрацию полиакриламида 1,5-2 %. Реагент PG-2 наиболее целесообразно применять для снижения водоотдачи неминерализованных промывочных жидкостей с низким содержанием твердой фазы (глины 2-4 %) и естественных суспензии. Для снижения водоотдачи слабоминерализованных промывочных жидкостей целесообразно применять реагент РС-4, представляющий собой гидродизованный полиакриламид с добавками кальцинированной соды.

Гидролизованный полиакриламид весьма чувствителен к ионам кальция и других поливалентных металлов. Оптимальные добавки РС-2 и РС-4 колеблются от 0,2-0,5% (в пересчете на сухое вещество).

Метас - метакриловый сополимер – продукт сополимеризации метакриловой кислоты и метакриламида.

Метас представляет собой порошкообразный препарат белого цвета, трудно растворимый в воде, но хорошо растворимый в щелочной среде небольшой концентрации. Вязкость 2% водно-щелочного раствора метаса превышает 60 спз. Наиболее эффективно применение такого, метаса для стабилизации малоглинистых или безглинистых

промывочных жидкостей. Наиболее активен метас при pH = 9,0-12,0. При pH близких к 7,0 добавки метаса резко загущают промывочные жидкости.

М-14- сополимер метакриловой кислоты с метакриламитом. Представляет собой мелкогранулированный порошок белого цвета, растворимый в водных растворах щелочи. Рекомендовано приготовлять водно-щелочные растворы реагента 5-6 % концентрации при соотношении М-14 к щелочи от 1:0,3 до 1:0,5 (на воздушно-сухое вещество), в зависимости от щелочности обрабатываемой промывочной жидкости. Перед обработкой М-14 в промывочной жидкости определяется содержание ионов кальция и магния. При содержании последних 0,1 % и более для их удаления из системы необходимо применение кальцинированной соды. Расход реагента на химическую обработку неминерализованной промывочной жидкости для снижения водоотдачи до 4-5 $см^3$ составляет 0,5-0,75 % при первичной обработке и 0,1-0,2 % (в пересчете на сухой реагент) при последующих обработках. При повышении минерализации (вплоть до полного насыщения поваренной солью) расход М-14 возрастает до 1,5 %. Гарантийный срок хранения сополимера М-14- один год со дня изготовления.

Электролиты

При обработке или насыщении промывочных жидкостей электролитами происходят обменные процессы между ионами частиц глины и ионами электролитов.

Эффект обработки электролитами зависит от типа и концентрации добавляемых в раствор электролитов (ионов) и их свойств (например, валентности). Стабилизация растворов (снижение водоотдачи) происходит, когда одновалентные катионы Na^+, Li^+ замещают у поверхности частиц глины двухвалентные или многовалентные катионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+}. При замещении ионов Ca^{2+}, Mg^{2+} других ионами Na^+, Li^+ происходит структурообразование и коагуляция промывочных жидкостей.

Анионы OH^- и CO_3^{2-}- электролитов $NaOH$ и Na_2CO_3 способствуют стабилизации промывочных жидкостей, а анионы Cl^- электролитов $NaCl$ и $CaCl_2$- структурообразованию и коагуляции.

Кальцинированная сода Na_2CO_3 является одним из наиболее употребляемых реагентов. Она дает возможность получать пригодные для бурения растворы из местных комовых глин, которые без химической обработки не могут быть использованы. Кальциевые глины при обработке кальцинированной содой переходят в хорошо набухаемые и легко диспергируемые натриевые глины, дающие качественные растворы.

Кальцинированная сода - белый мелкокристаллический порошок плотностью 2,5 $г/см^3$. Является одним из основных средств для осаждения ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}- смягчения жесткой водопроводной и пластовой воды.

Она применяется для связывания ионов Ca^{2+} в минерализованных растворах, а также растворах, содержащих гипс, ангидрид, цемент.

Кальцинированная сода применяется также для повторных обработок промывочных жидкостей, ранее обработанных УЩР. В этом случае оно выполняет роль понизителя вязкости и водоотдачи.

Каустическая сода (едкий натр) $NaOH$ поступает на буровые в твердом виде (в железных барабанах по 100-200 кг*)* или в виде водного раствора - тяжелой (густой) жидкости различной плотности.

Плотность твердой каустической соды 2,02 $г/см^3$. При получении ее в жидком виде, определив плотность можно подсчитать концентрацию. Для этого также можно пользоваться соответствующими таблицами.

Каустическая сода действует на показатели промывочной жидкости подобно кальцинированной соде. Однако она не обладает способностью удалять из раствора ионы кальция и магния. Она значительно дороже кальцинированной соды и как самостоятельный реагент применяется мало.

Каустическая сода широко применяется для получения щелочных реагентов: УЩР, ТЩР, ССБ, РС-2, СГ и др.

Жидкое стекло (силикат натрия или калия). В бурении в основном применяют натриевое жидкое стекло ($Na_2O_nSiO_2$) с модулем $n = \frac{SiO_2}{Na_2O}$= 2,6 - 2,8.

Водный раствор силиката натрия представляет собой вязкую жидкость от светло-желтого до желто-коричневого и серых цветов.

Жидкое стекло применяют, как правило, при борьбе с поглощениями как для повышения вязкости и статического напряжения сдвига промывочных жидкостей, так и в качестве структурообразователя быстросхватывающихся тампонажных смесей.

При добавлении жидкого стекла к буровому раствору (до 3-5 % но массе от объема) значительно повышаются вязкость и статическое напряжение сдвига. Жидкое стекло способствует повышению pH промывочной жидкости до 12 и выше. С его применением приготовляют ингибированные промывочные жидкости – силикатные, силикатно-глинистые.

Поваренная соль (*NaCl*) - хлорид натрия используется для улучшения структурно-механических свойств глинистых и карбонатно-глинистых растворов, обработанных защитными коллоидами, в частности УЩР.

Насыщенные растворы поваренной соли используются при проходке пластов каменной соли, в которых вода или пресный буровой раствор, растворяя стенки скважины, образует каверны. применяют также при бурении в сильно набухающих глинах. *NaCl* применяется как компонент различных солевых растворов.

Известь $Ca(OH)_2$ используется для обработки промывочных жидкостей. При введении 3-5 % $Ca(OH)_2$ к объему промывочной жидкости, значительно повышается вязкость последней. Хорошие результаты дает обработка известью буровых растворов, потерявших восприимчивость к химическим реагентам. При этом получаются известковые растворы.

Известь применяется как составная часть для приготовления известковых кальциевых растворов совместно с каустической содой и защитными коллоидами. Известь поставляет ионы Ca^{2+} в буровой раствор и служит также для регулирования pH.

Комплексные фосфаты (полифосфаты) - это натриевые соли ортофосфорной кислоты: гексаметофосфат, пирофосфат, триполифосфат. Белые кристаллические порошки хорошо растворимые в воде. Добавка к глинистому раствору более 1-1,2 % их вызывает загустевание раствора. При меньших концентрациях они применяются как понизители вязкости. Полифосфаты способны эффективно пептизировать в водной среде глинистые агрегаты, и в то же время стабилизировать их, препятствуя обратному агрегированию и структурообразованию. В соответствии с этим полифосфаты, снижая предельное статическое напряжение сдвига, активно разжижают глинистые растворы. Обязательным при этом является соблюдение pH среды порядка 9.

Понизители вязкости

Понизители вязкости служат для регулирования реологических свойств промывочных жидкостей, что способствует их прокачиваемости, снижению гидравлического сопротивления в скважине, более полной очистки их от шлама.

Применение понизителей вязкости исключает необходимость разбавления глинистого раствора водой, которая обычно ухудшает фильтрационные и структурно-механические параметры глинистого раствора. К понизителям вязкости относятся конденсированные фенолы (ПФЛХ) и лигносульфонаты (игетан, окзил, ФХЛС, КССБ).

При введении в глинистый раствор реагенты адсорбируются на активных участках глинистых частиц; экранируют коагуляционно активные участки, предотвращая агрегирование глинистых частиц и ослабляют их структуру. В результате этого снижается вязкость и особенно интенсивно статическое напряжение сдвига.

Щелочь, входящая в состав реагентов, увеличивает емкость обмена, придавая мицеллам реагента развернутую конформацию, способствует стабилизации глинистых растворов.

ПФЛХ – полифенол лесохимический получают из фенольных экстрактов кислых вод методом конденсации. Готовый реагент представляет собой темно-коричневое твердое вещество.

ПФЛХ применяют в виде 5-10 % растворов в соотношении с щелочью от 1:0 до 1:0,5. Реагент проявляет себя как высокоэффективный понизитель вязкости пресных буровых растворов. Действие ПФЛХ оптимально при РН=9-11. Минимальные добавки, вызывающие разжижение глинистого раствора - 0,2-0,3 % (в пересчете на сухое вещество). При больших концентрациях ПФЛХ снижает водоотдачу до 0,5-3 $см^3$.

Игетан – продукт омыления окисленного лигнина кальцинированной содой. Это твердое вещество темно-коричневого цвета хорошо растворимое в воде. Эффективное разжижение промывочных жидкостей различных плотностей и минерализации достигается вводом 0,2-0,5 % игетана.

В присутствии в промывочных жидкостях небольших количеств солей кальция и магния эффективность применения игетана значительно возрастает.

В пресных и слабоминерализованных промывочных жидкостях добавки до 2,0-2,5 % игетана, наряду с разжижением, обуславливают эффективное снижение водоотдачи.

Окзил. Представляет собой продукт, полученный при взаимодействии кальциевой СОБ с бихроматом калия или натрия в кислой среде, с последующей частичной нейтрализацией до pH=3,5-4,5. Реагент выпускается в жидком виде с содержанием сухого вещества 25-27 %. С помощью окзила можно регулировать вязкость и реологические свойства пресных, минерализованных, известковых, гипсовых, хлоркальциевых промывочных жидкостей. Реагент обладает достаточно высокой эмульгирующей способностью.

Добавление 0,5-1 % окзила (в расчете на сухое вещество) в неминерализованные промывочные жидкости понижает их водоотдачу. При химической обработке минерализованных промывочных жидкостей окзил применяют в различных комбинациях с другими реагентами (КМЦ, ССБ, гипаном и др.), что повышает эффективность их действия.

Оптимальные добавки окзила, обуславливающие эффективное разжижение глинистого раствора колеблются от десятых долей до 1 % (в расчете на сухое вещество) в зависимости от минерализации промывочной жидкости, содержания в ней твердой фазы и т. д.

Наибольшая эффективность окзила достигается при pH-9-10. ФХЛС (феррохромлигносулъфонат) представляет собой полимер нерегулярного строения, в котором хром и железо находятся в трехвалентном состоянии и связаны в макромолекуле лигносульфоната в виде сложных комплексов.

ФХЛС представляет собой сыпучий порошок коричневого цвета, полностью растворимый в воле. Реагент выпускается Карабулакским химическим заводом (Средняя Азия).

Реагент вводится в циркулирующую промывочную жидкость в виде 30-40 %-го водного раствора или в виде порошка. Одновременно с ФХЛС в промывочную жидкость вводится каустическая сода в количествах, достаточных для поддержания pH в пределах 8,5-9,5. Обычно каустической соды требуется около 20 % от веса ФЛХС в расчете на сухое вещество. Порошкообразный ФХЛС является эффективным понизителем вязкости пресных и минерализованных промывочных жидкостей. Для пресных и среднеминерализованных (до 10-15 % *NaCl*) промывочных жидкостей ФХЛС является также понизителем водоотдачи. Промывочные жидкости, обработанные ФХЛС стабильны при попадании в них гипса, умеренных количеств соли, цемента.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ)

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это, понижающие поверхностное натяжение на границах раздела различных фаз: жидкость-газ, жидкость-жидкость, жидкость – твердое тело.

ПАВ, адсорбирующие на границе раздела фаз жидкость-газ, и, понижающие поверхностное натяжение в пограничном слое, относятся к группе пенообразователей. Они широко применяются для получения аэрированных промывочных жидкостей и борьбе с сальникообразованиями при бурении в обводненных породах с продувкой воздухом. ПАВ – пенообразователи: ПО-1, сульфонол, НП-1, сульфонол А и Б, азолят А и др.

ПАВ, понижающие поверхностное натяжение на границе раздела двух жидкостей. различных по своим физическим свойствам (например, вода-масло), составляют группу эмульгаторов-стабилизаторов эмульсий. В состав эмульсолов входят такие неионогенные ПАВ, как ОП-7, ОП-10. В качестве смазывающих добавок применяются коллоидные ПАВ: ОСГ, ВЖС, кожпастол, мылонафт, ОСЖК и др.

ПАВ, понижающие поверхностное натяжение на границе раздела жидкость-твердое тело и снижающее прочность твердого тела (горной породы), относятся к группе понизителей твердости горных пород: дисольван, превацелл, сульфонол и др.

Проявление тех или иных свойств ПАВ, определяющих область их применения, их способность изменять свойства поверхности, на которой они адсорбируются, зависит от состава ПАВ, их молекулярного строения и физико-химических свойств среды.

ПАВ по своему составу делятся на четыре основных вида: 1) анионоактивные; 2) катионоактивные; 3) неионогенные; 4) амфотерные.

Анионоактивные ПАВ диссоциируют в водном растворе с образованием отрицательно заряженного органического иона и положительного иона металлического и металлоподобного характера, который обуславливает растворимость ПАВ. К числу анионоактивных ПАВ относятся сульфаты первичных и вторичных спиртов, алкилсульфонаты, сульфонаты и др. (например: ПО-1, ДС-РАС, сульфонол НП-1 и др.) Схема диссоциации:

$$RCOONa \leftrightarrows RCOO^- + Na^+$$

Катионоактивные вещества при диссоциации в воде образуют положительно заряженные поверхностно-активные ионы (катионы). К ним относятся катионы А, выравниватель А, карбозол О и др.

$$RNH(CH_2)_nCOO^- \leftrightarrows RNH(CH_2)_nCOOH \leftrightarrows RNH_2(CH_2)_2COOH^+.$$

Амфотерные ПАВ содержат две функциональные группы, одна из которых имеет кислый, другая основной характер, например, карбоксильную и аминную группы. В зависимости от среды амфотерные соединения обладают анионоактивными либо катионоактивными свойствами:

щелочная среда кислая среда

$$RNH(CH_2)_nCOO^- \rightleftarrows RNH(CH_2)_nCOOH \rightleftarrows RNH_2(CH_2)_nCOOH$$

анионные свойства катионные свойства

Неионогенные ПАВ, растворяясь в воде, не образуют ионов. Растворимость их в воде определяется кислородосодержащими группами – эфирными и гидроксильными, которые образуют водородные связи с молекулами воды. Обычно это продукты

конденсации окиси этилена с полярными органическими веществами, содержащими подвижный атом водорода (ОП-4, ОП-7, ОП-10).

Анионоактивные ПАВ чувствительны к действию катионов поливалентных металлов, поэтому в минерализованных водах они выпадают в осадок.

Катионоактивные ПАВ обладают повышенной адсорбцией на глинистых частицах, вызывают резкую коагуляцию глинистых растворов. Поэтому их применение сопряжено с определенными трудностями.

Неионогенные ПАВ устойчивы к действию минерализованных вод и в большей степени способствуют смачиваемости породы водой, чем ионогенные ПАВ.

Контрольные вопросы

1. Принципы коллоидной, защиты,
2. Назовите реагенты-защитные коллоиды органического происхождения
3. Назовите реагенты-защитные коллоиды, полученные синтетическим путем.
4. Механизм действия реагентов-электролитов.
5. Назовите реагенты-электролиты и область их применения.
6. Механизм действия реагентов-понизителей вязкости.
7. Назовите реагенты-понизители вязкости и область их применения.
8. Что такое поверхностно-активное вещество (ПАВ)?
9. Классификация ПАВ по химическому составу.
10. Дайте общую характеристику каждой группе ПАВ.

Работа 1

Изучение контрольно- измерительной аппаратуры и определение структурно-механических параметров глинистых растворов

Цель работы: научить студентов самостоятельно измерять параметры глинистого раствора на контрольно-измерительной аппаратуре.

Оборудование и материалы для выполнения работы:

1) ареометр АГ-2;
2) вискозиметр СПВ-5;
3) вискозиметр ВСН-3;
4) прибор ВМ-6;
5) бланки с логарифмической шкалой;
6) фильтровальная бумага;
7) прибор СНС-2;
8) отстойник ОМ—2;
9) цилиндр ЦС-2;
10) секундомер;
11) кружки объемом 1-3 л.

Порядок выполнения

Изучить устройство приборов и методику измерения структурно-механических параметров.

Отобрав пробу глинистого раствора объемом 1 л, произвести измерение следующих параметров: 1) вязкости; 2) удельного веса; 3) водоотдачи; 4) содержания песка; 5) статического напряжения сдвига через 1 и 10 мин.

При этом условную и пластическую и эффективную вязкость следует определить 3 раза и рассчитать среднеарифметическую величину по уравнению:

$$\overline{\mathrm{T}} = \frac{\sum \mathrm{T}}{\eta} \tag{1}$$

где $\sum$ T- сумма результатов всех измерений; η - число измерений.

По уравнению:

$$\Delta = 3\sqrt{\frac{\sum(\mathrm{T}-\mathrm{T}_i)^2}{\eta-1}} \tag{2}$$

Сопоставляя полученное значение с каждым отклонением отдельного измерения от среднего арифметического, исключаем недоброкачественные измерения, для которых справедливо неравенство:

$$T_i - \bar{T} > \Delta \tag{3}$$

После исключения таких измерений вновь определяется среднее арифметическое по уравнению (1) и наибольшая ошибка отдельного наблюдения - по уравнению (2). Проверяется, все ли оставшиеся измерения являются доброкачественными, согласно неравенству (3) Определяем среднюю квадратичную ошибку средней арифметичес кой величины:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{T}-\mathrm{T}_i)^2}{n(n-1)}} = \frac{\Delta}{\sqrt{n}} \tag{4}$$

записываем полученный результат в виде

$$T = \bar{T} \pm \sigma_0$$

При этом вероятная ошибка среднего арифметического будет равна:

$$\tau_0 = 0{,}675 = \sigma_0$$

Водоотдачу промывочных жидкостей следует определить путем отсчета как промежуточных наблюдений через 1,2,3,4,5,10,15 и 20 минут, так и конечного результата за 30 минут. Следует обратить внимание на величину погрешности измерения, если

воспользоваться результатами наблюдений за первые пять минут и по ним с помощью бланков на логарифмической бумаге определить водоотдачу за 30 минут.

По уравнению:

$$p = \frac{\gamma_p - \gamma_t}{\gamma_r - \gamma_t} * \gamma_r \quad (5)$$

определить количество глины, содержащееся в глинистом растворе

Здесь р - количество глины в растворе, кг/л;

$\gamma_р$ и $\gamma_в$- удельные веса соотвветствввенно раствора и воды, г/см^3;

γ_r-удельный вес глины, г/см^3.

Для определения γ_r следует взять образец глины небольших размеров; взвесить его и с помощью мензурки, заполненной машинным маслом или керосином, определить объем образца. Отношение веса образца к его объему даст величину удельного веса глины.

Результаты измерений всех пяти параметров глинистого раствора следует привести в конце отчета по лабораторной работе.

Работа № 2

Химическая обработка, глинистых растворов реагентами-понизителями водоотдачи

Цель работы: научить студентов производить химическую обработку глинистых растворов реагентами-стабилизаторами и давать оценку действия каждого реагента.

Оборудование и материалы для выполнения работы:

1) комплект приборов для измерения структурно-механических параметров;
2)лабораторные весы;
3)секундомер;
4) реагенты: УЩР, КМЦ, КССБ, гипан, К-4 и др.(не менее 3-х реагентов);
5) мерные цилиндры на 25 или 50 см;
6) бюретки на 10 мл;
7) кружки объемом 1-3 л.

Порядок выполнения работы.

Первоначально готовится углещелочной или торфощелочной реагенты. Для этого в один литр воды следует растворить 20, 40 или 60 г кальцинированной соды, а также добавить 150, 300 или 450 г порошка бурового угля или торфа (каждой бригаде студентов из 2-3 человек преподаватель уточняет рецептуру реагентов). Для ускорения реакции взаимодействия желательно воспользоваться теплой водой.

Перед обработкой глинистого раствора реагент размешивается примерно 30 минут.

Взяв пробу свежеприготовленного глинистого раствора 1,5 л, замерить его вязкость Т, водоотдачу В, удельный вес γ, и статическое напряжение сдвига θ_1 и θ_{10}. Затем последовательно обрабатывать раствор углещелочным реагентом четыре раза в количестве 10 % объемных. После каждой обработки измерять водоотдачу раствора.

При определении объема ТЩР или УЩР, потребного для обработки раствора, учитывать изменение объема глинистого раствора, несмотря на то, что относительная концентрация вводимого реагента (10 %) не изменяется.

Результаты измерения водоотдачи при введении УЩР или ТЩР изобразить графически для следующих концентраций реагента 0; 10; 20; 30; 40 %. По оси абсцисс отложить концентрацию реагента, по оси ординат – водоотдачу.

При суммарной концентрации реагента в глинистом растворе 40 %, кроме водоотдачи произвести измерение удельного веса, вязкости и статического напряжения сдвига. Сопоставить начальные и конечные параметры глинистого раствора и обосновать их изменение. Для сравнения эффективности действия различных реагентов-понизителей водоотдачи следует воспользоваться более активными и универсальными реагентами КМЦ или ССБ и обработать свежеприготовленный глинистый раствор соответственно 0,5-1,0 % и 2-4 %. Сопоставить полученные результаты.

В виде выводов привести основные результаты работы.

Работа №3

Химическая обработка глинистых растворов реагентами–электролитами

Цель работы: научить студентов производить обработку глинистых растворов реагентами – электролитами и изучить действие каждого реагента на свойства глинистого раствора.

Оборудование и материалы на свойства глинистого раствора.

1) комплект приборов для измерения структурно-механических параметров глинистого раствора;

2) вискозиметр ВСН-3;

3) лабораторные весы;

4) секундомер;

5) реагенты: каустическая сода, кальцинированная сода, жидкое стекло, тринатрийфосфат;

6) бюретки на 10 мл;

7) мерные цилиндры на 25 мл;

8) кружки на 1-3л.

Порядок выполнения работы.

Производится измерение основных параметров свежеприготовленного глинистого раствора: вязкости условной, эффективной и пластической (Т, $\eta_э, \eta_{пл}$), водоотдачи, удельного веса и статического напряжения сдвига.

Затем проба емкостью 1 литр последовательно обрабатывается каким-либо одним реагентом. Для кальцинированной соды Na_2CO_3 следует воспользоваться 1 % концентрацией. После введения 10 г соды 3 раза измерить вязкость (Т, $\eta_э, \eta_{пл}$); затем после добавки еще одной порции 10 г повторно измеряется вязкость (Т, $\eta_э, \eta_{пл}$). Так исследование проводится до введения 5 % Na_2CO_3. В последнем случае измеряются и остальные параметры раствора.

Результаты измерений вязкости (Т, $\eta_э, \eta_{пл}$) при различной концентрации реагентов изображаются графически. По оси абсцисс отложить концентрацию реагента, по оси ординат – вязкость (Т, $\eta_э, \eta_{пл}$).

В случае обработки раствора каустической содой $NaOH$ диапазон концентрации реагента следует применять таким: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 %.

Химическая обработка глинистого раствора может проводиться путем совместного введения двух реагентов, например, каустической соды $NaOH$ и тринатрийфосфата Na_3PO_4. При этом концентрация какого-либо одного из реагентов принимается постоянной (например, $NaOH$ 2-4 %).

По результатам выполнения лабораторной работы сделать выводы относительно оптимальной концентрации реагентов. Дать обоснование полученному результату.

Работа №4

Приготовление и регулирование параметров естественных растворов

Естественные растворы на основе бурового шлама неглинистых пород могут быть получены из высокодисперсных частиц при достаточной их концентрации путем обработки суспензий поверхностно-активными веществами – стабилизаторами и реагентами-электролитами.

В лабораторных условиях для наработки потребного количества высокодисперсных частиц пород нужно использовать малогабаритную роторную мельницу.

Водные суспензии из неглинистых пород являются седиментационно неустойчивыми системами, в состоянии покоя они быстро расслаиваются на жидкую и твердую фазу.

Повысить устойчивость суспензий можно в основном за счет добавок реагентов-стабилизаторов и электролитов.

Поэтому выбор реагентов для регулирования свойств безглинистых растворов производится первоначально по исследованию их влияния на седиментационную устойчивость водных суспензий.

Оценка седиментационной устойчивости производится по объему выделившейся воды и частиц бурового шлама из суспензий за определенный промежуток времени.

Цель работы – научить студентов проводить стабилизацию водных суспензий из выбуренных пород и регулировать свойства естественных растворов.

Для проведения опыта необходимо иметь следующие приборы:

1) мерный цилиндр на 100 $см^3$;
2) секундомер;
3) лабораторные весы с комплектом разновесов;
4) фарфоровую чашку с резиновым пестиком;
5) буровой шлам, просеянный через сито с диаметром отверстий 0,10 мм;
6) миллиметровую бумагу для графиков;
7) комплект приборов для замера параметров промывочной жидкости.

Порядок выполнения работы.

Для приготовления естественных растворов в лабораторных условиях необходимо взять навеску в 10 г сухих неглинистых пород с размерами частиц менее 0,1 мм. Навеску поместить в фарфоровую чашку, смочить водой и растереть резиновым пестиком в течение 5 минут.

Пробу перелить в градуированный стеклянный цилиндр объемом 100 $см^3$ и долить водой до отметки 100 $см^3$. Цилиндр плотно закрыть резиновой пробкой и в течение двух минут суспензию тщательно перемешивать путем встряхивания. Затем, поставив цилиндр на горизонтальную поверхность, включить секундомер.

Через каждую минуту брать отсчеты по мерному цилиндру: сверху – объем выделившейся воды (W) в $см^3$, снизу – объем осевших грубодисперсных частиц (V) в $см^3$.

Отсчеты проводить через 1 мин в течение 10 мин. По истечении 10 мин взять последний отсчет за 15 минут (с учетом 10 мин) и все результаты измерений занести в таблицу:

Время, мин	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Объем выделившейся воды, $см^3$ (W)											
Объем осевших грубодисперсных частиц, $см^3$ (V)											

Результаты наблюдений представляют графически в виде зависимости объема осадка частиц горных пород в нижней части *V* и количества выделившейся воды в верхней части цилиндра *W* от времени *t*.

Каждой бригаде рекомендуется преподавателем какой-либо реагент-стабилизатор для работы (КМЦ, ССБ, УЩР). Оценить седиментационную устойчивость водных суспензий при добавке КМЦ в количестве 2,3 % и 5 %, ССБ – 5, 8 и 10 %, УЩР -10, 15, 20 %.

На основании анализа графиков выбрать оптимальную концентрацию реагента, при которой будут минимальными значения *W* и *V*.

Приготовить водную суспензию с 10 % - концентрацией бурового шлама в объеме 700 $см^3$. Ввести в суспензию оптимальную концентрацию реагента – стабилизатора и определить все параметры – *T, γ, B, K.*

Полученные результаты измерений сопоставляются с параметрами глинистых растворов. Отмечаются отклонения величин различных параметров и целесообразные границы применения естественных растворов в разведочном бурении скважин.

Работа №5

Приготовление и регулирование параметров аэрированных жидкостей

Аэрированные жидкости – это трехфазные системы, в которых жидкая фаза насыщена пузырьками воздуха. Для облегчения процесса аэрации и повышения стабильности аэрированных жидкостей в них вводят поверхностно-активные вещества – пенообразователи (ПАВ).

ПАВ, адсорбируясь на границе раздела жидкой и газовой фазы, повышают дисперсность пузырьков воздуха и устойчивость аэрированного раствора.

Выбор ПАВ для приготовления и регулирования свойств аэрированного раствора производится первоначально по устойчивости и кратности пены с учетом жесткости воды и химического состава растворенных солей.

Устойчивость пены характеризуется временем выделения 50% воды от исходного объема раствора до аэрации.

Кратность пены характеризует пенообразующие свойства ПАВ и представляет отношение объема аэрированного раствора к исходному объему раствора ПАВ.

Цель работы – научить студентов производить оценку пенообразующией способности ПАВ и регулировать параметры аэрированных жидкостей.

Для проведения опыта нужно иметь следующие приборы и материалы:

1) химические реагенты: ПО-1, сульфонол и ССБ;
2) мерные цилиндры на 100 см^3;
3) пипетки на 5 и 10 мл;
4) пропеллерная мешалка с мерным стаканом емкостью 1 л;
5) секундомер;
6) комплект приборов для замера параметров промывочной жидкостей;
7) кружки на 1л.

Порядок проведения опыта следующий:

Приготовить растворы ПАВ в объеме 100 см^3 с концентрациями реагентов:

1) ПО-1 или сульфонол – 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5%.
2) ССБ – 1,2,3,4,5%.

В мерный стакан мешалки залить раствор ПАВ заданной концентрации и перемешать в течение 30 секунд.

Затем выключить мешалку и определить объем аэрированного раствора. Разделив этот объем на 100, получают кратность пены.

Время, истекшее с момента выключения пропеллерной мешалки до момента, когда из раствора выделится 50 см^3 жидкой фазы, является устойчивостью пены.

Результаты наблюдений представляются в виде таблицы:

Концентрация ПАВ, %	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Объем пены, см^3					
Устойчивость пены, сек.					

На основании табличных данных построить графики, откладывая по оси абсцисс – концентрацию ПАВ в %, по оси ординат – устойчивость пены и ее кратность. Согласно графическим зависимостям выбирается оптимальная концентрация ПАВ в растворе.

В соответствии с выбранной концентрацией приготовить в объеме 1 л аэрированный раствор (по заданию преподавателя аэрируется глинистый или естественный раствор).

Затем определяются параметры полученного раствора: *T,* γ*, B, K,* θ_1, θ_{10}. При этом, если с помощью стандартного ареометра удельный вес замерить не удается, то это делается простым путем, взвешивая определенный объем раствора и деля полученный вес

на объем. Водоотдачу аэрированного раствора определяют вакуумным методом или с помощью модернизированного прибора ВМ-6М.

Полученные результаты исследований анализируют и дают оценку качества аэрированного раствора.

Работа №6

Приготовление и регулировании параметров утяжеленных промывочных жидкостей

Утяжеленные буровые растворы применяются для предотвращения водо-газо-нефтепроявлений и при бурении в соляных толщах для подавления пластического течения соли.

Чтобы предотвратить выбросы воды, нефти и газа из скважины, утяжеленный раствор должен обеспечивать такое гидростатическое давление, которое бы превышало давление в пласте на 10 %.

В качестве утяжелителей применяют инертные минеральные вещества с достаточно высоким удельным весом, от 2,5 до 7 г/см^3: барит, железные руды (гематит и магнетит) и железные отходы (колошниковая пыль и пиритовые огарки), мел, доломит, известняк, концентраты свинцовых руд и т. д.

Утяжелители должны отвечать следующим требованиям: быть инертными веществами (не иметь химических примесей, ухудшающих свойства буровых растворов), обладать малой абразивностью, иметь достаточно высокую дисперсность частиц (число частиц в 1г - $350 \div 400 \times 10^8$ или средний эквивалентный диаметр частиц около 2,5 мк)

Такие утяжелители как мел, доломит и известняк позволяют утяжелить раствор до γ =1,7 г/см^3.

Железистые утяжелители обладают рядом недостатков: высокая абразивность, наличие агрессивных примесей: окислов железа, сульфидов и сульфатов, которые ухудшают свойства буровых растворов.

Наилучшими качествами и высокой утяжеляющей способностью обладают барит, который позволяет получать утяжеленные растворы с γ = 2,2-2,4 г/см^3.

Цель работы – изучить студентов утяжелять глинистый раствор и производить регулирование его структурно-механических свойств.

Оборудование и материалы для выполнения работы:

1) комплект приборов для измерения параметров промывочных жидкостей;
2) секундомер;
3) лабораторные весы;
4) пикнометр;
5) реагенты: барит, гематит, мел;
6) кружки на 1л.

Выполнение работы

Для утяжеления необходимо приготовить качественный глинистый раствор с достаточно прочной структурой $\theta = 20 - 40$ мг/см^2 и В = 10 см^3/30 мин.

Необходимо измерить все параметры исходного раствора.

Затем задается удельный вес, до которого нужно утяжелить глинистый раствор.

Расчетное количество утяжелителя в кг необходимое для утяжеления 1л раствора, определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{УТ}} = \frac{\gamma_{\text{УТ}}(\gamma_{\text{УТ.Р.}} - \gamma_{\text{Р}})}{\gamma_{\text{УТ}} - \gamma_{\text{УТ.Р.}}}$$

где $\gamma_{\text{Р}}$, $\gamma_{\text{УТ.Р.}}$ - удельный вес глинистого раствора до и после утяжеления в г/см^3;

$\gamma_{\text{УТ}}$ – удельный вес утяжелителя.

Расчетное количество утяжелителя взвешивается на аналитических весах и добавляется в глинистый раствор. Глинистый раствор с утяжелителем перемешиваются в лабораторной мешалке в течении 3-5 мин. Потом замеряется удельный вес и остальные параметры: *T, γ, B, K, θ_1, θ_{10}*.

Для разных бригад студентов можно дать разные виды утяжелителей: мел, барит, гематит. Дать задание утяжелить глинистый раствор до одного и того же удельного веса.

Затем необходимо сравнить показания замеров параметров и оценить качество утяжелителя по величине его расхода и изменению свойств промывочной жидкости.

Оформление отчета

По каждой проведенной лабораторной работе составляется отчет, в котором приводятся схемы применяемых измерительных приборов (лабораторная работа №1), результаты химической обработки промывочных жидкостей различными реагентами (в виде графиков). Дается подробное описание механизма действия каждого реагента и выбор оптимальной концентрации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для получения промывочных жидкостей с заданными структурно-механическими параметрами для конкретных геолого-технических условий необходимо знать свойства и состав исходного сырья (глины, воды), применяемого для приготовления глинистого раствора.

В методических разработках приведен достаточно широкий ассортимент химических реагентов и дана полная их характеристика, которая позволит правильно производить выбор химических реагентов для повышения качества промывочных жидкостей с учетом свойств исходного сырья и геолого-технических условий бурения скважин.

Изложенная методика по оценке свойств различных видов промывочных жидкостей дает возможность научно обоснованно подходить к вопросам регулирования их структурно-механических параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авидон В. П. Предварительные испытания глин в полевых условиях. М.: «Недра», 1968.

2. Зарипов С. З. Лабораторный контроль при бурении нефтяных и газовых скважин. М.: «Недра», 1977.

3. Кистер Э. Г. Химическая обработка буровых растворов. М., «Недра», 1972.

4. Овчаренко Ф. Д., Круглицкий Н. Н., Ничипоренко С. П. и др. Термосолеустойчивые промывочные жидкости на основе палыгорскита. М.: «Недра», 1970.

5. Городнов В. Д. Физико-химические методы предупреждения осложнения в бурении. М.: «Недра», 1977.

ФГБОУ ВО
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых

Усов Г.А.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Методическое пособие по самостоятельной работе
для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки

Екатеринбург 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…….....3
1. МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ……. 4
2. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ…… 10
3. СПОСОБЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСПЕРГАЦИИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ……..14
4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ…….. 17
5. ПЕРЕМЕШИВАТЕЛИ…….21
5.1. Гидравлические перемешиватели……..21
5.2. Механические перемешиватели…….23
5.3. Перемешиватели, выпускаемые зарубежными фирмами……24
6. ГИДРОАКУСЧТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ РАЗРАБОТАННЫЕ НА КАФЕДРЕ “ТТР МПИ”……26
6.1. Малогабаритная многосекционная роторная мельница «ММР-2»…….26
6.2. Барабанный измельчитель……...28
6.3. Струйная вихревая мельница……..29
6.4. Гидродинамическая роторная мельница ГРМ-2…….31
6.5. Многоступенчатая струйно-вихревая мельница “СВМ - 3”……...32
6.6. Многоступенчатая микромолотковая мельница для приготовления механоактивированных буровых растворов……..34
6.7. Лопастной механоактиватор “ЛМА-2М”……...37
6.8. Малогабаритная щеточная мельница ММЩ-2М для приготовления буровых промывочных жидкостей……39
6.9. Вихревой гидродинамический излучатель “ГДИ”……41
6.10 Центробежная мельница мокрого помола “МЦ-Т”……43
6.11 Малогабаритная щеточная мельница «МЩ-1»…….45
6.12 Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей……...46
6.13 Экспресс технология производства импортозамещающих буровых реагентов с использованием эффекта механоактивации крахмалосодержащего сырья……50
6.14 Универсальный буровой реагент “РБЦ-4” на основе механоактивированного древесного волокна с повышенным содержанием смол……52
6.15 Буровой реагент для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений «Peat-MA».64
7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ……69
7.1 Меры безопасности при работе с промывочными жидкостями……69
7.2 Производственная санитария……72
7.3 Меры пожарной безопасности……..73
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……..……75

ВВЕДЕНИЕ

.

По современным представлениям со все возрастающими объемами и глубинами бурения увеличение скорости проходки скважины возможно лишь при быстром и качественном приготовлении буровых промывочных жидкостей. Производительность приготовления и качество применяемых очистных агентов оказывает влияние практически на все показатели в бурении, например, скорость проходки скважин может быть увеличена до 20-30% и выше. При этом общая доля затрат на приготовление буровых промывочных жидкостей составляет от 5 до 14% стоимости сооружения скважин. К промывочным жидкостям предъявляются требования с учетом комплекса геологических, технологических и организационных факторов, возникающих в процессе бурения. Это обуславливает необходимость применения разнотипных машин для приготовления буровых очистных агентов по принципу действия, энергозатрат, производительности, металлоемкости, габаритов и т.д.

Для приготовления промывочных жидкостей из сухих порошкообразных материалов требуется лишь тщательное перемешивание частиц твердой и жидкой фазы и создание условий для полного смачивания твердых частиц. Для приготовления промывочных жидкостей из комовых материалов или влажных порошков необходимо предварительное дробление кусков или слипшихся комков. Процессы дробления исходных твердых материалов и перемешивание их с жидкостью, в частности с водой, осуществляются в механических или гидравлических мешалках.

Машиностроительные заводы по заявкам предприятий бурения продолжают выпускать оборудование для приготовления и утяжеления промывочных жидкостей из комовых материалов. В настоящее время можно найти описание некоторых видов такого оборудования, применяемого различными объединениями, хотя известно, что наиболее прогрессивным, наиболее экономичным является оборудование для приготовления промывочных жидкостей из сухих порошкообразных материалов, что подтверждается зарубежной практикой.

Глинистые растворы приготовляют в специальных устройствах — глиномешалках механическим или гидравлическим способами. Глиномешалки соответственно подразделяются на механические и гидравлические. Механические глиномешалки по характеру действия делятся — прерывного (циклового) и непрерывного; по конструктивному исполнению — лопастные, роторные, шаровые; по расположению валов — с горизонтальным и вертикальным расположением. Лопастные глиномешалки делятся по числу валов - наодновальные и двухвальные.

В методическом пособии рассмотрены конструкции основных технических средств для приготовления буровых промывочных жидкостей, применяемых в геолого-разведочной и нефтегазодобывающей отраслях, а так же гидродинамические и гидромеханические измельчительные устройства разработанные на кафедре ТТР МПИ за последние 30 лет.

1. МЕХАНИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Механические глиномешалки используются для приготовления глинистых растворов, как из комовых, так и из порошковых глин. Привод глиномешалок осуществляется от индивидуальных двигателей или через трансмиссию.

Механические глиномешалки могут быть одновальные, двухвальные, трехвальные с вертикальным или горизонтальным расположением валов. Привод глиномешалок осуществляется от индивидуальных двигателей или через трансмиссию.

Характеристика глиномешалок, применяемых при разведочном бурении, приведена в табл.1.

Механическая лопастная глиномешалка с горизонтальным валом (рис.1) состоит из металлической емкости-корпуса *1,* в которой вращается вал *4* с укрепленными на нем поперечными лопастями *6* для измельчения и перемешивания глины с водой. Лопасти расположены одна относительно другой под углом 90°. Между внутренней поверхностью корпуса и лопастями имеется просвет в 30—35 мм.

Таблица 1

Техническая характеристика глиномешалок

Тип глиномешалки	Емкость, $м^3$	Расположение валов	Число валов	Скорость вращения рабочих валов,об/мин.	Мощность приводного двигателя, кВт.	Габариты, мм.			Масса, кг.
						Длина	Ширина	Высота	
Г-1-0,25	0,25	горизонт.	1	80	2,0	1400	870	1150	260
Г1-0,30	0,30	горизонт.	1	37	2,0	2230	895	1080	309
ГМ-0,7	0,70	горизонт.	1	125	5,0	1650	1000	1250	-
ГМЭ-0,75	0,75	горизонт.	2	78	2,8	2050	1450	1317	696
ОГХ-7А	0,75	вертик.	1	95	6,0	1250	1220	1685	385
ГК-1	1,0	горизонт.	2	-	3,0	-	-	-	-
МГ-1-0,75	0,75	горизонт.	-	-	2,8	-	-	-	-
МГ-1-0,80	0,80	горизонт.	2	165	4,5	2450	1130		760
Г2-П-2-4	4,0	горизонт.	2	95	21,5	-	-		3734
МГ-2-4	4,0	горизонт.	2	90-100	14,0	3890	3015		3565
	3,0	горизонт.	2	-	8,8	-	-		-
	2,0	горизонт.	2		7,0	1450	2150		1857

Глину загружают через загрузочный люк 5, который закрывается крышкой. Приготовленный раствор выпускают через спускной люк 7. Вращение с рабочего шкива *2* на горизонтальный вал передается с помощью зубчатого редуктора 3. Как правило, глиномешалка устанавливается на полозьях. Для приготовления глинистого раствора лопастную глиномешалку заполняют водой примерно на $^1/_3$ объема и загружают в нее необходимое количество глины, периодически проворачивая вал с помощью электродвигателя. Затем доливают воду до верха глиномешалки, закрывают люк крышкой и включают электродвигатель.

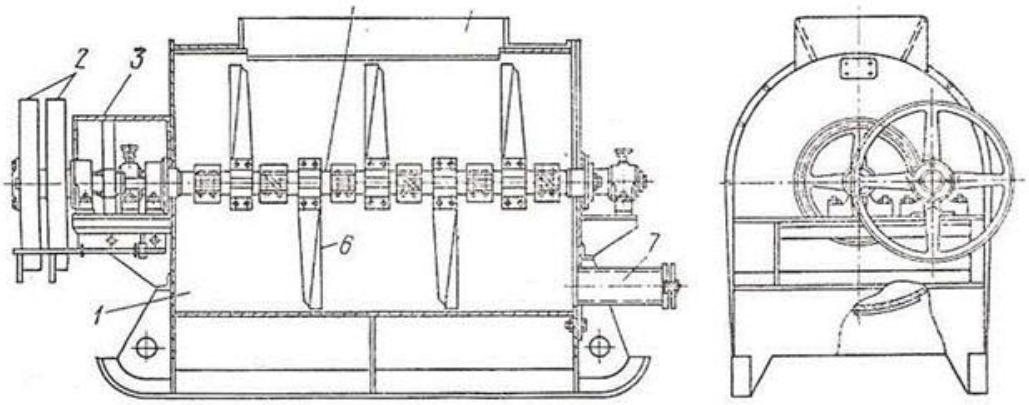


Рис. 1. Горизонтальная одновальная глиномешалка.

Глиномешалка МГ-2-4Х (рис. 2) представляет собой овальный сварной барабан 1, внутри которого на шарикоподшипниках, закрепленных на кронштейнах 6, параллельно установлены два рабочих вала 7 квадратного сечения. К этим валам с помощью болтов крепятся лопасти. Привод валов осуществляется от электродвигателя, передающего вращение ведомому шкиву *9*, расположенному на одном валу с шестерней *8*, которая, в свою очередь, передает вращение зубчатым колесам *5* на валу 7. Вода, глина и другие компоненты раствора подаются в барабан через загрузочный люк *2*. Барабан установлен на раме *4*. Рабочие лопасти, вращаясь, разбивают комья глины, в результате чего при смешивании их с водой образуется глинистый раствор. Приготовленный раствор сливается через спускной патрубок 3, расположенный в нижней части барабана, с помощью специального рычага. Конструкция глиномешалки ГКЛ-2М отличается от МГ-2-4Х несущественно.

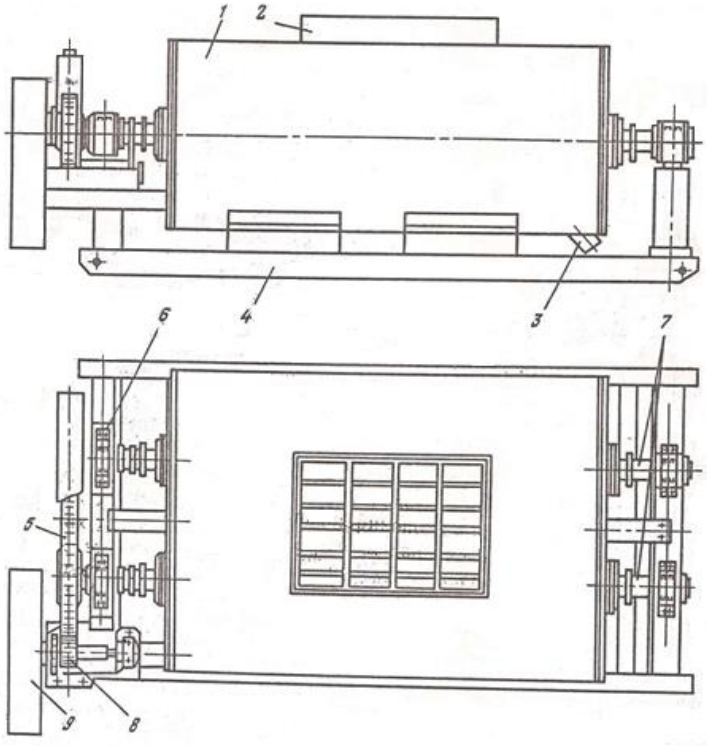


Рис. 2. Глиномешалка МГ-2-4Х

Техническая характеристика лопастных глиномешалок

Тип глиномешалки	МГ-2-4Х	ГКЛ-2М
Вместимость барабана, $м^3$	4	2
Число рабочих валов .	2	2
Частота вращения валов, об/мин	90—100	184
Максимальная производительность по комовой глине, $м^3/ч$	2	1,5
Мощность приводного двигателя, кВт	14	7
Габариты, мм:		
Длина	3890	1450
ширина	3015	2150
высота	1445	1500
Масса, кг	3565	1957

Механические лопастные глиномешалки отличаются простотой конструкции, но имеют и ряд существенных недостатков: сравнительно невысокую производительность; трудность доступа внутрь глиномешалки для выполнения ремонта и чистки; частые заклинивания и поломки лопастей при попадании в глину твердых включений большого размера; уменьшение рабочего объема глиномешалки при налипании глины к внутренним стенкам. Разновидность механических глиномешалок — фрезерно - струйные мельницы (ФСМ), разработанные Воронежским инженерно-строительным институтом для приготовления и утяжеления промывочных растворов. ФСМ— машины непрерывного действия, используются для приготовления глинистых растворов из комовых глин и глинопорошков.

Фрезерно-струйная мельница (рис.3) состоит из следующих основных узлов: лопастного ротора *2,* приемного бункера 9, предохранительной шарнирной плиты *13,* диспергирующей рифленой плиты *1,* ловушки *16* и лотка *4* для отвода готового глинистого раствора.

Комовые или порошкообразные материалы подаются, в приемный бункер *9,* вода—по перфорированной трубе 11. Подвижной щиток *10* ограничивает предельный размер комьев, попадающих из бункера во внутреннюю часть корпуса. Исходные материалы попадают по предохранительной плите *13* на вращающийся, на валу 3 ротор *2.* Большие камни или куски металла, имеющиеся в глинистом материале, заклиниваются между лопастями ротора и предохранительной плитой. Значительные усилия, возникающие при ударе лопастей 7 ротора о крупные твердые включения, приводят к срезыванию специальных сменных штифтов *15.* При этом предохранительная плита, поворачиваясь вокруг шарнира *12,* отходит к задней стенке корпуса мельницы, а посторонние включения проваливаются в ловушку *16,* закрытую снизу специальной откидной крышкой *18* с резиновой прокладкой *17.* Из ловушки они периодически удаляются путем открывания крышки с помощью механизма *19.*

Расстояние между лопастным ротором и предохранительной плитой изменяется путем перестановки штифтов в регулирующей планке *14.* В нижней части корпуса мельницы расположена сменная диспергирующая рифленая плита 1, огибающая с небольшим зазором четверть ротора. В боковой части корпуса укреплена решетка 6. Размер отверстий ее обусловлен требованиями, предъявляемыми к приготовляемому раствору. Сверху решетка закрыта отражательным щитком *5,* который может быть откинут поворотом вокруг шарнира *8.*

Готовый раствор стекает, по внешней поверхности решетки и по лотку *4* отводится в сторону. Корпус мельницы укреплен на раме *20.* Предусмотрен разъем

корпуса по горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала лопастного ротора.

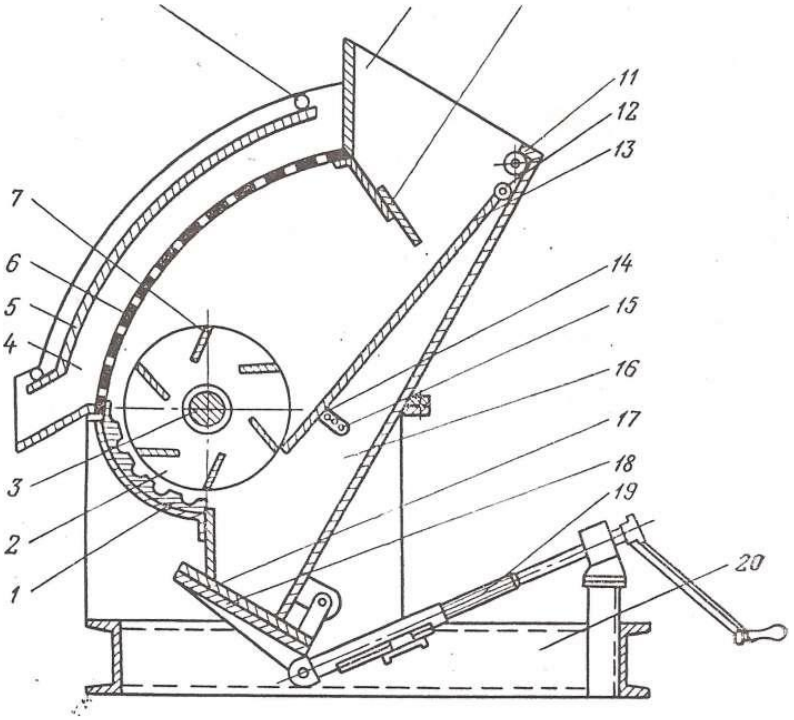


Рис. 3 Фрезерно-струйная мельница ФСМ-7

Принцип работы ФСМ заключается в следующем. Глина и вода, подаваемые в приемный бункер мельницы, захватываются лопастями ротора. При перемещении вдоль диспергирующей плиты происходит первичное измельчение глины. Дополнительное более тонкое измельчение их осуществляется при ударе струй, выбрасываемых лопастями ротора, о выходную решетку, а также при последующем перемещении суспензии вдоль решетки и прохождении раствора через ее отверстия. Частицы, не успевшие измельчиться в мельнице, вследствие циркуляции раствора вновь попадают под лопасти ротора.

Имеется ряд типов ФСМ: ФСМ-3, ФСМ-7, ФСМ-12, отличающихся, друг от друга, несущественными конструктивными изменениями.

Техническая характеристика фрезерно-струйной мельницы ФСМ-7

Производительность, т/ч:
по комовой глине ……. .....……...8—10
по глинопорошку..... .....…….20—25
Диаметр ротора, мм ……...……400
Частота вращения ротора, об/мин .....……500
Мощность приводного электродвигателя, кВт ..... ……28
Габариты, ……..……...1950x1530x1410
Масса, кг……..…….....1400

Бесперебойная работа фрезерно-струйной мельницы может быть обеспечена только при наличии механизированной загрузки исходных материалов.

К преимуществам ФСМ относятся: высокая производительность, как по комовым глинам, так и по глинопорошку; простота конструкции и небольшие габариты; высокая экономичность.

Недостатками являются: низкое качество раствора, так как он содержит много нераспустившихся частиц глины относительно высокая приводная мощность, исключающая применение ФСМ в отдаленных партиях с ограниченными энергетическими ресурсами.

Первый недостаток устраняется многократной циркуляцией раствора по схеме ФСМ — емкость — насос — ФСМ. При приготовлении глинистого раствора по такой схеме производительность ФСМ остается более высокой, чем у лопастных глиномешалок.

В Канимансурской ГРЭ С. В. Яковлевым предложена, а Э. Н. Карповским усовершенствована высокопроизводительная вихревая глиномешалка с небольшой приводной мощностью.

Глиномешалка состоит (рис. 4) из корпуса *5* с конусной нижней частью и сливным крапом *10* и кронштейна 1, на котором установлен электродвигатель *2*. Вращение от электромотора на рабочий элемент — активатор 8 (диск с ребрами на наружной поверхности) передается через вертикальный вал *6* и соединительную муфту 3. Вал крепится в верхней части к кронштейну с помощью опоры *4* с подшипниковым узлом внутри, а в нижней — фиксируется специальным опорным устройством *9*. При работе с мерзлой глиной над активатором устанавливается предохранительный конус 7.

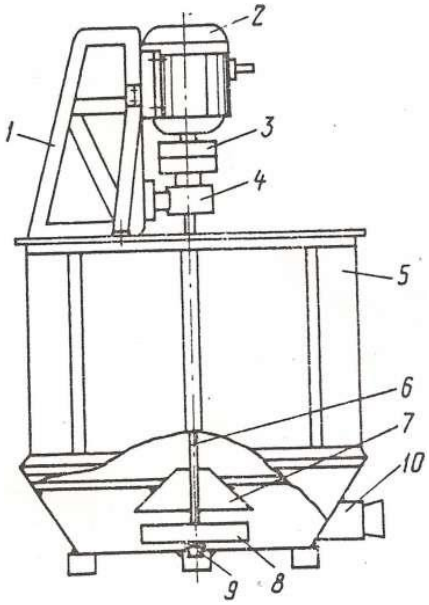


Рис. 4 Вихревая глиномешалка с вертикальным валом

При вращении активатора внутри глиномешалки создается завихрение жидкости и происходит размыв глины струями воды. Комья глины, отбрасываемые от активатора, после удара о стенки корпуса подхватываются струями раствора и вновь ударяются о ребра активатора, что способствует более интенсивному их разрушению.

Производительность вихревых глиномешалок примерно в три раза выше известных лопастных. Так, вместо 30—40 мин на приготовление 0,5 м^3 раствора из комовой глины затрачивается 10—12 мин. За счет применения электродвигателя небольшой мощности (глиномешалка емкостью 0,5 м^3 имеет двигатель мощностью 2,3 кВт) и повышения скорости приготовления раствора в несколько раз сокращается расход электроэнергии.

Вихревые глиномешалки просты по устройству и могут быть изготовлены в условиях механических мастерских экспедиций. Емкость их может быть практически любой.

Последнее время в некоторых геологоразведочных организациях применяется новая скоростная высокопроизводительная глиномешалка-диспергатор со шнековым перемешивающим устройством (рис.5**)** производительностью при механизированной загрузке до 240 м^3/сут. Габариты ее примерно в два раза меньше, чем у двухвальной глиномешалки, масса 800 кг. Принципиальная схема глиномешалки приведена на рис. 5. Она состоит из шнекового перемешивающего устройства, диспергирующих крыльчаток, вращающихся на одном валу, и броневых гребенок со сменными пропускными решетками, неподвижно закрепленных в корпусе. Общий вид профиля пропускной решетки показан на разрезе *А—А*. Регулировка производительности глиномешалки осуществляется вентилями.

Приготовление раствора производится следующим образом: глина из приемного бункера захватывается шнеком и направляется на диспергирующее устройство. Удаление твердых включении, не поддающихся диспергированию, производится через ловушку с нижней откидной крышкой. Глиномешалка может работать в замкнутом прямом и обратном цикле. Принудительная циркуляция создается вращением шнека и крыльчаток.

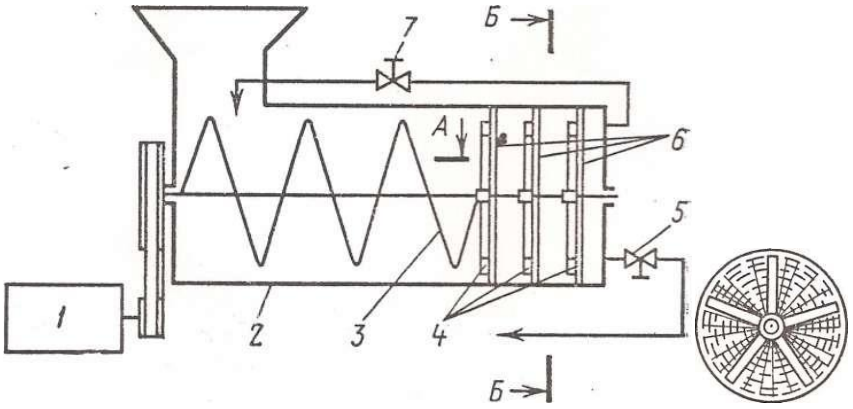


Рис. 5. Скоростная глиномешалка.

1- электромотор; 2- корпус; 3- шнековое устройство; 4- диспергирующие крыльчатки; 5- регулировочный вентиль; 6- пропускные решетки ; 7- регулировочный вентиль

Шаровые глиномешалки выпускали несколько последних лет. В качестве истирающих элементов в них применялись металлические шары. Барабан таких глиномешалок вращается, что приводит к перекатыванию шаров и истиранию твердой фазы. При более сложной конструкции производительность шаровых глиномешалок остается низкой, что и обусловило их снятие с производства.

Невысокая производительность лопастных и шаровых глиномешалок и высокая энергоемкость ФСМ вынуждают искать более приемлемые конструкции устройства, которые бы в большей мере учитывали конкретные условия работ. Так, имеются глиномешалки вихревого типа, (в которых перемешивание осуществляется по принципу, заложенному в стиральной машине), комбинированного типа, (в которых совмещены процесс предварительной пластической деформации и измельчения глины и перемешивание ее с жидкостью) и др.

2. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ПРИГОТОВЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ.

В разведочном бурении подчиненное значение имеет гидравлический способ приготовления глинистых растворов, при котором для разрушения части твердой фазы используется только кинетическая энергия струи. Устройства для гидравлического способа приготовления глинистых растворов получили название гидравлических смесителей или гидромешалок. Различают гидромониторные и эжекторные гидросмесители.

Гидромониторные глиномешалки ГСТ, ГВФТ, Папировского, Резниченко и другие используют при бурении глубоких скважин. Производительность таких гидромешалок 40—120 м^3/ч, давление жидкости перед насадками гидромониторов 4—10 МПа. Для условий разведочного колонкового бурения наиболее приемлем гидромониторный смеситель ГСТ (рис. 6)

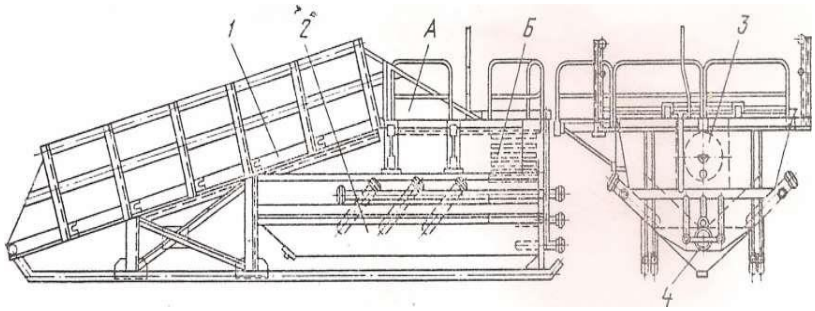


Рис. 6. Гидромониторный смеситель ГСТ.

Смеситель состоит из резервуара *2* и загрузочного трапа 1, по которому бульдозером подаются в резервуар исходные материалы. Резервуар разделен перегородкой на два сообщающихся отсека *А* и *В*. В отсек *А* встроены шесть мониторов, направленных под углом к оси резервуара. Такое расположение гидромониторов обеспечивает создание в отсеке А мощного потока, интенсивно размывающего глину.

В отсек *Б* встроены три гидромонитора. Образовавшаяся в отсеке*А* суспензия движется в отсек Б, который разделен перегородками на четыре полости. Проходя между перегородками, жидкость теряет нераспустившиеся комки глины, которые под действием трех гидромониторов возвращаются в отсек *А*. Освобожденная от комков суспензия поступает в барабанный фильтр 3, а оттуда через сливную трубу в приемный или запасной резервуар. Смеситель очищается через люк 4.

За один цикл нельзя получить высококачественный глинистый раствор, поэтому в процессе приготовления суспензия несколько раз циркулирует по замкнутому циклу буровой насос — смеситель — запасной резервуар — буровой насос до полной диспергации твердой фазы.

Производительность гидромониторного смесителя ГСТ 40 м^3/ч, объем резервуара 14 м^3, рабочее давление при работе одного насоса 4—5 МПа, двух насосов 7,5—9,5 МПа, масса 8390 кг.

Для получения глинистых растворов из комовых глин используют гидромониторную мешалку (гидросмеситель) Л. Т. Папировского (рис. 7). Она представляет собой корпус 6, имеющий форму горизонтально расположенного цилиндра, усеченного в нижней части. В корпусе на специальных опорах *2* монтируется нагнетательная линия, состоящая из нагнетательного кольца 1, с размывными трубками *3* и задвижками *9*.

Приготовление глинистого раствора осуществляется по замкнутому циклу. После заправки глиномешалки расчетным количеством глины и воды включается насос. Жидкость забирается насосом из глиномешалки по всасывающей линии и вновь поступает в нее по нагнетательной линии. Для предохранения от попадания во всасывающую линию насоса крупных комков глины в корпусе глиномешалки устанавливают две сетки 7 и *8*.

Загрузку глиномешалки глиной осуществляют при помощи бульдозера или автомашин-самосвалов. Вода подается из трубопровода или с помощью насоса.

Количество приготовленного раствора зависит от скорости истечения жидкости из размывных сопел и времени перемешивания. Количество одновременно работающих мониторов может меняться путем отключения части мониторов задвижками. Давление в нагнетательной линии должно поддерживаться в пределах 30—40 кгс/см^2. Длительность приготовления составляет 1,0— 1,5 ч.

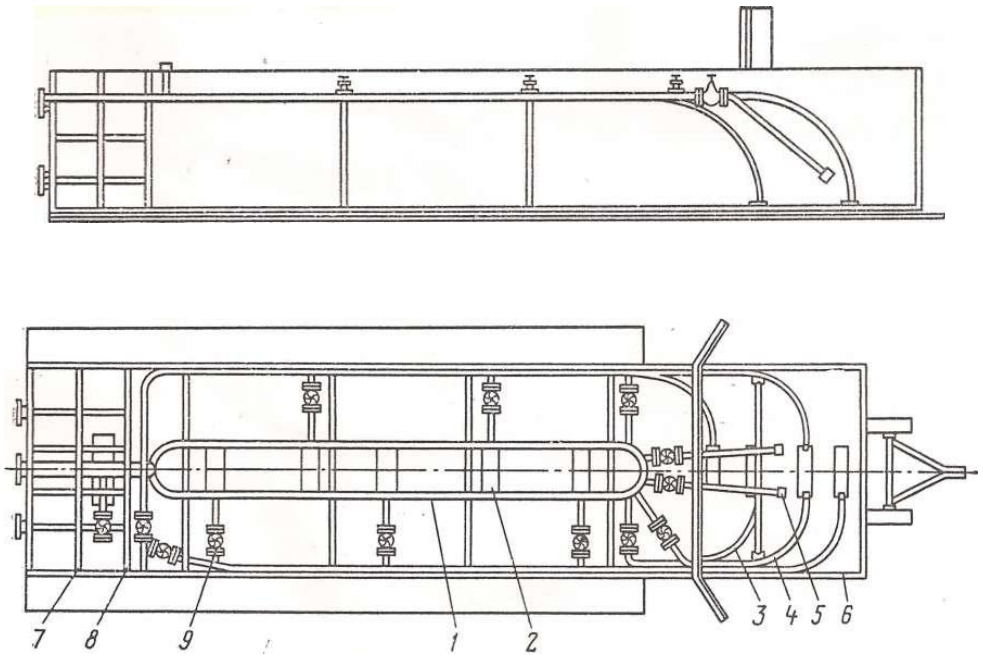


Рис. 7. Общий вид гидромониторной мешалки Л. Т. Папировского:
1 — нагнетательное кольцо гидромониторной системы; *2* — опора нагнетательного кольца; 5 —размывная трубка; *4* — водяная линия; *5* — штуцер размывной трубки; *6* — металлический корпус гидромешалки; 7 и *8* — металлические защитные сетки; *9* — задвижкавысокого давления

Емкость глиномешалок Л. Т. Папировского может быть различной (от 25 до 200 м^3). Производительность ее зависит от объема и примерно в 10—15 раз превышает производительность наиболее крупных лопастных глиномешалок МГ2-4 и Г2-П-2-4.

Для приготовления растворов из глинопорошка используются гидравлические мешалки эжекторного типа (гидроворонки). Это устройство непрерывного действия.

Гидравлические мешалки эжекторного типа (гидроворонки) используются для приготовления раствора из глинопорошка. Это — устройство непрерывного действия, наиболее распространена гидравлическая мешалка ГДМ-1 (рис. 8.). Она состоит из воронки *2* для загрузки глинопорошков, сопла 1, камеры смешения 3 и бака 5, смонтированных на общей раме 6. К соплу 1 под давлением подводится вода; при истечении ее в камере смешения образуется вакуум, благодаря чему туда засасывается порошок из воронки *2.* Образовавшаяся пульпа поступает в бак и ударяется о специальный башмак, что способствует измельчению комочков глины и более интенсивному их перемешиванию с водой. Готовый глинистый раствор сливается через выходную трубу *4* в верхней части бака. Поднимаясь вверх, раствор теряет скорость, и из него выпадают на дно нераспустившиеся комочки глины.

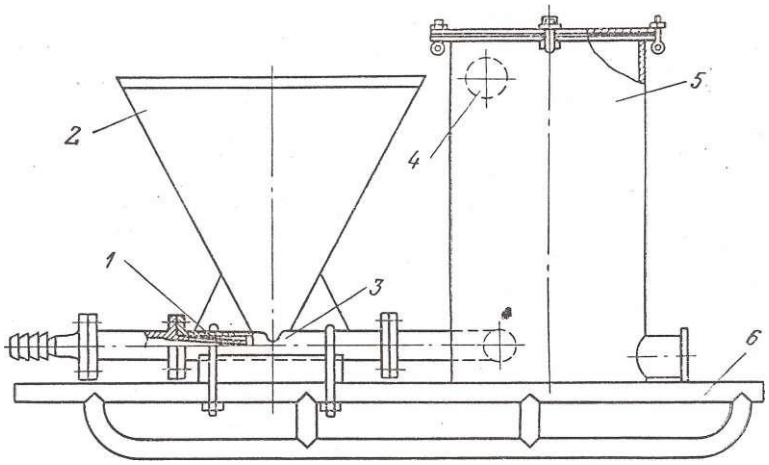


Рис. 8. Гидравлическая мешалка ГДМ-1

Имея относительно небольшие массу и габариты, гидроворонки отличаются высокой производительностью. Так, производительность гидравлической мешалки ГДМ-1 составляет по готовому раствору 70—90 $м^3$/ч при объеме воронки 0,175 $м^3$ и объеме бака 1 $м^3$. Масса гидроворонки 1120 кг.

Следует отметить, что качество глинистого раствора, приготовленного в гидроворонках, довольно низкое. Несмотря на тонкий помол, частицы глинопорошка в процессе перемешивания с водой должны пройти дальнейшее диспергирование. Однако такое диспергирование происходит недостаточно интенсивно. За счет броуновского движения происходит частичная диспергация глины, но качество раствора остается хуже, чем при приготовлении в лопастных глиномешалках.

Качество раствора может быть существенно улучшено его многократным пропуском через гидроворонку без добавления твердой фазы.

Гидроэжекторный смеситель (рис. 9.) используется для приготовления глинистых растворов из глинопорошков. Смеситель для нужд разведочного бурения серийно не выпускается. Однако в различных конструктивных вариантах изготовляется в ГРЭ, широко использующих глинопорошки. Он состоит из насадки /, загрузочной воронки *2* с клапаном $3_у$ приемной *4* и смесительной *5* камер, диффузора *6* и сливного патрубка 7. Жидкость, прокачиваемая насосом через насадку /, создает разрежение, под действием которого глинопорошок поступает в камеру гидросмесителя, где смешивается с жидкостью. Порошок может вводиться в смеситель через воронку *2* вручную.

Раствор, полученный в гидроэжекторном смесителе, для дополнительной диспергации глины должен выстоять в течение нескольких часов в приемной емкости с последующим интенсивным перемешиванием и обработкой в специальном диспергаторе.

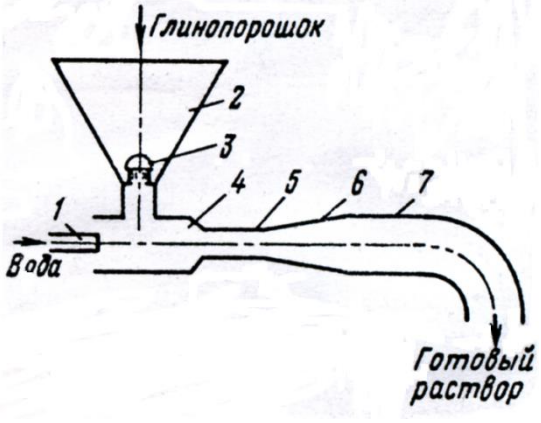


Рис. 9. Гидроэжекторный смеситель

Гидравлический диспергатор ДГ-1 (рис. 10.) состоит из корпуса с камерой 2, внутри которой помещены соосно керамические (металлокерамические, твердосплавные) насадки 3, закрепленные с помощью накидных гаек в посадочных выточках. Сверху камера закрыта глухим фланцем, открывающим доступ для смены насадок. К ней приварены входные и выходной патрубки для подачи и слива бурового раствора. Выходной патрубок *4* позволяет подсоединяться к гидроэжекторному смесителю БПР. На входной трубе 1 устанавливается задвижка высокого давления, манометр и предохранительный клапан на давление до 15 МПа.

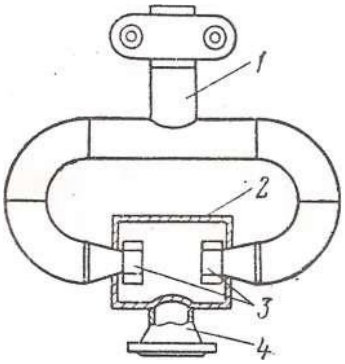


Рис. 10. Гидравлический диспергатор ДГ-1

Техническая характеристика ДГ-1

Рабочее давление, МПа ....…… ……..12 – 15
Подача по готовому буровому раствору, м^3/ч……...…15 – 20
Диаметр насадок, мм.....…….……9; 11; 13; 16
Масса, к г … … … … … … … … … … … … … … … … … … … 7 6

Принцип действия гидравлического диспергатора основан на том, что при соударении высокоскоростных встречных струй в камере ограниченного объема возникают кавитационные явления, ультразвук и другие эффекты, интенсифицирующие процессы диспергирования. Обработанные таким способом суспензии или эмульсии в последующем не изменяют своих свойств под влиянием менее мощных диспергирующих эффектов, возникающих при работе насосов, турбобуров, долот и других механизмов, в процессе бурения скважины. Кроме того, происходит дополнительное измельчение

глиноматериалов, нефти, битума, в результате чего для получения бурового раствора с одними и теми же показателями этих материалов и химических реагентов (стабилизаторов, эмульгаторов) требуется меньше.

3 СПОСОБЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДИСПЕРГАЦИИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ

Приготовление глинистых растворов в рассмотренных выше устройствах не обеспечивает полной диспергации твердой фазы. Увеличение времени перемешивания оказывается неэффективным, так как при этом резко падает производительность глиномешалок. Поэтому при необходимости глинистые растворы подвергают дополнительной обработке, пропуская их через специальные устройства — диспергаторы (иногда их называют также активаторами, дезинтеграторами). Методы диспергирования делятся на гидродинамические и механико-гидравлические.

Гидродинамическое воздействие обусловлено комплексом эффектов, из которых в качестве основных можно отметить энергию пульсирующих давлений в жидкости, взаимодействие ударных волн, гидравлический перетир слоев промывочной жидкости с твердой фазой, соударение частичек твердой фазы. Основной фактор измельчения частиц при гидродинамическом воздействии — кавитационный эффект, возникающий в поле переменного давления потока жидкости. Гидродинамическое воздействие реализуется гидравлическим, гидроакустическим и электрогидравлическим методами.

Механико-гидравлические методы воздействия осуществляются за счет энергии движущихся элементов механических устройств. Такие элементы могут быть либо свободно- движущимися телами, либо жесткозакрепленными.

В настоящее время разработаны и применяются диспергаторы различных конструкций. Примером гидравлического диспергатора является разработанное во ВНИИК нефти устройство, принцип действия которого основам па соударении двух струй жидкости, направленных навстречу друг другу.

Струйный диспергатор (рис. 11.) состоит из корпуса *8,* в который вмонтированы два патрубка *4* с насадками *6,* удерживающимися заглушками 7. Гайками 5 патрубки крепятся к корпусу. Глинистый раствор подается через тройник 1, быстроразъемные соединения 2, по изогнутым трубкам 3 к насадкам *6.* В корпусе происходит встреча потоков, обработанный раствор отводится по патрубку 9. У выходной кромки вследствие понижения давления образуются газовые пузырьки, которые, захлопываясь в зоне встречи струй, создают скачки давления, достигающие десятков и сотен МПа.

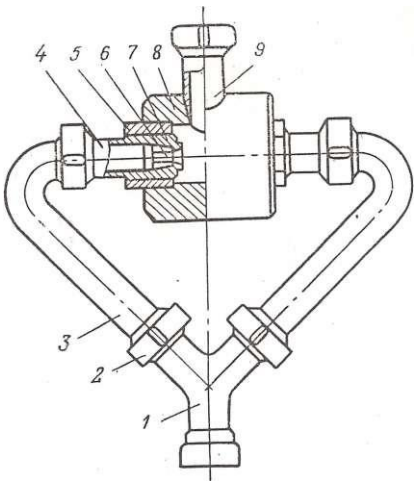


Рис. 11. Струйный диспергатор

Гидродинамический шаровой диспергатор представляет собой патрубок, заполненный стальными шарами, которые фиксируются с обеих сторон решетками. Он прост по устройству. Решетки удерживаются крышками с быстросъемными соединениями. Буровой раствор, проходя через толщу шаров, разделяется на ряд потоков, каждый из которых характеризуется множеством последовательных чередований зон повышения и понижения давления. Диспергация происходит за счет соударений частиц твердой фазы с шарами, а также вследствие кавитации.

Вихревой диспергатор ИГВ-2 (рис. 12.) представляет собой ультразвуковой излучатель. Устройство состоит из корпуса 5, в который с помощью стакана *4* вмонтирована улитка *2 с* многоходовой винтовой канавкой и осевым соплом 1. Раствор под давлением поступает одновременно через осевое сопло и по канавкам улитки, попадая в вихревую камеру 3. Закручиваясь в ней, струи жидкости образуют вихревой слой, в котором генерируется мощное акустическое поле, усиливаемое диафрагмой 5. При встрече осевого потока и вихревого •слоя за счет кинетической энергии встречных затопленных струй формируется кавитационный эффект.

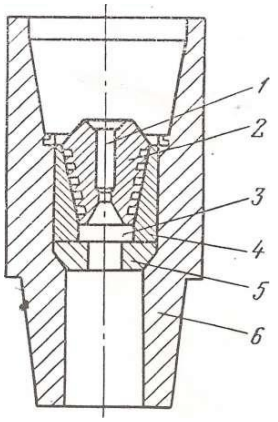


Рис. 12. Вихревой диспергатор ИГВ-2

Дисковый измельчитель (рис. 13.) состоит из корпуса 1 с подающим *2* и сливным 3 патрубками. В корпусе 1 смонтированы верхний неподвижный диск *4* и нижний диск 5, соединенный непосредственно с валом вертикально установленного электродвигателя 6. Глинистый раствор, поступая по патрубку *2* в зазоры между дисками и корпусом, приобретает вращательное движение, при котором частицы твердой фазы интенсивно истираются.

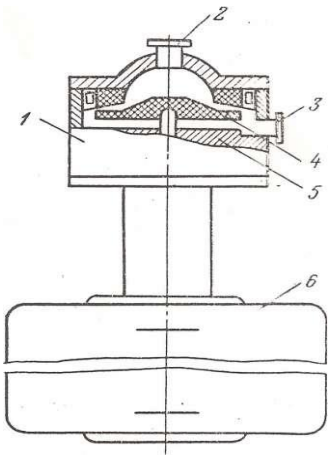


Рис. 13. Дисковый измельчитель

Гидродинамический шариковый диспергатор показан на рис. 14. Диспергация происходит за счет соударения частиц твердой фазы с шарами, а также кавитации. Избыточное давление 1—3 МПа.

Многокамерный дисковый диспергатор приведен на рис. 15. Гидродинамический режим работы диспергатора обеспечивается тем, что отверстия в дисках расположены по концентрическим окружностям с попеременным смещением в ряду.

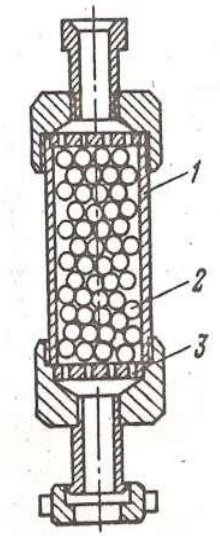


Рис. 14. Гидродинамический шариковый диспергатор
1-корпус;
2-стальные шары
3-решетки

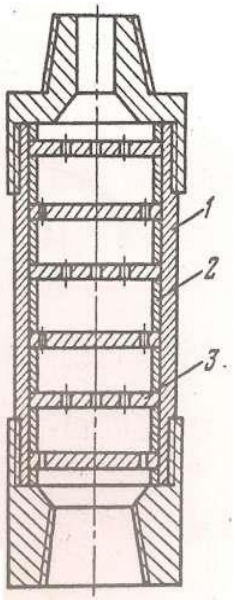


Рис. 15. Многокамерный дисковый диспергатор
1- корпус
2 – распорное кольцо
3 – диск с отверстиями

Стержневой ультразвуковой излучатель УГИ-С (рис. 16.) предназначен для улучшения и интенсифицирования процесса эмульгирования. Он состоит из цилиндрического корпуса *4* с пазами, регулировочного штока / отражателей 2 патрубка-сопла 5, штифта 3. Смесь воды и эмульгирующего реагента под давлением 0,5-0,6 МПа поступает в патрубок и с большой скоростью отбрасывается отражателем в узкую кольцевую щель сопла в виде веерообразной струи. Турбулентно обтекаяпластины жидкость возбуждает упругие колебания ультразвуковой частоты, способствующие тонкому диспергированию эмульгируемой смеси и улучшению качества эмульсионного

раствора. Спектр, упругих колебании излучателя 5-12 кГц, интенсивность колебаний (1,0-И,2)-10 Вт/м .

Для каждого диспергатора существует определенная длительность процесса, увеличение которой уже не приводит к дальнейшему диспергированию твердых частиц. Наоборот, увеличение времени воздействия на глинистые растворы, особенно при ультразвуковой обработке, вызывает обратный процесс т. е. агрегирование частиц дисперсной фазы. Оптимальное время обработки зависит от типа глины и колеблется от 8,5 мин для монтмориллонита до 4,5 мин для каолина.

Диспергаторы можно устанавливать в нагнетательной линии циркуляционной системы скважин; на буровой установке в качестве самостоятельного аппарата с индивидуальным приводом или приводом от бурового насоса; входить в качестве узла в состав комбинированных установок для приготовления глинистых растворов (например, в агрегате АПР-I совместно с гидромониторным смесителем).

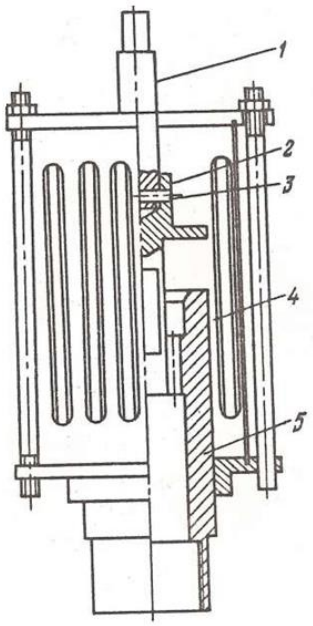


Рис. 16. Стержневой ультразвуковой излучатель УГИ-С

Все рассмотренные устройства могут использоваться и для приготовления прочих промывочных жидкостей.

4. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ И ЭМУЛЬСИОННЫХ РАСТВОРОВ

Некоторые полимеры трудно растворяются в воде, поэтому приготовление раствора из них сводится к постепенному уменьшению их концентрации, Так, при использовании ПАА сначала исходный 8%-ный реагент разбавляют до 1%-ной концентрации, а затем добавляют в воду до заданной концентрации. Для механизации процесса приготовления применяют различного рода устройства. На рис. 17 показана установка для приготовления полимерных растворов ППР, разработанная ВИТРом.

Установка представляет собой бак 5, заключенный в водяную рубашку 4 с нагревательными элементами *2.* В баке смонтировано лопастное устройство 3 с электродвигателем 7 для перемешивания компонентов. Дополнительное

перемешивание осуществляется вихревым^ насосом 11.через систему трубопроводов. Компоненты загружают через устройство 6, которым управляют с пульта Р, расположенного в шкафу 10. Для регулирования температуры, которая контролируется термометром 8, служит температурное реле 1.

Техническая характеристика установки ППР

Полезная вместимость бака, $м^3$……..……..…….0,25
Вместимость бака водяной рубашки, $м^3$……....0,12
Частота вращения перемешивающего устройства, об/мин…….955
Потребляемая мощность, кВт:
нагревательными элементами……..…….……10,5
электродвигателем перемешивающего устройства……..4,0
электродвигателем насоса……1 , 5
Габариты, мм:
длина ..... ……..……2090
ширина ..... …….……920
высота.....……..…..1740
Масса, кг……450

Время приготовления раствора 1,5—3%-ной концентрации из желеобразного ПАА составляет 15—25 мин, а из сухого гранулированного без предварительного замачивания — 2—3 ч. Установка ППР позволяет осуществлять гидролиз ПАА.

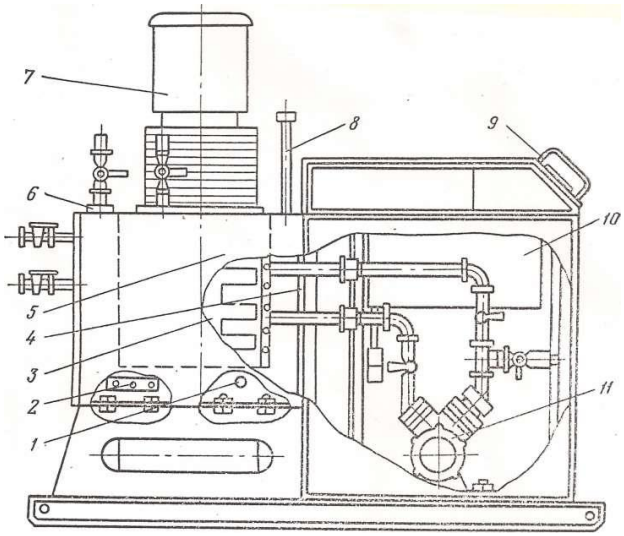


Рис. 17. Установка для приготовления полимерных растворов ППР

Наряду с глиномешалками широко распространены ультразвуковые генераторы. Установка на базе ультразвукового генератора (рис. 18.) отличается простотой, экономичностью, относительно высокой производительностью. Приготовление эмульсий на ней производится следующим образом.

В бак 3 установки (см. рис. 18.), смонтированной на раме 1, заливается вода (или другая исходная жидкость), а в маслобак *4* — концентрат-эмульгатор, например мылонафт. Концентрат подогревается с помощью тепло-электронагревателя 7 до 50— 60 °С. Затем включается насос *2,* из бака 3 по всасывающему трубопроводу *8* в насос поступает эмульгируемая жидкость, а из маслобака по маслопроводу 9— концентрат. Образующаяся смесь подается в гидродинамический излучатель 6, а получаемая эмульсия из приемного бака *5*

отводится в емкость. Затем эмульсия дозируется в соответствии с заданной концентрацией и подачей насоса в процессе эмульгирования.

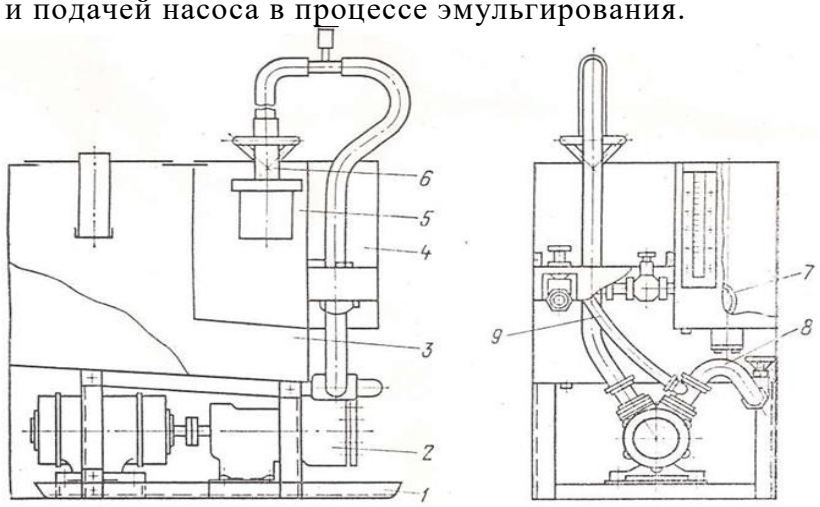


Рис. 18. Ультразвуковая установка для приготовления эмульсионных промывочных жидкостей

Принцип работы используемого в установке ультразвукового генератора (рис. 19.) заключается в следующем. Смесь исходной промывочной жидкости с эмульгируемым составом нагнетается насосом под давлением 0,6—0,8 МПа и поступает в зазор между насадкой *2* и отражателем *4.* Выходя из зазора веерообразной струей, жидкость ударяется о пластины 5, закрепленные в дисках 3 и *6.* Упругие колебания, образующиеся в результате завихрений жидкости, усиливаются резонансными колебаниями пластин и передаются в окружающую среду. Изменяя величину зазора между насадкой и отражателем- с помощью штурвала 7, можно получить разную толщину выходящей струи смеси и настроить излучатель на оптимальный режим работы. Излучатель помещается в корпусе 1 и соединяется с нагнетательной линией с помощью муфты *8.*

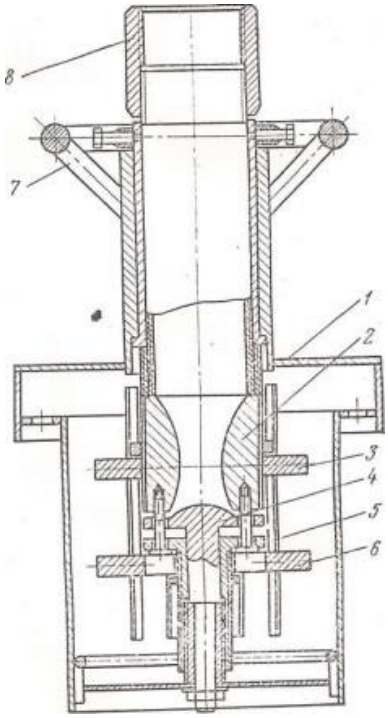


Рис. 19. Ультразвуковой генератор

Установка для приготовления эмульсионных растворов УЭМ-5 разработана в ИГО «Красноярскгеология». Она предназначена для приготовления тонкодисперсных эмульсий. Установка УЭМ-5 (рис. 20) выполнена в виде автономного агрегата, состоящего из насоса , электродвигателя 15, трехпозиционного крана 14, фильтра 13, всасывающего трубопровода 2, бака для воды 2, всасывающего трубопровода для эмульсола крана 4у бака для эмульсола 7, тройника 5, соединенного с излучателем 5, установленного в приемной камере 9, водонагревательного бака 6, уровнемеров 10 и 11 и пульта контрольно-измерительной аппаратуры.

Принцип действия установки заключается в следующем. При работе насоса 1 из бака 12 по всасывающему трубопроводу 2 (или непосредственно из водоема) поступает вода, а из бака 7 — разогретый концентрат (эмульсол). Смесь воды и концентрата через тройник 5 поступает в излучатель 5, где под действием ультразвукового эффекта в приемной камере 9 образуется тонкодисперсная эмульсия.

Установка УЭМ-5 при необходимости может быть использована для приготовления эмульсий непосредственно на скважине.

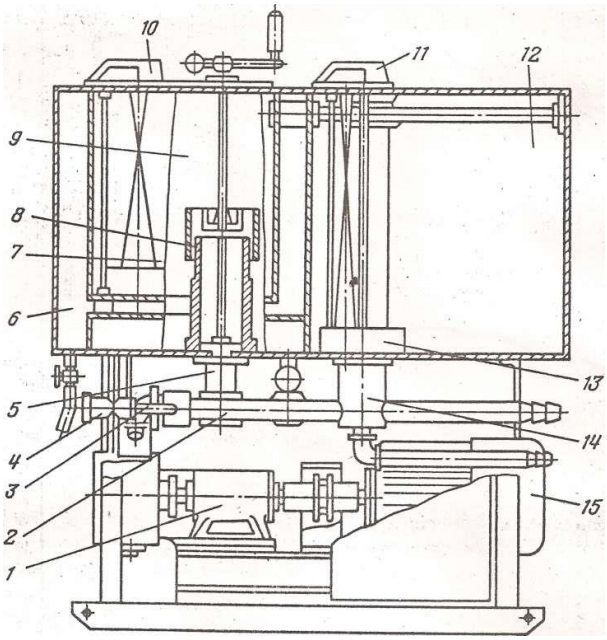


Рис. 20. Установка для приготовления эмульсионных растворов УЭМ-5

Техническая характеристика установки УЭМ-5

Производительность (для эмульсий 1-1.5 %-ной концентрации), $м^3$/ч…….5
Тип излучателя…….гидродинамический стержневой (УГИ-С)
Частота возбуждаемых колебаний, кГц…….……6-20
Давление на излучателе, МПа…….……...……...……..0,5
Объем бака, $м^3$:
для воды……...…….0,25
для эмульсола……..……..……..0,05
Мощность, кВт:
электродвигателя…….…….…5,5
нагревателя ТЭН……..…….……7,5
Габариты, мм:
длина…….…….1000
ширина……..……700
высота……..……...……..1500
Масса, кг……...…….350

5. ПЕРЕМЕШИВАТЕЛИ

Основная функция перемешивателей — не допустить расслоения бурового раствора и обеспечить равномерное распределение его компонентов во всем объеме циркуляционной системы. Для приготовления, обработки и циркуляции бурового раствора в практике бурения скважин применяют гидравлические и механические перемешиватели.

5. 1 Гидравлические перемешиватели

Отечественная промышленность выпускает гидравлические перемешиватели трех типов: 4УПГ, ПГ и ПГС. Перемешиватель 4УПГ (рис. 21) состоит из корпуса *2*, вращающегося в тройнике *3* ствола *4* и закрепленной на консоли ствола насадки *5*. Подвижные сочленения выполнены таким образом, что ствол с насадкой имеет возможность поворачиваться в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, обеспечивая тем самым любое направление струи посредством рукоятки 1.

Техническая характеристика перемешивателя 4УПГ

Рабочее давление, МПа	4,0
Диаметр сменной насадки, мм	16; 20; 30; 40
Расход жидкости, л/с	15—90
Габариты, мм	335x170x2200
Масса, кг	33,5

Раствор подается буровым или центробежным насосом по манифольду в корпус гидравлического перемешивателя, откуда через тройник и ствол поступает к насадке. Здесь поток существенно ускоряется и с высокой скоростью выбрасывается из насадки. Поворачивая ствол за рукоятку, оператор направляет струю бурового раствора в застойные и наиболее отдаленные от приема насоса зоны, тем самым обеспечиваются вовлечение всего объема бурового раствора в циркуляцию, гомогенизации раствора, диспергирование твердой фазы и эмульгирование жидких компонентов при приготовлении эмульсионных растворов.

Принцип работы перемешивателя ПГ такой же, как и 4УПГ, однако перемешиватель ПГ позволяет фиксировать с помощью двух пальцев положение монитора по отношению к корпусу и корпуса по отношению к приемному патрубку. Для этой цели к приемному патрубку и к корпусу приварены диски с отверстиями. Угольник монитора и приемный патрубок фиксируют в корпусе от осевого перемещения при помощи шариков, которые выполняют также роль подшипников качения. В связи с тем, что основные детали перемешивателя литые, масса его в 1,5 раза меньше массы перемешивателя 4УПГ.

Техническая характеристика перемешивателя ПГ

Наибольшее рабочее давление, МПа	6,0
Диаметр сменной насадки, мм	20; 25; 30; 40
Габариты, мм	273x160x2000
Масса, кг	23,8

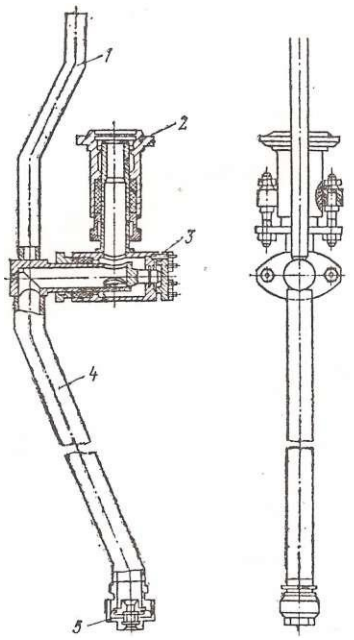


Рис. 21. Гидравлический перемешиватель 4УПГ

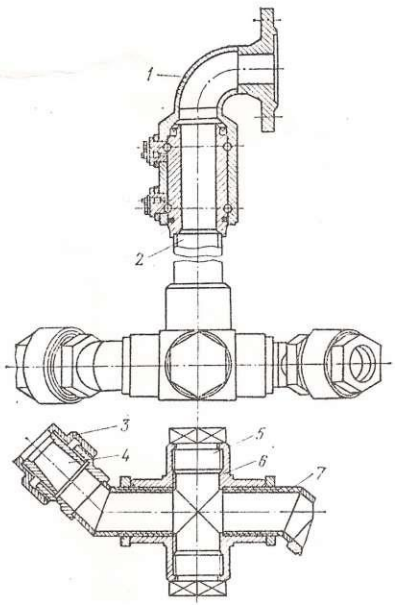


Рис. 22. Гидравлический перемешиватель ПГС

Гидравлический самовращающийся перемешиватель ПГС (рис. 22.) перемешивает жидкость без вмешательства оператора. Он состоит из приемного патрубка 7, ствола *2,* крестовины *6*, двух колен 7 с резьбовыми ниппелями, сменных насадок 4, закрепляемых с помощью накидных гаек 3. Сочленение ствола с приемным патрубком осуществляется при помощи специального шарикового подшипника. Крестовина присоединяется к нижней части ствола при помощи резьбы. Два конца крестовины заглушены пробками 5, а к двум другим (противолежащим) подсоединены колена с насадками.

Техническая характеристика ПГС

Наибольшее рабочее давление, МПа.....4,0
Диаметр, мм:
сменных насадок 20; 25; 30; 40
окружности, описываемой вращающимися коленями 480
Высота, мм 1777
Масса, кг.....38

Буровой раствор, нагнетаемый насосом в ствол перемешивателя, с большой скоростью вытекает из насадок в противоположных направлениях. Возникающая при этом реактивная пара сил заставляет вращаться крестовину в подшипнике, в результате чего изменяется направление действия струи с некоторой постоянной скоростью, зависящей от рабочего давления, развиваемого насосом, и реологических свойств бурового раствора. Крестовина вращается против часовой стрелки.

Основной недостаток перемешивателя типа ПГС – направление действия струи бурового раствора изменяется только в одной плоскости.

5.2 Механические перемешиватели

Для циркуляционных систем буровых установок отечественной промышленностью выпускаются механические перемешиватели ПМ, $ПМ_4$, $ПМ_2$, $ПЛ_1$, $ПЛ_2$.

Механический перемешиватель ПМ (рис. 23.) состоит из мотор-редуктора который крепится болтами к опоре 2, установленной на сварной раме 3, промежуточного вала 4, закрепленного на валу мотор-редуктора при помощи пальцевой муфты, лопастного вала *5* и перемешивающего органа *6.* Промежуточный вал установлен в двух шариковых подшипниках, расположенных в верхнем и нижнем концах цилиндрического корпуса, прикрепленного жестко к раме 3. Подшипники защищены от внешних воздействий и загрязнении кожухом, который при варен к фланцу промежуточного вала и вращается вместе с ним.

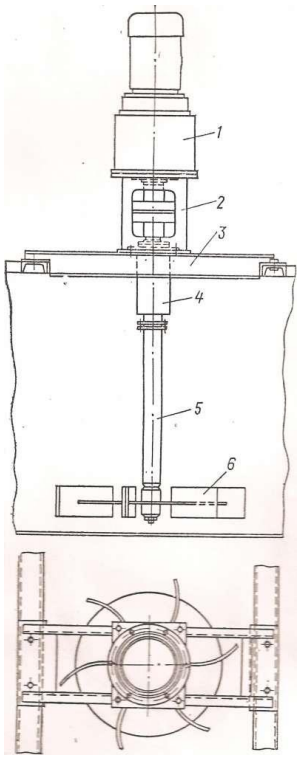


Рис. 23. Механический перемешиватель ПМ

Сварная рама ПМ устанавливается на верхней площадке емкости циркуляционной системы так, что зазор между лопастями и дном емкости составляет не менее 90 мм. На каждую емкость (или отдельный отсек) циркуляционной системы устанавливают, как правило, два механических перемешивателя.

На $ПМ_1$ установлен взрывозащищенный электродвигатель, а $ПМ_2$ отличается от описанного отсутствием цилиндрической опоры и пальцевой муфты.

В настоящее время налажен:» серийное производство наиболее совершенных механических перемешивателей ПЛ1 и $ПЛ_2$ (рис. 24.). Главным преимуществом их является то? что они оснащены комбинированным турбинно-пропеллерным перемешивающим органом, позволяющим значительно повысить эффективность перемешивания буровых растворов. Кроме того, их конструкция упрощена, а вместо дефицитного мотор-редуктора МПО2-15В-5,5/45,5 используются редукторы массового производства.

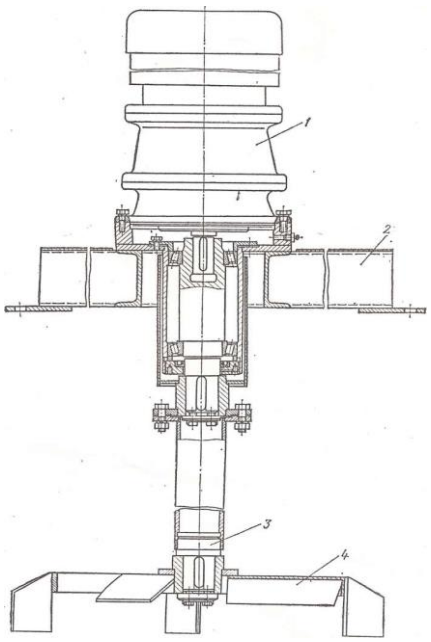


Рис. 24. Механическийперемешиватель с турбинно-пропеллерной мешалкой:
1 — мотор-редуктор; 2 — основание; *3*— вал; *4* — мешалка

Техническая характеристика механического перемешивателя

Шифр……..ПМ
Привод перемешивателя……мотор-редуктор МПО2-15В-5,5/45,5
Тип электродвигателя…….……..АО-42-4
Мощность электродвигателя, кВт……..…….…….5,5
Передаточное число планетарного редуктора……..…….32,1
Скорость вращения вала с лопастями, об/мин……..……45,5
Диаметр лопастей мешалки, мм……..……..……..950
Габаритные размеры, мм:
длина .....…….……1430
ширина ....……...……950
высота…….…...3262
Масса, кг……..……477

5.3. Перемешиватели, выпускаемые зарубежными фирмами

Зарубежные фирмы выпускают гидравлические перемешиватели, называемые гидравлическими пушками, трех, разновидностей.

Неподвижный перемешиватель, состоящий из патрубка диаметром 125—200 мм, внутри патрубка установлена насадка, питающаяся от нагнетательного трубопровода циркуляционной системы. Использование патрубка увеличивает эффективность действия струи, вытекающей из насадки. Неподвижные перемешиватели монтируют у дна резервуаров. Обычно монтируют два перемешивателя в двух противоположных углах резервуара. Насадки перемешивателей направлены параллельно продольным стенкам резервуара. Таким образом создаются условия: для вращения слоя жидкости, ограниченного стенками резервуара, а по высоте — эффективностью действия струй.

Фирма «Пенрод дриллинг компани» монтирует неподвижные перемешиватели посередине резервуара на расстоянии 450 мм от дна.

Самовращающиеся гидравлические перемешиватели, использующие для вращения реактивное действие вытекающих из насадок струй, благодаря чему осуществляется равномерное интенсивное перемешивание жидкости в плоскости насадок (рис. 25).

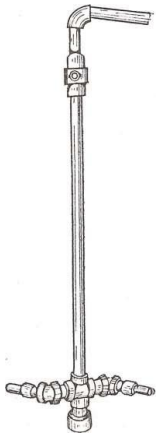


Рис. 25. Самовращающийся гидравлический перемешиватель.

Фирма «Сосьетэ де форажпетролье» применяет вращающиеся перемешиватели в прямоугольных резервуарах емкостью по 24 м^3. В каждом резервуаре установлено по четыре перемешивателя, две насадки в каждом. Диаметр насадок 32 мм. Насадки укреплены на вращающейся трубе на расстоянии 300 мм от дна и наклонены под углом к горизонту вниз. Такое их расположение, по данным фирмы, приводит к образованию турбулентных потоков, направленных от дна резервуара кверху.

При этом газ, имеющийся в жидкости, выносится этими потоками на поверхность, воздух же не проникает в жидкость. По данным той же фирмы, описанная установка при скорости вращения насадок 60 об/мин способна за 3 мин привести в однородное состояние 24 м^3 промывочной жидкости плотностью 2 г/см^3, которая перед этим оставалась в покое в течение 3 сут.

Поворотные гидравлические перемешиватели изготовляют двух типов — одношарнирные и двухшарнирные. На (рис. 26) показан двухшарнирный перемешиватель фирмы «Демко», установленный на буровой установке «Айдекопиньёпи». Перемешиватель состоит из трубы с рукояткой, на конце трубы смонтирована сменная насадка, двух шарниров с фиксирующими дисками и приемного патрубка, смонтированного на пусковой задвижке. Благодаря наличию двух шарниров труба с помощью рукоятки может направляться оператором в любую точку резервуара. Наличие фиксирующих дисков с пальцами позволяет оператору зафиксировать трубу с насадкой в любом положении.

Фирма «Лайтнин» (США) изготовляет механические перемешиватели двух типов —лопастные (рис. 27.) и пропеллерные.

Перемешиватели приводятся от электродвигателей мощностью от 2 до 15 л. с. Перемешиватели крепятся на резервуарах или желобах в вертикальном положении, при этом лопасти вращаются в горизонтальной плоскости. Скорость вращения лопастного вала составляет около 60 об/мин. Наружный диаметр лопастей колеблется от 700 до 1200 мм. В зависимости от диаметра лопастей выбирают мощность приводного электродвигателя.

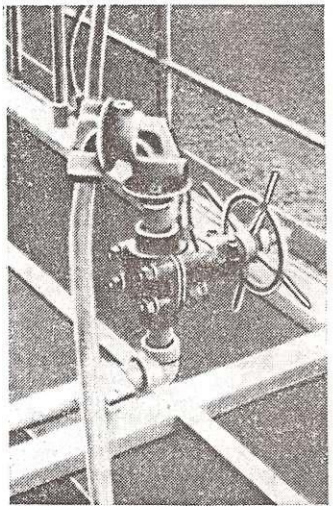


Рис. 26. Двухшарнирный гидравлический перемешиватель фирмы «Демко»

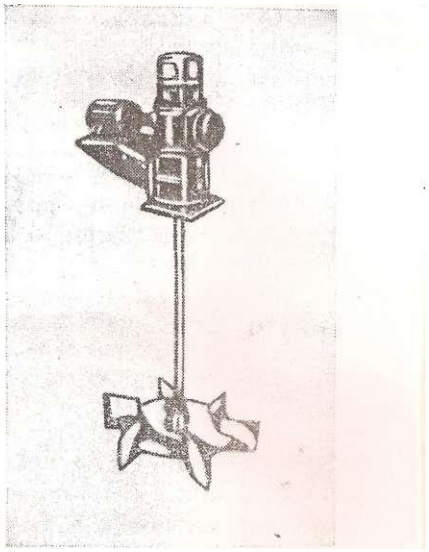


Рис. 27. Лопастной механический перемешиватель фирмы «Лайтнин»

У перемешивателей, устанавливаемых на желобах, предусматриваются лопасти диаметром менее 700 мм. Нижняя кромка лопастей отстоит от дна резервуара или желоба на 50— 100 мм.

6. ГИДРОАКУСЧТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ РАЗРАБОТАННЫЕ НА КАФЕДРЕ “ТТР МПИ”

6.1. Малогабаритная многосекционная роторная мельница «ММР-2»

Целью настоящей разработки конструкции мельницы с лопастным ротором явилась необходимость повышения степени измельчения и однородности твердой фазы в приготовлении суспензии роторными мельницами. Другой задачей явилось обеспечение предварительного измельчения крупных кусков исходной твердой фазы приготовляемых суспензий.

Работает мельницы следующим образом (рис. 28): исходный материал например, крупно-комовая глина непрерывно подается в загрузочный бункер 1, одновременно в мельницу подается жидкая фаза по трубопроводу 16. Крупные куски твердого материала проходят предварительное измельчение на более мелкие фракции между дисками 14 и лопастями 10 первой ступени ротора, т.е. предварительное измельчение твердой фазы невозможно без вращения ротора. При этом за счет свободного поворота дисков на оси 13 и наличия на них зубцов (или выступов) происходить смена режущих кромок в зазоре между дисками 14 и лопастями 10. Отсюда, в процессе измельчения участвуют все режущие кромки, расположенные по окружности дисков, и длительное время они остаются острыми, не затупляются из-за их значительной протяженности.

Вращаясь, диски 14 одновременно очищаются зубьями гребенки 15. Струя жидкости, истекая под давлением из сплошной щели трубопровода 16, дополнительно промывает диски. Дисками, очищенными от кусков налипшего или застрявшего между ними твердого материала, производится наиболее эффективно предварительное измельчение. Независимое друг от друга свободное вращение дисков обеспечивает наилучшее прохождение и измельчение более крупных кусков твердого материала.

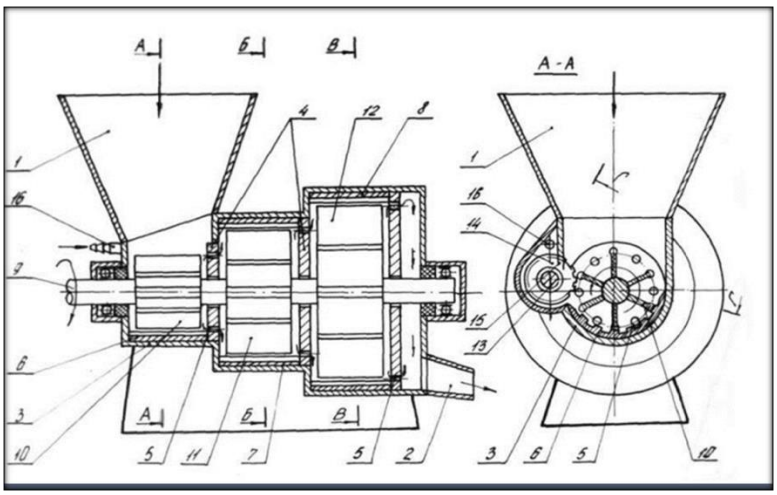


Рис. 28. Конструктивная схема роторной мельницы «ММР-2»

Пройдя стадию предварительного измельчения, твердая фаза продолжает измельчаться лопастями 10 о ребристую поверхность ударной плиты 6. Затем полученная в первой секции корпуса 3 крупнодисперсная пульпа под действием центробежных сил (а значит и давления пульпы), возникающих во вращающемся потоке, по сквозным отверстиям 5, расположенным в боковой стенке 4, поступает во вторую секцию. Во второй и последующей секциях крупнодисперсная пульпа претерпевает более тонкое измельчение, после чего готовая суспензия по отводному лотку 2 выводится наружу. Малый диаметральный размер первой секции корпуса 3 позволяет увеличить силовое усилие лопасти для раздавливания твердых комков исходного продукта измельчения, и , наоборот увеличения размеров последующих секции обеспечивает лучшее измельчение твердой фазы крупнодисперсной пульпы (приготовление в первой секции) при больших окружных скоростях движущегося потока пульпы в зонах измельчения (находящихся между ребристой поверхностью ударных плит 7,8 и периферийными кромками лопастей 11,12). Последовательное измельчение в первой, второй и третьей секциях позволяет получить суспензию однородной по фракционному составу и значительно повысить степень измельчения ее твердой фазы.

Производительность описанной мельницы выше известных в 2, 3 раза и более (в зависимости от числа секции корпуса). Она обеспечивает быстрое и качественное приготовление больших объемов буровых растворов, что позволяет уменьшить простой и осложнения при бурении скважин и получить существенный экономический эффект. Далее, уменьшается рабочая площадь глинозаводов, поскольку данная мельница заменяет несколько известных роторных мельниц типа «ФСМ». Более эффективно измельчение мельницы сокращает расход электроэнергии в 1.2-1.3 раза.

Техническая характеристика многосекционной роторной мельницы.

Вид измельчаемого материала……любая горная порода
Крупность кусков исходного материала (в поперечнике), мм.до 100/150
Производительность , $м^3$/час……..……до 30
Частота вращения лопастного ротора в минуту……1000
Диаметр лопастного ротора, мм:
первой ступени……...30
второй ступени……..…….....50
третьей ступени…….…….....70
Длина лопастного ротора, мм……..……..1100

Потребляемая мощность, кВт…… ……20

Габаритные размеры, м

Длина…… ... ….……200

Ширина…… …….. …….1600

Высота……..…….. .1050

Масса (без электродвигателя), кг……..……420

6.2. Барабанный измельчитель.

Конструктивные особенности барабанного измельчителя в отличие от всех других устройств гидромеханического типа, применяемых для приготовления буровых промывочных жидкостей, позволяют реализовать в нем принципиально новый и эффективный способ диспергации глинистого материала. Отличие заключается и в расширении функциональных возможностей; разработанный измельчитель работает не только в качестве диспергатора, он осуществляет транспортирование промывочной жидкости, т.е. одновременно выполняет функцию перекачивающего насоса.

Принципиальная конструктивная схема измельчителя представлена на рис. 29: а- продольный разрез устройства; б- сечение по А-А. Барабанный измельчитель имеет цилиндрический корпус 1 с приводом и станину 2.внутри корпуса 1 соосно ему неподвижно закреплен на станине 2 рабочий орган, содержащий два параллельно расположенных диска 3 и 4. В центре диска 3 выполнено отверстие, соединенное посредством полой оси 5 с разгрузочным патрубком 6.

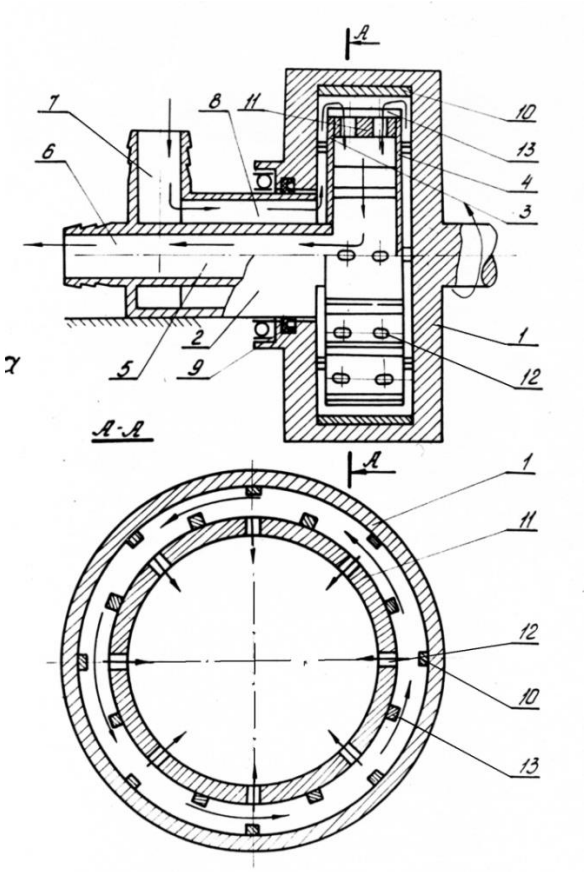


Рис.29. Конструктивная схема барабанного измельчителя.
а- продольный разрез; б- сечение по А-А.

1- цилиндрический корпус; 2- станина; 3- диск; 4- диск; 5-полая ось; 6-разгрузочный патрубок; 7- загрузочный патрубок;8- кольцевые каналы; 9- герметизирующее устройство; 10- продольный ребра; 11- кольцевая муфта; 12- отверстия; 13- износостойкие вставки.

Загрузочный патрубок 7 соединен с внутренней полостью корпуса 1 с помощью кольцевых каналов 8, размещенных в станине 2. Для герметизации внутренней полости корпуса между ним и станиной 3 установлено герметизирующее устройство 9, в виде сальникового уплотнителя.

На внутренней поверхности корпуса 1 смонтированы продольные ребра 10, а диски 3 и 4 по периферии соединены между собой герметично кольцевой муфтой 11. В муфте 11 выполнены отверстия 12, сообщающие зону измельчения с внутренней полостью рабочего органа. Муфта 11 армирована с наружной поверхности износостойкими вставками 13.

Измельчитель работает следующим образом. Вращательное движение от привода передает корпусу 1, вследствие чего наступающая через кольцевые каналы приготавливаемая промывочная жидкость под действием центробежной силы отжимается к периферии корпуса 1, где образует высокоскоростной круговой поток. Ребра 10 на внутренней поверхности корпуса 1 способствуют лучшему захвату поступающей жидкости вращающимся корпусом 1, в результате чего по всей цилиндрической внутренней поверхности корпуса 1 создается круговой поток. Двигающийся высокоскоростной поток в результате взаимодействия с нормально расположенными к его оси вставками 13 тормозится. В результате происходит диспергация глинистых частиц промывочной жидкости, которая характеризуется процессом объемного их разрушения.

Одновременно в результате торможения потока происходит относительное смещение его движущихся слоев, следовательно Постоянное смещение диспергируемых частиц относительно друг друга и воздействие на них центробежной силы, возникающей во вращающемся круговом потоке, вызывает между ними интенсивное трение, что приводит к их разрушению. Из зоны диспергации приготовленная промывочная жидкость по отверстиям 12 поступает во внутреннюю полость рабочего органа. Выгружается приготовленный продукт через отверстие в диске 3, канал полой оси 5 и разгрузочный патрубок 6.

Техническая характеристика барабанного измельчителя.

Вид измельчаемого материала…….....…….глина бентонитовая
Степень измельчения (линейный размер частиц), м;
исходная……..……..10^{-4}
минимальная……..……...10^{-6}
Производительность по глиноматериалу, $м^3$/ч…….……1
Потребляемая мощность, кВт……...…….6
Угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с…….104,6
Статический напор потока на выходе измельчителя ,МПа……..…0,2
Габариты , мм : ширина……...……800
длина…….……1200
высота…….650
Масса (без привода), кг…….……....……..158

6.3. Струйная вихревая мельница.

Разработанная струйная вихревая мельница конструктивно отличается от других подобных устройств, работающих по принципу гидродинамических генераторов тем, что содержит два когерентных источника звуковых колебаний, соединяющихся общим выходным каналом. Такое отличие позволило интенсифицировать процесс измельчения твердой фазы озвучиваемых буровых промывочных жидкостей за счет удвоения энергии звуковой волны.

Конструкция мельницы представлена на рис. 30. Мельница состоит из двух полых цилиндрических вихревых камер 1, снабженных тангенциально расположенными насадками 2 входного 3 и выходного 4 патрубков. Между вихревыми камерами 1 и выходным патрубком 4 помещены шайбы 5 с калиброванными отверстиями. В конструкции выходного патрубка 4 предусмотрена возможность расположения здесь приемника звуковых колебаний 6 для измерения параметров работы мельницы.

Мельница работает следующим способом. В полость вихревых камер 1 по тангенциальным насадкам 2 поступает обрабатываемая промывочная жидкость, подаваемая насосом через входной патрубок 3 мельницы. В камерах 1 поступающая жидкость раскручивается, образуя так называемый первичный вихрь. За счет вязкостного трения получает вращательное движение промывочная жидкость, которая уже находилась в полости камер, образуя вторичный вихрь. Вакуумизация осевой части вторичного вихря в полости камеры 1 вызывает поступление сюда жидкости из выходного патрубка 4, в результате чего происходит гидравлический удар с повышением давления в полости камеры до значения звукового. После рассеивания избыточного давления, т.е. после единичного звукового импульса, процесс повторяется.

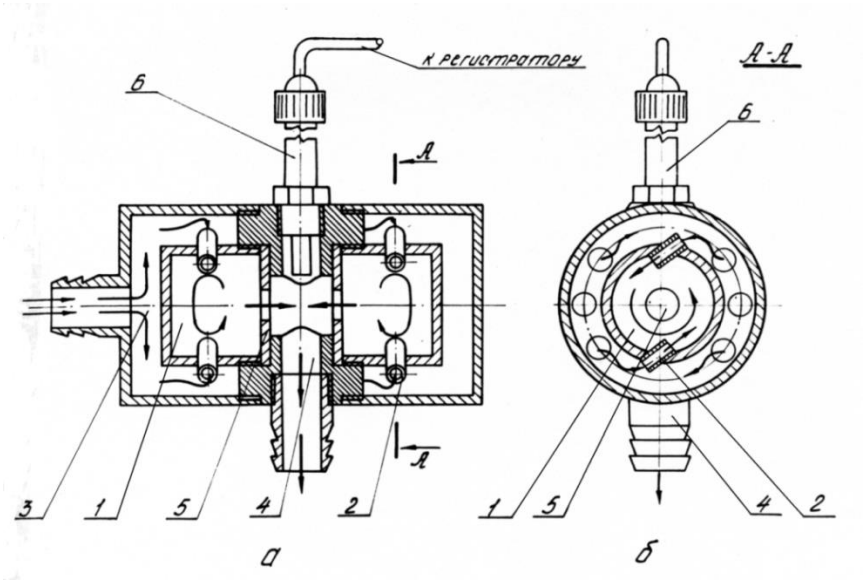


Рис. 30. Конструктивная схема струйной вихревой мельницы.
а-продольный разрез; б- сечение по А-А.
1-вихревая камера; 2- насадки; 3- входной патрубок; 4- выходной патрубок;
5- калибровочные шайбы; 6- приемник звуковых колебаний.

Техническая характеристика струйной вихревой мельницы.

Вид измельчаемого материала……...…….глина бентонитовая
Степень измельчения (линейный размер частиц), м
исходный…….....…….……10^{-6}
минимальный…….…….....…….10^{-7}
Производительность по сухому глиноматериалу, $м^3/ч$…….....0,5
Удельный затраты энергии на привод, $кВт/м^3$…….…….....2,4
Давление пульпы, МПа:
на выходе…….……...…….0,4
на входе……...…….4,4
Частота генерируемых звуковых колебаний, кГц……..……..…20

Амплитуда звукового давления генерируемой волны, МПа…….....0,12
Диаметр вихревой камеры, мм……...……..100
Габариты, мм длина……...……..….600
ширина…….…….……..…..420
высота……...……720
Масса мельницы, кг…….…….…….80

6.4. Гидродинамическая роторная мельница ГРМ-2

Обработка промывочных жидкостей с целью дальнейшей диспергации твердой фазы под воздействием гидроакустических колебаний в последнее время находит широкое применение. Одновременно остается не решенной задача измельчения и диспергирования различных видов глиноматериала с высокой степенью дисперсности конечного продукта до 10^{-5} - 10^{-7} м. Такая задача может быть успешно решена лишь при совмещении в одном устройстве двух известных способов диспергирования: механического и гидродинамического.

Целью настоящей разработки гидроакустической роторной мельницы ГРМ - 2 является повышение эффективности измельчения путем дополнительного ослабления связей между частицами твердого материала, за счет воздействия на исходный продукт гидроакустическим полем в процессе его измельчения в рабочей камере мельницы механическим способом. Общий вид гидроакустической мельницы показан на рис. 35.

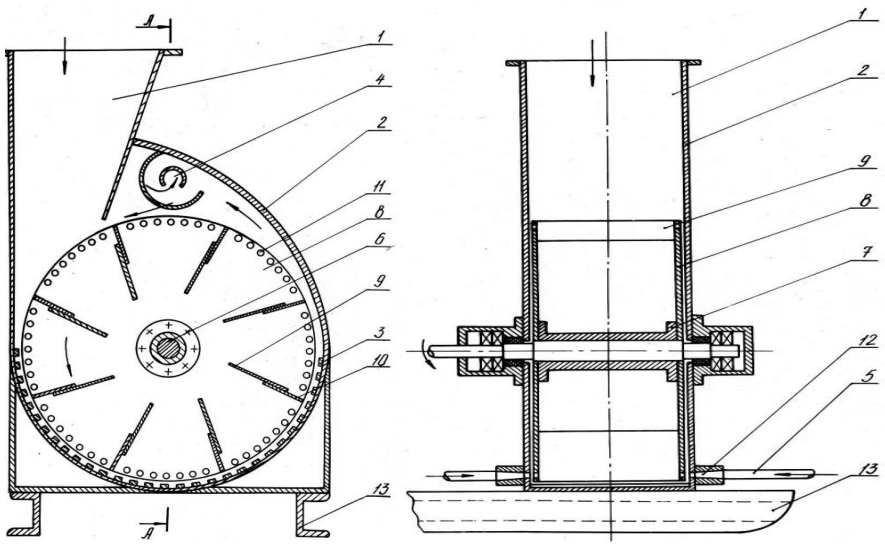


Рис. 35. Гидроакустическая мельница “ГРМ -2”

1 - загрузочный бункер; 2 - корпус; 3 - ударная плита; 4 - выходной патрубок; 5 - трубопровод; 6 - вал; 7 - соединительная втулка; 8 - диск; 9 - лопасти; 10 - насадки; 11 - отверстия; 12 - сопла; 13 - рама,

Мельница состоит из загрузочного бункера 1, корпуса 2, внутри которого размещен горизонтальный лопастной ротор, ударная плита 3, выходной патрубок 4 трубопровода 5 для подачи жидкой фазы. На валу 6 ротора через соединительную втулку 7 жестко закреплены диски 8, между которыми установлены лопасти 9 со сменным насадками 10. На периферии дисков 8 по окружности выполнены отверстия 11, напротив которых в боковых стенках корпуса 2 установлены сопла 12, соединенные с трубопроводом 5 для подачи жидкой фазы в мельницу. Корпус мельницы с приводом установлен на раме 13.

Работает мельница следующим образом. Исходный материал, например, комовая глина, подается в бункер I. Затем исходный материал захватывается лопастями 9 и, попадая на ударную плиту 3, измельчается силовым усилием лопастей. Одновременно по трубопроводу 5 подается под давлением (до 2,0 - 5,0 МПа) жидкая фаза, например, вода, которая, истекая из сопел 12 с высокой скоростью через отверстия 11 в дисках 8, попадает в зону измельчения, расположенную между кромками лопастей 3 и ударной плитой 3, Поскольку диски 8 вращаются вместе с лопастями 9, то струя жидкости, истекающая из сопел 12, периодически прерывается; при этом достигается частота порядка 1500-2000 Гц. В результате в зоне измельчения предложенной мельницы возникает мощное гидроакустическое поле. В это поле лопастями ротора подаются все новые и новые порции твердого материала. При этом исходный твердый материал одновременно с силовым разрушающим воздействием лопастей ротора подвергается мощным звуковым колебаниям, передаваемым жидкой средой в зону измельчения. Данные колебания резко ослабляют связи между твердыми частицами, вследствие чего материал легко разрушается от силового воздействия лопастей ротора. Измельчаемый твердый материал вместе с жидкой фазой в виде суспензии выводится наружу через выходной канал 4. Подача глиноматериала лопастями 9 ротора в зону измельчения делает процесс разрушения материала непрерывным [3]. Техническая характеристика гидроакустической роторной мельницы МГР-2 представлена в таблице.

Техническая характеристики измельчительной машины “ГРМ-2”

Вид измельчаемого материала	Глина, мел, барит, слюда и др.
Линейный размер частиц, м:	
Исходный, не более	0,05
Конечный	10^{-6} … 10^{-7}
Производительность по глиноматериалу, $м^3/ч$	1,5…2,0
Частота генерируемых гидроакустических колебаний в рабочей камере, Гц	1500…2000
Потребляемая мощность, кВт	28
Габаритные размеры, мм	
высота	1720
длина	1340
ширина	1065
Масса без электродвигателя, кг	280

Благодаря высокой эффективности измельчения в данной гидроакустической мельнице в несколько раз сокращается число циклов повторного прохождения суспензии через мельницу для измельчения твердого материала до требуемой фракции. В результате производительность мельницы увеличивается в 2-4 раза по сравнению с известными роторными мельницами. Это особенно важно для быстрого и качественного приготовления промывочных жидкостей при бурении скважин в сложных геологических условиях.

6.5 Многоступенчатая струйно-вихревая мельница “СВМ - 3”

В предлагаемой измельчительной машине реализован перспективный принцип постадийного измельчения исходного продукта. Разработанная мельница конструкции “СВМ – 3” отличается от аналогичных конструкций тем, что позволяет на порядок

повысить дисперсность приготавливаемых суспензий при одновременном снижении энергозатрат на 30-40 % на работу устройства. Мельница предназначается для активации промывочных жидкостей после их длительного хранения и дополнительного диспергирования грубодисперсных промывочных жидкостей. Конструкция струйной вихревой мельницы поясняется чертежами на рис.36.

Мельница состоит из герметичного корпуса 1, выполненного в виде барабана с входным 2 и выходным 3 патрубками, расположенными по оси корпуса 1 с противоположных торцов. Внутри корпуса 1 размещен смеситель, выполненный из группы последовательно расположенных дисков 4 и 5, которые жестко прикреплены к корпусу 1 перпендикулярно его оси. В дисках 4 и 5 в направлении от входного 2 к выходному 3 патрубку выполнены отверстия 6 и 7 с определенной последовательностью. Первый диск 4 имеет периферические отверстия 6, второй диск 5 - центральные отверстия 7. Корпус 1 выполнен с возможностью вращения, которое передается от двигателя (на чертеже он не показан) с помощью клиноременной передачи через шкив 8, установленный на входном патрубке 2. Для обеспечения возможности вращения корпуса 1 входной 2 и выходной 3 патрубки установлены в опорах на радиальных самоустанавливающихся подшипниках 9.

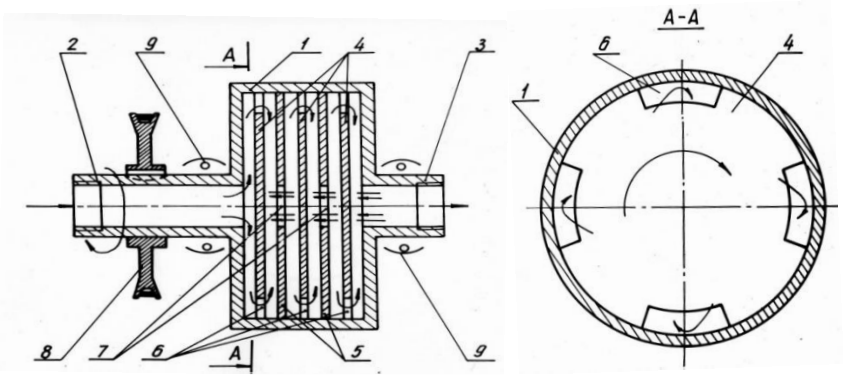


Рис. 36. Струйная вихревая мельница для активации промывочной жидкости СВМ-3
1 - корпус; 2 - входной патрубок; 3 - выходной патрубок; 4 и 5 - диски; 6 и 7 - отверстия; 8 - шкив; 9 - подшипники.

Работает мельница следующим образом.

Во внутрь вращающегося корпуса 1 по входному патрубку 2 через вертлюг (на чертеже не показан) непрерывно под давлением подают крупнодисперсную пульпу. Здесь пульпа, двигаясь по зазору между торцом корпуса 1 и диском 4 и через периферические отверстия 6, благодаря наличию сил трения внутри жидкости, раскручивается и приобретает частоту вращения, равную частоте вращения корпуса 1. Во вращающемся потоке происходит измельчение твердой фазы пульпы. Кроме того, пульпа, раскручиваясь в корпусе 1, под действием центробежных сил, возникающих во вращающемся потоке, прижимается к боковым стенкам корпуса 1. В результате этого в центре вращающегося потока около отверстия 7 диска 5 образуется зона разряжения. С одной стороны, в зону разряжения из отверстия 7 устремится часть пульпы, с другой стороны сюда по зазору между дисками 4 и 5 пульпа поступает непрерывно. Вследствие этого объем вращающегося потока возрастает, и пульпа стремится выйти по зазору между дисками 4 и 5, в результате происходит гидравлический удар встречных потоков. Одновременно с этим давление в зазоре между дисками 4 и 5 возрастает, в результате чего происходит выброс части пульпы через отверстие 7 в сторону выходного патрубка 3. А в центре вращающегося потока около отверстия 7 опять возникает зона разряжения и процесс повторяется с высокой частотой, достигая звукового или ультразвукового диапазонов. Так как смеситель мельницы выполнен в виде группы дисков, то пульпа, двигаясь через него, периодически и многократно подвергается колебаниям с высокой частотой, а твердая фаза интенсивно разрушается. Это повышает эффективность измельчения и

позволяет с высокой производительностью осуществлять приготовление буровых промывочных жидкостей [3]. Техническая характеристика многоступенчатой струйно-вихревой мельницы СВМ - 3 представлена в таблице.

Техническая характеристика измельчительной машины СВМ-3

Параметры	Значения
Вид измельчаемого материала	Крупнодисперсная пульпа
Линейный размер частиц, м:	
Исходный, не более	10^{-5}
Конечный	10^{-7} … 10^{-8}
Производительность по глиноматериалу, $м^3/ч$	18…20
Частота генерируемых гидроакустических колебаний в рабочей камере, Гц	20000
Потребляемая мощность, кВт	18
Габаритные размеры, мм	
высота	650
длина	1340
ширина	720
Масса без электродвигателя, кг	176
Статистический напор потока, МПа:	
на выходе	0,4
на входе	4,5
Амплитуда звукового давления генерируемой волны, МПа	0,12

6.6 Многоступенчатая микромолотковая мельница для приготовления механоактивированных буровых растворов

Важным резервом повышения производительности бурения скважин и сокращения сроков разведки месторождений полезных ископаемых является правильный выбор технологии бурения, в том числе вида и качества промышленных жидкостей с высокой степенью механоактивации исходных компонентов. При этом для приготовления таких механоактивированных промывочных жидкостей используются самые разнообразные по физико-механическим свойствам сходные компоненты из твердых материалов: глина, мел, барит, гипс, доломит, гематит, торф, целлюлозосодержащие твердые материалы и другое минеральное и органическое сырье. Исходя из этого для качественного и производительного приготовления механоактивированных промывочных жидкостей необходимо использовать энергонапряженнную измельчительную технику, обеспечивающую высокий потенциал передачи механической энергии мелющих органов измельчаемому продукту. Особенно это требование важно, как показывает практика, для разрушения при измельчении вязких и пластичных материалов с высокими деформационными характеристиками физико-механических свойств.

Учитывая вышеизложенное, на кафедре ТТР МПИ разработана новая технология энергонапряженного измельчения минерального и органического сырья с повышенным диапазоном величин прочностных и деформационных параметров физико-механических свойств этих твердых материалов. Причем конструкция измельчительного устройства, реализующая данную технологию измельчения, выполнена с учетом технологических и эксплуатационных требований приготовления высококачественных

буровых промывочных жидкостей из самых разнообразных исходных компонентов. Основными задачами разработки предлагаемой технологии измельчения многоступенчатой мельницей микромолоткового типа являлось повышение эффективности измельчения и однородности по степени дисперсности готового продукта путем создания условий для последовательного перемещения всей массы материала через зоны наиболее интенсивного измельчения, а также увеличение долговечности работы мелющих тел.

Измельчительная машина (рис. 37.), реализующая предлагаемую технологию измельчения, представлена на рисунке. Она содержит камеру дробления 1, два вертикально установленных ротора на валах 2 и 3 с дисками 4. В дисках 4 на окружностях разного диаметра выполнены отверстия 5, в которых установлены оси 6 с размещенными на них пакетами длинных 7 и коротких 8 молотков. В некоторых местах вместо них установлены молотки 9 в форме лопастей. Количество лопастей, их размещение в пространстве камеры дробления и угол установки по отношению к потоку определяются свойствами материала и заданной степенью его измельчения. Камера дробления 1 снабжена входным 10 и выходным 11 каналами. Молотки 7 и 8 упрочнены по всей поверхности, например, путем цементирования, борирования, нитрирования и т. д., так, что толщина неупрочненной части составляет 40 % от общей толщины молотка, обычно равной 2-3 мм. По мере износа молотков их переставляют на новые места крепления так, чтобы сохранился заданный наружный диаметр молотков, установленных на роторе.

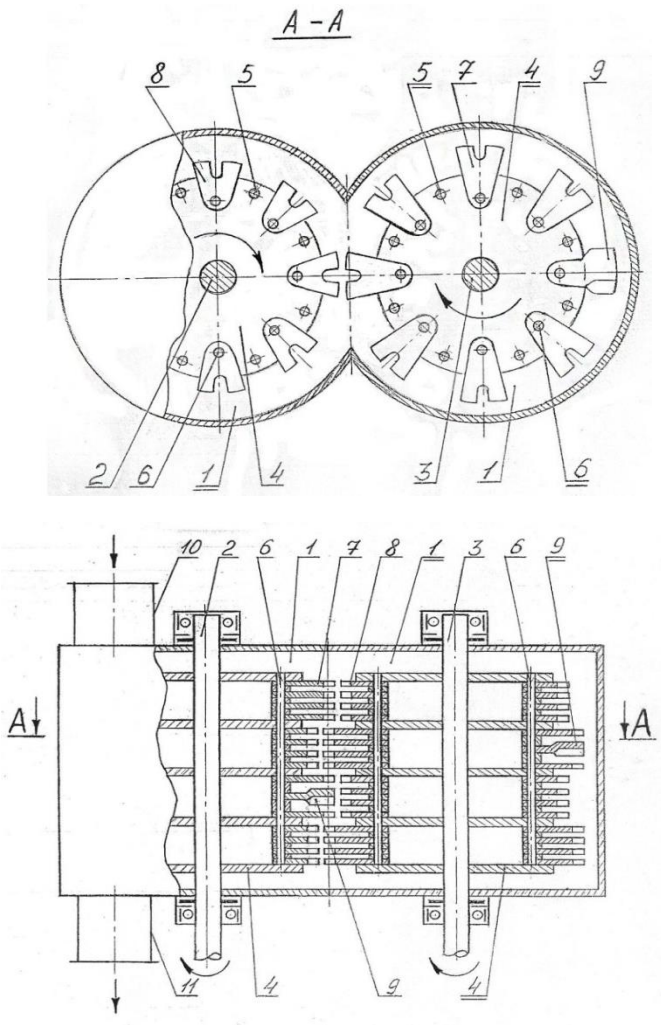


Рис. 37. Схема многоступенчатой микромолотковой мельницы конструкции МММ-2.

При работе устройства измельчаемый материал через входной канал 10 подается в верхнюю часть камеры дробления 1 к пакету длинных молотков 7 ротора на валу 2, вращающегося в одном направлении с ротором на валу 3. Измельчаемый и перемещаемый этими молотками в кольцевом пространстве вокруг ротора на валу 2 материал поступает в зону встречного движения молотков 7 и 8, где интенсивно измельчается благодаря удвоенной скорости взаимодействия частиц материала с молотками в стесненных условиях и полностью перемещается в кольцевое пространство вокруг ротора на валу 2 за счет окружной скорости потока, большей, чем окружная скорость потока материала в кольцевом пространстве вокруг ротора на валу 3. По мере измельчения молотками 8 частицы материала под действием силы тяжести опускаются к нижележащему пакету длинных молотков 7 ротора на валу 3, и процесс измельчения повторяется аналогичным образом до тех пор, пока материал не достигнет самого нижнего пакета коротких молотов 8, после чего измельченный материал поступает в нижний выходной канал 11. Скорость перемещения продукта в зоне измельчения регулируют путем варьирования количеством на роторах молотков 9 и направлением угла атаки их лопастей.

Предлагаемая конструкция многоступенчатой микромолотковой мельницы МММ-2 имеет следующие технические данные.

Вид материала	Глина, барит, доломит, известняк, цемент, полевой шпат, слюда, тальк, древесный и каменный уголь, доменные шлаки и др.
Линейный размер частиц, м: исходного продукта конечного продукта	 (2-10)*10-3 (5-20)*10-6
Степень измельчения	30-50
Число единовременно протекающих актов разрушения твердого материала в измельчительной машине, с-1	(1,1-1,4)*104
Общее количество ударных рабочих элементов, шт.	2240
Тип системы охлаждения	Водяное
Потребляемая мощность, кВт	75
Производительность, т/ч	1,0-1,5
Габариты, мм	3200x2150x1650
Масса, кг	3950

Проведенные стендовые исследования опытного образца многоступенчатой молотковой мельницы МММ-2 показали высокую эффективность ее работы при измельчении материалов с различными прочностными и деформационными свойствами (глина комовая, барит, гематит, каменный уголь, торф и т. д.). Это позволяет рекомендовать ее для эксплуатации в различных геологоразведочных организациях при приготовлении весьма разнообразных по составу буровых промышленных жидкостей, поскольку помимо высокой эффективности измельчения твердых материалов данная мельница обеспечивает высокую степень массообмена (т. е. перемешивания) при измельчении. Наконец, предлагаемая конструкция мельницы МММ-2 может найти широкое применение при получении высокодиспергированных пульп и порошков различных технологических материалов в горно-обогатительной, химической, строительной и других отраслях промышленности.

6.7 Лопастной механоактиватор “ЛМА-2М”

Мокрый метод механоактивации дисперсных систем является наиболее технологичным при реализации в полевых условиях, с целью повышения вяжущих свойств тампонажных буровых растворов. Поэтому разработка новых высокоэффективных методов данного вида механоактивации дисперсных систем вяжущих материалов является актуальной проблемой, особенно при цементировании нефтегазовых скважин.

Эффективность мокрого метода механоактивации тампонажных смесей на основе цементов авторами предварительно исследовалась в лабораторных условиях. Выполнение лабораторных работ включало в себя предварительную активацию исходных вяжущих, из которых готовятся исследуемые тампонажные смеси, а затем активировались сами смеси. В качестве вяжущих использовались цементы следующих марок: М200; М300; М400.

Активация вяжущих осуществлялась путем мокрого механического сверхтонкого измельчения лабораторными лопастными активаторами до размеров частиц преимущественно от 10 до нескольких микрон с удельной поверхностью до 0,6-0,8 $м^2$ /г. Пробы были изготовлены из цементного теста, подвергшегося вышеуказанному гидромеханическому воздействию. Мокрая механоактивация растворов производилась на протяжении разных интервалов времени (20, 40, 60 мин.).

Анализ результатов лабораторных исследований подтверждает эффективность мокрого метода механоактивации вяжущих (предел прочности цементного камня на сжатие $\sigma_{сж}$ увеличивается на 30-40 %) и необходимость существенного увеличения энергонапряженности процесса механоактивации вяжущих. Для повышения эффективности мокрой механоактивации, как показали лабораторные исследования, целесообразно повышение скорости движения измельчающей среды. Это возможно осуществить в закрученных потоках жидкости.

Закрученный поток формирует поле центробежных массовых сил и обладает следующими специфическими особенностями:

- в случае формирования кольцевых закрученных потоков без механического воздействия на него рабочих органов измельчительного аппарата успешно решается проблема чистого помола, так как в кольцевом закрученном потоке реализуется процесс самоизмельчения;
- поток имеет соизмеримые значения осевой, вращательной и радиальной составляющих скорости;
- поток имеет продольный и поперечный градиенты статического и полного давления;
- поток имеет существенное значение градиента скорости в поперечном сечении; отличается высоким уровнем турбулентных пульсаций;
- осуществляет активное и консервативное воздействие центробежных сил на поток.

Закрученные потоки эффективно используются во многих механизмах для реализации сложных процессов.

Принцип работы предложенного способа, работающего в режиме самоизмельчения в кольцевом закрученном потоке, поясняется эскизом на рисунке 1.

Устройство, с помощью которого реализуется предлагаемый способ измельчения твердых материалов (рис.38), состоит из цилиндрического горизонтального корпуса 1 с футеровкой 2 внутренней его поверхности, загрузочного бункера 3 и выгрузочного патрубка 4 с регулировочным краном 5. Внутри корпуса 1 соосно размещен ротор, содержащий вал 6 с подшипниковыми опорами 7, две ступицы 8, на которых закреплены лопасти 9 с одинаковым зазором 10 между периферийной кромкой лопасти 9 и поверхностью футеровки 2 корпуса 1.

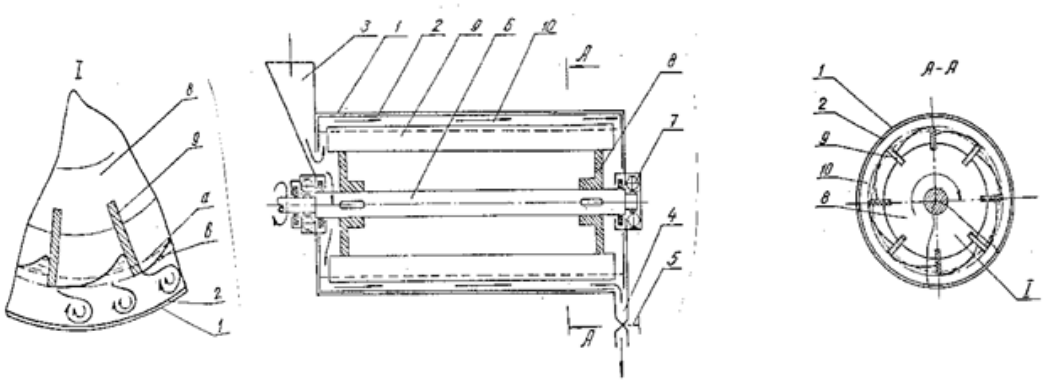


Рис. 38. Схема лопастного механоактиватора “ЛМА-2М”

Измельчение твердых материалов по предлагаемому способу осуществляется следующим образом.

При вращающемся роторе исходный продукт подается в рабочую камеру в виде пульпы с крупностью кусков от 1 до 10-15 мм при водотвердом отношении в пределах от 0,5 до 1,5. Вращающиеся лопасти 7 ротора механически формируют внутри корпуса кольцевой закрученный поток с усредненной внутренней поверхностью S'. При этом лопасти 7, вращаясь с высокой скоростью, порядка 1500-3000 об/мин, интенсивно деформируют внутреннюю поверхность кольцевого потока до некоторой граничной области S''. В результате такой деформации во всем объеме кольцевого потока на всю его толщину возникают завихрения, обладающие повышенными турбулентными характеристиками. Твердый материал при этом активно взаимодействует друг с другом и с лопастями 7 ротора, измельчаясь вследствие малого значения водотвердого отношения измельчаемого продукта. Кроме того, находясь в области активного протекания кавитационных процессов в закрученном потоке, материал также эффективно разрушается. В процессе работы устройства необходимая толщина закрученного кольцевого потока устанавливается регулировочным краном 5. Проходя через рабочую камеру, исходный продукт в виде текучей пульпы измельчается и выводится наружу через выгрузочный патрубок 4.

Предлагаемое водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 обеспечивает высокую степень взаимодействия твердых частиц друг с другом и рабочими органами, например, лопастями вышеприведенного устройства, что способствует существенному повышению интенсификации разрушения твердых частиц путем их истирания. При этом во встречных закрученных потоках, имеющих, как известно, высокие скорости вращения, твердые частицы дополнительно разрушаются при соударении друг с другом.

Процесс механической активации дисперсных систем возможно интенсифицировать двумя путями: за счет увеличения доли динамической составляющей разрушающей нагрузки и за счет увеличения количества единовременно протекающих актов разрушения, что обеспечивает сокращение интервалов времени между двумя последовательными актами. Реализация намеченных путей может быть достигнута только при высоких скоростях движения рабочих органов и их количестве в устройстве. Однако ключевым условием эффективности измельчения по предложенному способу, как показали экспериментальные исследования, является водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 %. Это вполне отвечает требованиям приготовления буровых тампонажных растворов, в том числе при цементировании нефтегазовых скважин. Экономически внедрение предлагаемой разработки в производство, по мнению авторов, является крайне актуальным.

6.8 Малогабаритная щеточная мельница ММЩ-2М для приготовления буровых промывочных жидкостей

Разработанная щеточная мельница отличается от других измельчителей механического типа, применяемых для приготовления буровых промывочных жидкостей тем, что процесс измельчения глиноматериала осуществляется за счет непрерывного разрушения его поверхностного слоя щеткой ротора. Как показали теоретические исследования, затраты энергии на измельчение глиноматериала в мельницах со щеточным вооружением ротора гораздо ниже, чем в мельницах с лопастным ротором, где процесс разрушения материала носит объемный характер.

Конструктивная схема разработанной щеточной мельницы представлена на рис. 39. Мельница состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 с приемным бункером 2 и выходным каналом 3. Цилиндрические стенки внутри полости корпуса 1 покрыты футированной поверхностью 4. По оси в корпусе 1 размещен ротор 5, выполненный в виде щетки 6, охватывающий вал 7 ротора 5 по всей длине. Между валом 7 и щеткой 6 ротора 5 выполнен кольцевой канал 8. В его нижней части соосно с валом 7 установлена потоконаправляющая труба 9 с окнами 10, закрепленная с корпусом 1. Вал ротора 5 снабжен шнеком 11, расположенным внутри потоконаправляющей трубы 9.

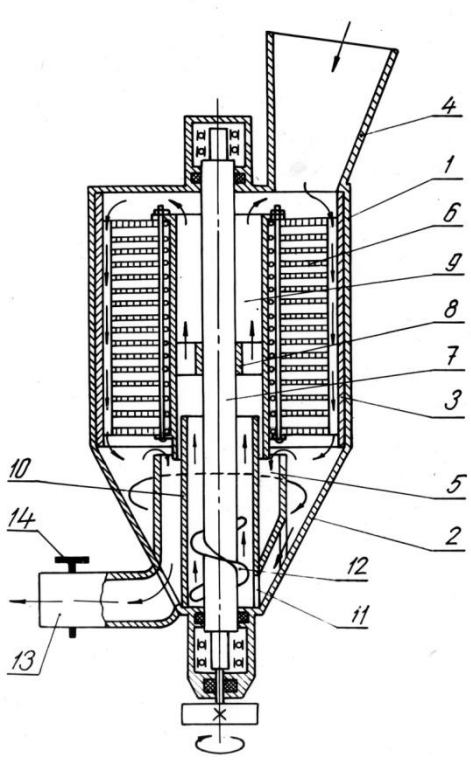


Рис.39. Схема щеточной мельницы ММЩ-2М.

Мельница работает следующим образом. В корпус 1 через приемный бункер 2 производится непрерывная подача твердой и жидкой фазы приготавливаемой буровой промывочной жидкости. Перемещаясь в корпусе 1 сверху вниз глиноматериал подвергается разрушению и одновременно перемешивается с жидкой фазой под воздействием щеток 6 вращающегося ротора 5. В нижней части корпуса 1 мельницы происходит разделение потока приготавливаемой промывочной жидкости. Приготовленная жидкость (глиноматериал измельчен до частиц заданного линейного размера) отводится из корпуса 1 через выходной канал 3. Недоизмельченные частицы твердой фазы, линейный размер

которых больше задаваемого, осаждаются в нижней части корпуса 1 мельницы. Отсюда они подхватываются движущимся потоком жидкости, который создается шнеком 11 и перемещаются через окна 10 по полости потоконаправляющей трубы 9 и кольцевому каналу 8 к верхнему пространству корпуса 1,т.е. в исходное положение.

Разработанная конструкция щеточной мельницы позволяет производить разделение измельчаемого глиноматериала по фракциям и выводить из рабочей полости готовую промывочную жидкость с частицами твердой фазы, измельченными до заданной степени дисперсности. Это способствует сокращению непроизводительных затрат энергии на осуществление процесса приготовления бурового раствора, т.к. практически конструкция мельницы исключает процесс переизмельчения.

Затраты мощности $N_{щ}$ на привод мельницы складываются из затрат мощности на осуществление процесса измельчения $N_{щ}^{/}$, на преодоление вязкостного трения $N_{в}$ при вращении ротора мельницы в среде приготавливаемой промывочной жидкости и на транспортирование $N_{т}$ недоизмельченного глиноматериала в рабочей полости мельницы

$$N_{щ}=N_{щ}^{/}+N_{в}+N_{т} \quad (1)$$

Затраты мощности $N_{щ}^{/}$ на осуществление процесса измельчения определяются производительностью $Q_{щ}$ мельницы по глиноматериалу и величиной удельной энергии $E_{щ}$, затрачиваемой на измельчение единицы его объема.

$$N_{щ}^{/}=E_{щ}*Q_{щ} \quad (2)$$

Затраты мощности на преодоление вязкостного трения при вращении ротора мельницы в среде приготавливаемой промывочной жидкости определяется как

$$N_{в}=\frac{200\mu в\omega 2\pi}{1}((R_{щ}^{4}-Ч_{щ}^{4})*2/Z_1+(h_{щ}*R_{щ}^{3})/Z_2) \quad (3)$$

где μ- динамический коэффициент вязкости приготавливаемой промывочной жидкости;

ω- угловая скорость вращения ротора;

$R_{щ}$ и $Ч_{щ}$- радиусы рабочей полости и ротора мельницы;

$h_{щ}$- длина ротора;

Z_1 и Z_2 - зазоры, соответственно, между торцевыми поверхностями ротора и верхней и нижней крышками корпуса, и между щеткой ротора и футированной поверхностью корпуса.

Затраты мощности $N_{т}$ на транспортирование недоизмельченного материала в рабочей полости определяется как

$$N_{т}=2,72Q_{т}*q_{р}*h_{щ}*K_{т}(W+1) \quad (4)$$

где $Q_{т}$- производительность транспортирования шнеком;

$K_{т}$- коэффициент учитывающий потери на трение ($К_{т}$=1,3-1,5);

q- постоянная (q=9,82);

W- опытный коэффициент сопротивления при перемещении материала шнеком (W=1,9-2,3)

$$Q_{т}=1800\pi^{2}D_{в}^{2}\psi h_{в}£ \quad (5)$$

где $D_{в}$- диаметр шнека;

ψ- коэффициент заполнения шнека (ψ=1);

$h_{в}$- шаг винта шнека;

£- коэффициент, учитывающий влияние угла наклона оси шнека к горизонту на его производительность (при $\delta= 90^{0}$,£=0,4).

Решение уравнений (3), (4) и (5) при следующих конструктивных параметрах: $\mu=10^{-4}$Нс/м^2; ω=104,86 рад/; $R_{щ}$= 0.25м и $Ч_{щ}$=0.24м; Z_1=0.25 м и Z_2=0.81 м; $h_{щ}$=0.6 м.;$D_{в}$=0.15 м; $h_{в}$=0.07 м, дало следующие численные значения:$N_{в}$=6.88 кВт; $N_{т}$=1.77 кВт при $Q_{т}$=16.11 м^3/ч.

Затраты энергии на привод мельницы без учета затрат на осуществление процесса измельчения составляет 8,65 кВт*ч. В зависимости от степени измельчения S и подачи $Q_{щ}$

материала в мельницу общие затраты мощности, необходимые для осуществления процесса измельчения будут изменяться от 9,0 кВт до 12,5 кВт.

Техническая характеристика мельницы:

Вид материала……..глина бентонитовая
Линейный размер частиц ,м; исходная…….0,1
минимальная……..10^{-4}
Производительность, $м^3$/ч……..……16
Мощность, кВт*ч…….……..12,5
Скорость вращения ротора, рад/с……104,86
Габариты рабочего органа ,м;
диаметр…….0,48
длина…….0,60
Габариты шнекового устройства, м;
диаметр……..……..0,15
длина……..…….……...0,35
шаг винта шнека…….……..0,07
Габариты мельницы, мм;
длина…….……1500
ширина……..……1000
высота…….…..……1800
Масса, кг…….350

Следует отметить, что щеточная мельница, как показали результаты ее эксплуатации в производственных условиях, может с успехом применяться не только для приготовления буровых промывочных жидкостей на основе глиноматериалов, но и с использованием мела, извести, цемента, их смесей и одновременной обработкой различными химическими реагентами.

6.9 Вихревой гидродинамический излучатель “ГДИ”

Обработка промывочных жидкостей, с целью дальнейшей диспергации твердой фазы, под воздействием ультразвуковых колебаний в последнее время находит широкое применение. В практике для этих целей используются два типа излучателей звуковых колебаний: с резонансными клиньями и с вихревой камерой. Последние нашли большое распространение при обработке буровых промывочных жидкостей ввиду простоты конструкции и малых габаритов, что позволяет производить их установку в колонне бурильных труб (рис. 40).

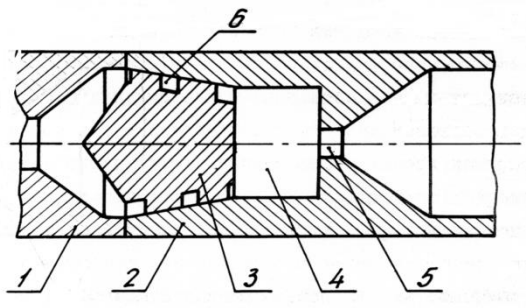


Рис. 40. Схема вихревого гидродинамического излучателя “ГДИ”
1 - корпус; 2 - крышка; 3 - вкладыш; 4 - вихревая камера; 5 - входное сопло;
6 – входные каналы

Генерирование звуковых колебаний в излучателях с вихревой камерой осуществляется за счет создания в системе интенсивного энергообмена между первичным, вводимым тангенциально в цилиндрическую полость камеры, и вторичным, поступающим из выходного патрубка, вихрями. При этом давление на выходном патрубке меняется с частотой f, определяемой диаметром камеры D и перепадом давлений P_1 и P_2 на входе и выходе излучателя [1]:

$$f = \frac{C}{\Pi D} \left(\frac{P_1 - P_2}{P_2}\right)^{0,5}, \quad (1)$$

где: C - скорость распространения звуковой волны в обрабатываемой среде

Излучатели с вихревой камерой надежны в работе, просты в конструктивном исполнении.

Их мощность в ультразвуковом диапазоне (до 30 кГц) составляет от 0,5 до 3 Вт.

Процесс диспергации твердой фазы суспензии в ультразвуковом поле происходит двумя путями: во-первых, под действием ударных волн, возникающих при захлопывании кавитанионных пузырьков, которые зарождаются при частоте свыше 20 кГц и мощности звуковой волны до 1 Вт; во-вторых, под действием микроструек жидкости, возникающих при захлопывании несферических кавитанионных пузырьков. Преобладание того или иного механизма разрушения обуславливается масштабным фактором, так как связано с начальной формой кавитационного пузырька при его захлопывании. Если размер кавитационного пузырька преобладает над размерами диспергируемых частиц, то условий для начального искажения формы пузырька нет, и он захлопывается с образованием ударной волны. В том случае, когда размер диспергируемых частиц больше диаметра кавитационного пузырька, последний теряет свою форму и при захлопывании образует микроструйку жидкости. При обработке буровых промывочных жидкостей имеет место механизм разрушения, связанный с действием ударных волн, что обусловлено малым линейным размером (до 10^{-6} м) частиц твердой фазы.

Причиной возникновения кавитации является высокочастотный перевод жидкостной среды обрабатываемой суспензии в метастабильное состояние, а затем возвращение ее в исходное. Переход в метастабильное состояние осуществляется вследствие создающегося отрицательного давления в местах разряжения распространяющейся звуковой волны. Кавитационный пузырек, попадая в область высокой интенсивности ультразвуковых колебаний, начинает пульсировать. Частота колебаний пузырька, кавитирующего под действием звуковых волн, практически равна частоте последних:

$$f = \frac{1}{2\Pi R_0} \sqrt{\frac{3K}{\rho_в}} \left(P_1 - P_2 + \frac{2\sigma_в}{R_0}\right), \quad (2)$$

где: K- отношение удельных теплоемкостей среды;
$\sigma_в$ - поверхностное натяжение;
R_0 - радиус кавитационного пузырька.

Зависимость, определяющая радиус кавитационного пузырька, была эмпирически найдена Брониным Ф.А.:

$$R_0 = \frac{0,4}{f} \left(1 - \frac{P_г}{P}\right) \left(\frac{P}{\rho_в}\right)^{0,5}, \quad (3)$$

где: $P_г$- величина гидростатического давления, $P_Г = P_1 - P_2$;
P - величина звукового давления.

На скорость протекания процесса ультразвуковой диспергации оказывает влияние тот факт, что единичный кавитационный пузырек обрабатывает одновременно только те

частицы, которые находятся в его зоне захвата, определяемой радиусом $R_к$ воздействия кавитационного пузырька:

$$R_К = (XR^3_0 \rho_Г f / \eta)^{0,5}, \quad (4)$$

где: $\rho_Г$ - плотность материала твердых частиц обрабатываемой суспензии;

η - сдвиговая вязкость кавитирующей среды.

В результате захвата кавитационным пузырьком диспергируемые частицы флотируются у его поверхности, при этом их концентрация не должна быть выше

$$n_m \leq 4R^2_0 / X^2, \quad (5)$$

в противном случае наблюдается блокировка кавитационного пузырька.

Анализ материалов исследований показывает, что при диспергировании в ультразвуковом поле механизм разрушения частиц носит поверхностный характер. При каждом единичном всхлапывании кавитационного пузырька, энергия ударной волны распространяется на частицы, флотированные у его поверхности. Под воздействием ударной нагрузки происходит отшелушивание материала с их поверхности. Величина энергии ударной волны, передаваемой диспергируемым частицам, определяется исходя из условия равенства кинетической энергии $E_к$ жидкости, движущейся в поле кавитационного пузырька, и согласно Новицкому Б.Г. равна

$$E_k = 2П \rho_в R_0^5 f^2, \quad (6)$$

где : $\rho_в$ -плотность жидкой фазы обрабатываемой суспензии.

Так как флотированные частицы твердой фазы суспензии располагаются вблизи поверхности кавитационного пузырька, то величину эффективной энергии E' ударной волны, т.е. энергии волны в месте расположения частиц суспензии, определит соотношение:

$$E' = E_k / R^2_0, \quad (7)$$

Процесс ультразвукового диспергирования суспензии значительно интенсифицируется, если наряду со знакопеременным звуковым давлением на жидкость наложить определенное постоянное или гидростатическое давление. Очевидно, исходя из приведенной выше зависимости (3), определяющей радиус кавитационного пузырька, что при повышении гидростатического давления размер последнего будет уменьшаться, а это в свою очередь ведет к увеличению скорости распространения ударной волны при его всхлапывании. Принцип работы и конструктивное исполнение излучателей с вихревой камерой позволяют регулировать величину гидростатического давления в весьма широких пределах.

6.10. Центробежная мельница мокрого помола “МЦ-Т”

Мокрый метод механоактивации дисперсных систем является наиболее технологичным для повышения вяжущих свойств тампонажных буровых растворов в полевых условиях. Поэтому разработка новых высокоэффективных методов данного вида механоактивации дисперсных систем вяжущих материалов является актуальной проблемой, особенно при цементировании нефтегазовых скважин.

Эффективность мокрого метода механоактивации тампонажных смесей на основе цементов авторами предварительно исследовалась в лабораторных условиях. Выполнение лабораторных работ включало в себя предварительную активацию исходных вяжущих, из которых готовятся исследуемые тампонажные смеси, а затем активировались сами смеси. В качестве вяжущих использовались цементы следующих марок: М400 и М500. Для повышения эффективности мокрой механоактивации, как показали лабораторные

исследования, целесообразно повышение скорости движения измельчающей среды. Это возможно осуществить в закрученных потоках жидкости.

Закрученный поток формируется в поле центробежных сил и обладает следующими специфическими особенностями: - в случае формирования кольцевых закрученных потоков без механического воздействия на него рабочих органов измельчительного аппарата успешно решается проблема чистого помола, так как в кольцевом закрученном потоке реализуется процесс самоизмельчения; - поток имеет соизмеримые значения осевой, вращательной и радиальной составляющих скорости; - поток имеет продольный и поперечный градиенты статического и полного давления; - поток имеет существенное значение градиента скорости в поперечном сечении, отличается высоким уровнем турбулентных пульсаций; - осуществляет активное и консервативное воздействие центробежных сил на поток.

Принцип работы предложенного способа, работающего в режиме самоизмельчения в кольцевом закрученном потоке, осуществляется измельчительной машиной центробежного типа МЦ-Т и поясняется эскизом на рис. 41. Измельчение твердых материалов по предлагаемому способу осуществляется следующим образом.

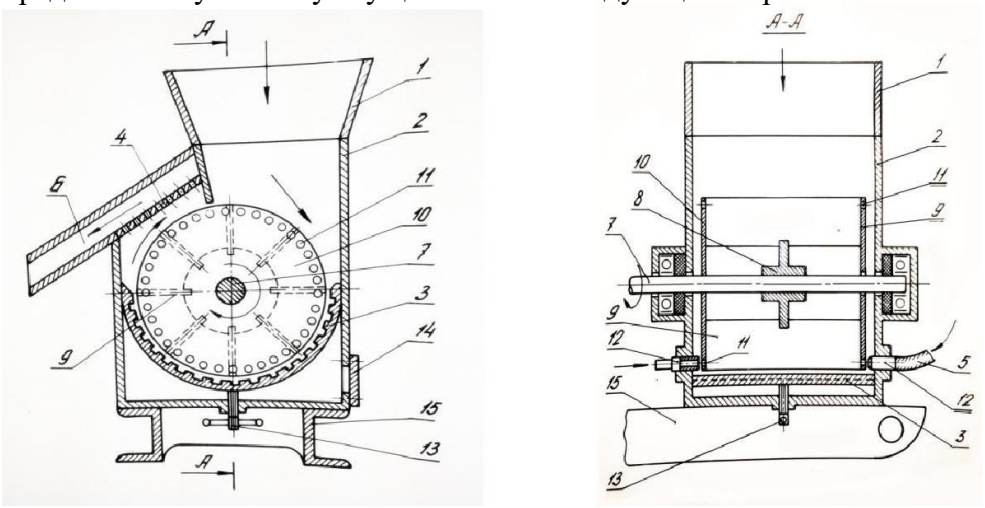


Рис. 41. Схема центробежной мельницы мокрого помола “МЦ-Т”

При вращающемся роторе исходный продукт подается в рабочую камеру в виде пульпы с крупностью частиц до 3 мм и водо-твердом отношением в пределах от 0,5 до 1,5. Вращающиеся лопасти 9 ротора механически формируют внутри корпуса кольцевой закрученный поток с усредненной внутренней поверхностью S'. При этом лопасти 9, вращаясь с высокой скоростью, порядка 1500-3000 об/мин, интенсивно деформируют внутреннюю поверхность кольцевого потока до некоторой граничной области S''. В результате такой деформации во всем объеме кольцевого потока на всю его толщину возникают завихрения, обладающие повышенными турбулентными характеристиками. Твердый материал при этом активно взаимодействует друг с другом и с лопастями 9 ротора, измельчаясь вследствие малого значения водотвердого отношения измельчаемого продукта. Кроме того, находясь в области активного протекания кавитационных процессов в закрученном потоке, материал также эффективно разрушается. В процессе работы устройства необходимая толщина закрученного кольцевого потока устанавливается регулировочным краном 5. Проходя через рабочую камеру, исходный продукт в виде текучей пульпы измельчается и выводится наружу через выгрузочный патрубок 6. Формирование закрученного кольцевого потока, состоящего из текучей пульпы, с повышенным содержанием твердой фазы позволяет при заявленном способе производить механическое деформирование этого потока, например, лопастями 9 с высокими скоростями до 30-50 м/с. Механическое деформирование кольцевого потока при этом

производится частично с внутренней стороны. Высокие скорости деформирования кольцевого потока позволяют существенно повысить эффективность разрушения твердого материала, так как известно, что при высокодинамическом воздействии на твердое тело его разрушение происходит при меньших нагрузках по сравнению с низкоскоростным его нагружением.

Аналогичное высокоскоростное механическое воздействие на диспергируемую пульпу во всем объеме корпуса невозможно в известных гидромеханических способах из-за неоправданно высоких затрат энергии на вязкое течение потока. В то время как предлагаемый способ реализуется при относительно низких затратах энергии, которая расходуется на раскручивание небольшой массы потока и на частичное деформирование этого потока. Аналогичное высокоскоростное деформирование потока диспергируемой пульпы достигается лишь в струйных мельницах. Однако работа струйных мельниц характеризуется гораздо большими энергозатратами, в 4-6 раз по сравнению с предложенным способом, так как в них используется гидравлический привод с КПД, равным в пределах 6-7 %, не более.

Предложенный энергонапряженный гидродинамический способ измельчения твердых материалов, по сравнению с известными, обеспечивает активно протекающие процессы взаимодействия твердых частиц друг с другом и с рабочими органами измельчительных машин, а интенсивные процессы кавитации во всем объеме кольцевого потока существенно повышают эффективность измельчения материала по предлагаемому способу. Увеличение эффективности измельчения достигается также за счет высокоскоростного механического воздействия вращающихся рабочих органов устройства со скоростью до 40-60 м/с на измельчаемый материал, а также за счет многократной доставки закрученными потоками твердого тела в зону интенсивного измельчения, т. е. в зону скоростной механической деформации кольцевого потока.

Механическое измельчение как физический процесс характеризуется законом, который выражает соотношение между линейными размерами измельчаемого тела, его удельной поверхностью и удельными затратами энергии на разрушение. Следовательно процесс механической активации дисперсных систем возможно интенсифицировать двумя путями: за счет увеличения доли динамической составляющей разрушающей нагрузки и за счет увеличения количества единовременно протекающих актов разрушения, что обеспечивает сокращение интервалов времени между двумя последовательными актами. Реализация отмеченных путей может быть достигнута только при высоких скоростях движения рабочих органов и их количестве в устройстве. Однако ключевым условием эффективности измельчения по предложенному способу, как показали экспериментальные исследования, является водотвердое отношение в пределах 0,5-1,5 %. Это вполне отвечает требованиям приготовления буровых тампонажных растворов, в том числе при цементировании нефтегазовых скважин. Экономически внедрение предлагаемой разработки в производство, по мнению авторов, является крайне актуальным

.

6.11 Малогабаритная щеточная мельница «МЩ-1»

Для приготовления тампонажных смесей или реагентов на основе трудно смешиваемых компонентов (например, полиакриламида, УЩР и т. п.) очень важное значение приобретает увеличение перемешивающей способности и степени измельчения исходного продукта.

В предлагаемой мельнице МЩ-1 (рис. 42) выполнение рабочих органов ротора в виде щетки, состоящей из большого количества упругих стержней, повышает степень измельчения исходного продукта за счет увеличения числа наносимых ударов по измельчаемому продукту, по сравнению с лопастным ротором. Кроме того, щетка из упругих стержней гораздо лучше, чем лопасти, перемешивает и истирает измельчаемый

продукт за счет увеличения трения между отдельными кусками продукта, что также повышает степень измельчения материала.

Малогабаритная роторная мельница МЩ-1 может использоваться при бурении поисково-разведочных, гидрогеологических, инженерно-геологических скважин и позволяет решать следующие задачи:

- приготовление естественных промывочных жидкостей из неглинистых пород;
- приготовление глинистых, утяжеленных и тампонажных растворов;
- дегазация буровых растворов;
- восстановление качественных характеристик буровых промывочных жидкостей.

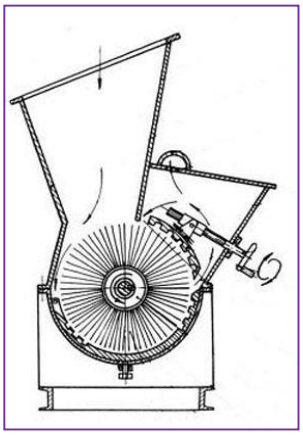


Рис. 42. Схема малогабаритной щеточной мельницы «МЩ-1»

Техническая характеристика

Вид измельчаемого материала…….глина, мел, слежавшийся цемент и т. п.
Частота вращения ротора в минуту……..……1000-1500
Диаметр щеточного ротора, мм……450
Длина щеточного ротора, мм……600
Потребляемая мощность, кВт……....15
Габаритные размеры, мм
длина……1300
ширина……1000
высота……..1250
Масса без электродвигателя, кг……..350

6.12 Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей.

Вообще, разработка измельчителей производилась с целью создания единого как стационарного, так и передвижного комплекса, способных удовлетворить потребности современной геологоразведочной партии по объему приготавливаемых промывочных жидкостей и их качеству и типам. Ниже будет рассмотрена передвижная установка, созданная на основе разработанных машин, в число которых вошли щеточная и струйная вихревая мельницы, барабанный измельчитель. Основное назначение установки состоит в обеспечении отдельного участка буровых работ из 5-7 буровых агрегатов комплексом промывочных жидкостей. Конструкция установки позволяет производить ее транспортировку волоком, с погрузкой на трейлер, вертолетом. Все это делает ее

пригодным для применения в труднодоступных районах, удаленных геологоразведочных партиях, отдельных участках буровых работ.

Технические средства, используемые в передвижной установке, позволяют при различных вариантах их применения получать глинистые растворы обрабатывать их реагентами, приготавливать растворы на основе полиакриламида и т.п. Наличие в установке перекачивающих средств делает возможным заливку приготовленных промывочных жидкостей в емкость автоцистерны или резервуары установки, подачу по трубопроводам к буровым агрегатам.

На рис. 31 и 32 показан вид агрегатного отсека установки. Все машины, осуществляющие процесс приготовления промывочных жидкостей смонтированы в единую технологическую линию, содержащую скреперную лебедку 1 марки ЛС-30, щеточную мельницу 2, барабанный измельчитель 3 и перекачивающий насос 4 со струйной вихревой мельницей 5.Основанием установки служит металлическая рама с настилом, выполненная в виде саней. В здании передвижной установки помещены резервуары 6, 7, 8, в которые производится заливка приготавливаемых промывочных жидкостей. Общий полезный объем резервуаров составляет 7,5 м^3, т.е. рассчитан на получасовую работу установки. На крыше здания размещены привод лебедки 1 и питающие емкости 11, 12, 13, заполняемые концентрированными растворами УЩР, КМЦ и гидролизом полиакриламида. Управление оборудованием производится с пульта 9. Регистрация рабочих режимов струйной вихревой мельницы осуществляется комплексом ИШВ-1-10. Управление лебедкой 1 может осуществляться с выносного пульта 9.

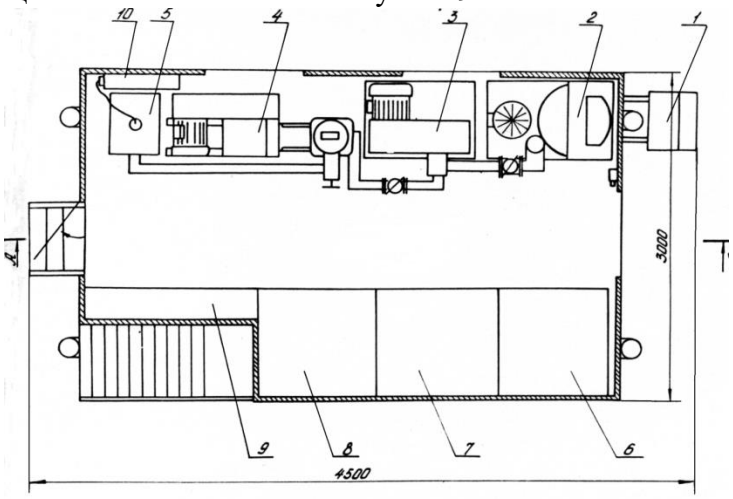


Рис. 31. Передвижная установка для приготовления буровых промывочных жидкостей. 1 – скреперная лебедка; 2 – щеточная мельница; 3 – барабанный измельчитель; 4 – перекачивающий насос; 5 – струйная вихревая мельница; 6, 7, 8 – резервуары; 9 – пульт управления; 10 – комплекс ИЖВ-1.

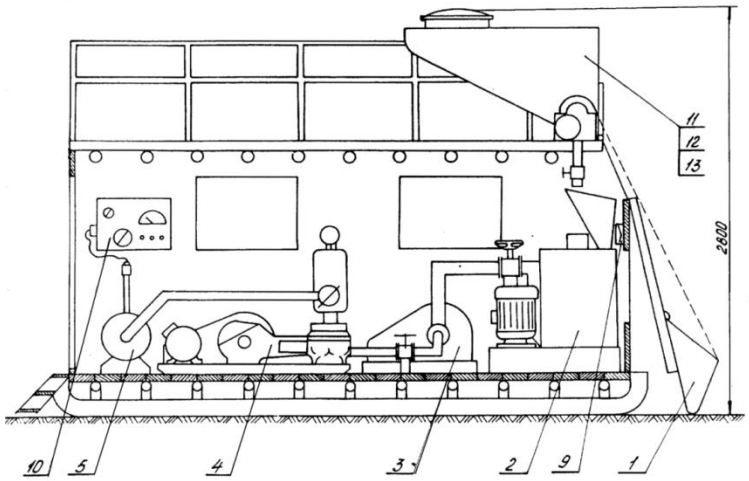


Рис. 32. Вид агрегатного отсека передвижной установки для приготовления буровых промывочных жидкостей, в плане.

1- скреперная лебедка; 2- щеточная мельница; 3- барабанный измельчитель; 4- перекачивающий насос; 5- струйная вихревая мельница; 6, 7, 8- резервуары; 9 - пульт управления; 10- комплекс ИШВ-1.

На рис. 33 показана схема управления гидросистемой установки. Кранами 14, 15, 16 и 17 регулируется подача в приемный бункер щеточной мельницы 2 воды, УЩР, КМЦ, полиакриламида, поступающих из питающих емкостей 11, 12, 13. Изменением объема подачи воды или реагентов регулируют плотность приготавливаемых промывочных жидкостей. Краны 18 и 19 служат для перекрытия трубопроводов к барабанному измельчителю 3 и струной вихревой мельницы 5. Перекрытие осуществляется в том случае, когда производиться приготовление крупнодисперсных глинистых растворов, применяемых при забурке скважин. Краны 20, 22 и 24 перекрывают отвод приготовленных промывочных жидкостей при их сливе в автоцистерны.

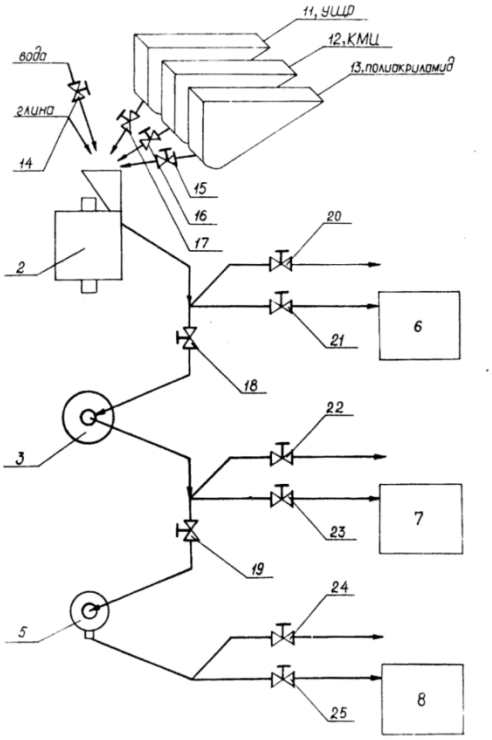


Рис. 33. Схема управления гидросистемой установки.

1- щеточная мельница; 3- барабанный измельчитель; 5- струйная вихревая мельница; 6, 7, 8- резервуары; 14, 15, 16, 17- краны регулировки подачи материала в бункер щеточной мельницы; 18, 19- краны перекрытия трубопроводов; 20, 22, 24-краны перекрытия отвода в автоцистерны; 21, 23, 25- краны перекрытия отвода в резервуары.

Краны 21,23 и 25 установлены для осуществления слива жидкостей в резервуары 6,7 и 8.Технологическая схема приготовления буровых промывочных жидкостей (рис. 34.) в зависимости от применяемых компонентов может быть осуществлена по следующим вариантам.

Первый вариант: приготовление жидкостей из комовых глин. Скреперной лебедкой 1 производят загрузку комовой глины в приемный бункер щеточной мельницы 2, при этом должен быть открыт кран 14 подачи сюда же воды. Крупнодисперсная пульпа, приготавливаемая мельницей 2, поступает на доизмельчение в барабанный измельчитель 3, а оттуда в струйную вихревую мельницу 5. Для этого должны быть открыты краны 18 и 19. Приготовленная промывочная жидкость может быть отведена открытием кранов 24 или 25 в емкость автоцистерны или в резервуар 8.

Второй вариант: приготовление глинистого раствора с обработкой его УЩР, КМЦ или приготовление малоглинистого раствора с обработкой полиакриламидом. При приготовлении данных типов растворов кроме воды и глины в приемный бункер щеточной мельницы подается один из вышеперечисленных компонентов. Их подача из питающих емкостей 11, 12 и 13 осуществляется открытием кранов 15, 16 и 17. Приготовление осуществляется последовательно в щеточной мельнице 2, барабанном измельчителе 3 и струйной вихревой мельнице 5.

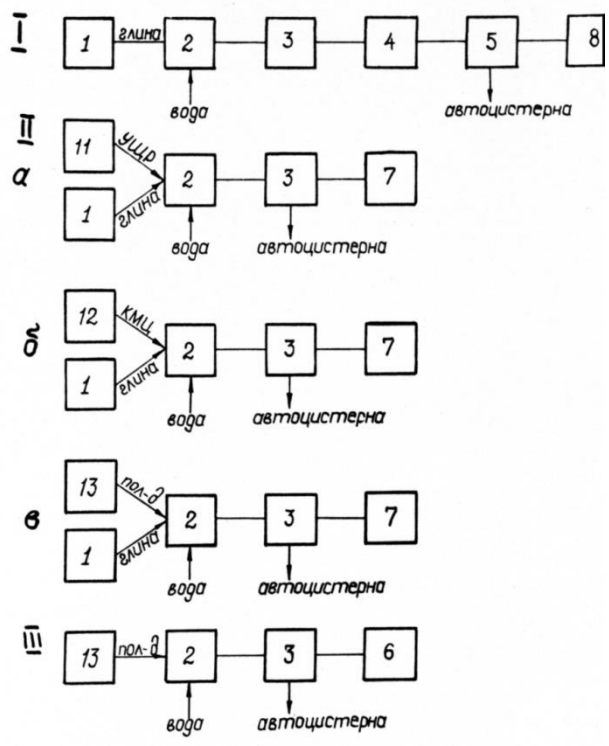


Рис. 34. Схема приготовления различных буровых растворов.

I- приготовление глинистого раствора из комовых клин; II- приготовление глинистых растворов обработанных; III- приготовление полиакриламидного раствора; а- углещелочным реагентом; б- КМЦ; в- полиакриламидом

.

Третий вариант: приготовление промывочной жидкости на основе полиакриламида. В этом случае гидролиз полиакриламида из питающей емкости 13 поступает в бункер щеточной мельницы 2, сюда же подается вода. Расход компонентов регулируется кранами 14 и 15. Приготовление осуществляется в щеточной мельнице 2 и барабанном измельчителе3. Готовый продукт отводится открытием кранов 22 или 23 в автоцистерну или резервуар 7.

Конструктивное исполнение передвижной установки позволяет производить замену машин приготавливающих промывочные жидкости в зависимости от применяемых компонентов.

Техническая характеристика передвижной установки для приготовления буровых промывочных жидкостей.

Производительность по объему приготавливаемых жидкостей, $м^3$/ч..10
Потребляемая мощность, кВт……..……..65
Удельный расход энергии на приготовление 1$м^3$ промывочной жидкости, кВт.ч/$м^3$…….…….……..…3,0-4,2
Габаритные размеры, мм: длина…….…….4500
ширина……...……...…….3000
высота……..……....……..2800
Масса установки, кг…….……2500
Количество обслуживающего персонала в смену, чел……..……..…..…2

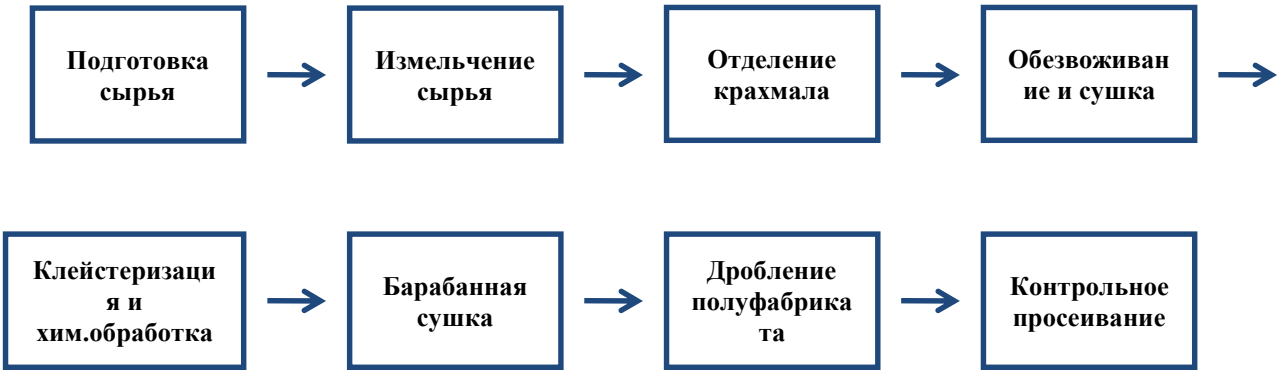
6.13 Экспресс технология производства импортозамещающих буровых реагентов с использованием эффекта механоактивации крахмалосодержащего сырья

При освоении нефтегазовых месторождений на сегодняшний день основной объем скважин проходится с использованием роторного и турбинного способов бурения, что позволяет бурить наклонно-направленные скважины, а так же скважины с горизонтальным окончанием. Эффективность бурения скважин во многом определяется составом очистного агента, а также схемой и режимом промывки скважины. Практически невозможно подобрать универсальный очистной агент, который бы удовлетворял всем заданным параметрам. В зависимости от геолого-технологических условий бурения подбирается какой-то один вид очистного агента, а его технологические свойства регулируются посредством химических реагентов с учетом определенных практических требований.

Одним из важнейших показателей буровых промывочных жидкостей является водоотдача глинистого раствора и соответственно его способность создавать малопроницаемую фильтрационную корку. Наиболее универсальным понизителем водоотдачи, позволяющим проходить как обычные, так и сильноминерализованные толщи осадочных пород являются модифицированные органические полимеры на основе крахмала. Основным недостатком существующих на рынке крахмальных реагентов отечественного и импортного производства является значительная стоимость (особенно зарубежных), связанная с большими затратами энергии при производстве по традиционным технологиям, которые в том числе, не позволяют обрабатывать модифицируемые крахмалы всем спектром необходимых реагентов с целью регулирования свойств конечного продукта. Научным коллективом кафедры “ТТР МПИ” частично решены обозначенные проблемы и разработаны рецептуры крахмальных реагентов увязанные с новой технологией модификации непосредственно крахмалосодержащих исходных продуктов (фуражная пшеница, ячмень, рожь, кукуруза и др.) современным, более экономичным и универсальным способом - сухой холодной механохимической деструкции, минуя стадию

получения нативного крахмала из исходного сырья и энергоемкие процессы его клейстеризации, сушки и дробления (рис. 43).

Традиционная схема производства модифицированных крахмалов



Экспресс-технология получения модифицированных крахмалов из зерновых продуктов

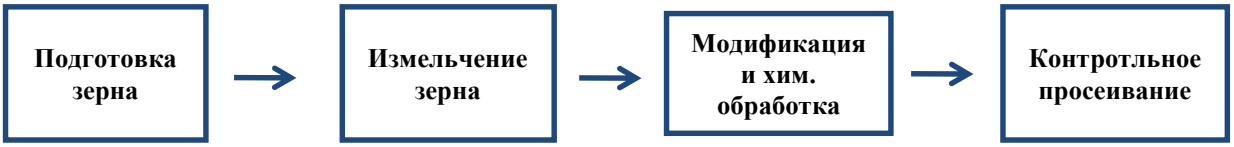


Рис. 43. Схемы традиционной и экспресс-технологии производства модифицированных крахмалов.

Разработанный на кафедре ТТР МПИ опытный образец каскадной измельчительной машины центробежного типа МКЦ-М (рис. 44.) работает в режиме энергонапряженного измельчения твердых материалов при ультраскоростных разрушающих нагрузках в измельчаемом продукте, находящимся в стесненных условиях. Рабочая камера измельчительной машины имеет три зоны измельчения, отличающихся по форме, массе и степени оснащения мелющими телами. В первой (самой верхней) зоне измельчения происходит дробление зерна и перемешивание с добавленным химреагентом, во второй зоне с мелющими телами, имеющими большую степень кривизны, а значит большую контактную нагрузку на измельчаемый материал, происходит измельчение зерновой смеси и химреагента до размеров сопоставимых с размерами кристалла крахмала, т.е. до состояния муки очень тонкого помола. В третей зоне оснащенной значительно большим количеством (в 5 раз) мелющих тел с большой кривизной рабочей поверхности происходит модификация, высвободившегося из белковой оболочки, крахмала и его обработка необходимыми химреагентами.

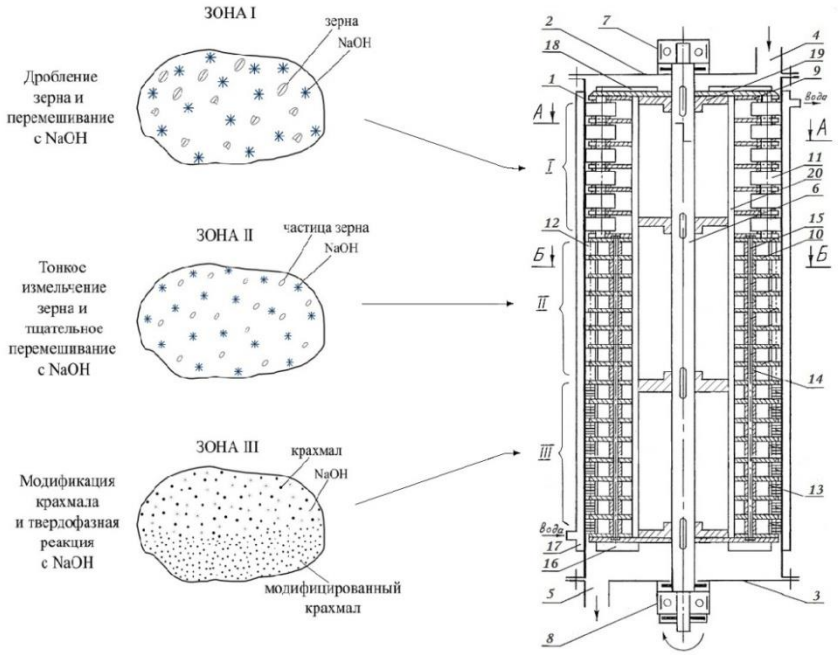


Рис.44. Схема процесса модификации крахмалосодержащего сырья методом механоактивации

Разработанная авторами экспресс-технология модификации нетрадиционного крахмалосодержащего сырья позволит значительно снизить себестоимость производства импортозамещающих, высокоэффективных буровых реагентов (на десятки процентов), за счет исключения операций производства самого нативного крахмала, его полследующей клейстеризации, сушки и дополнительного дробления готового продукта.

Потенциальными потребителями крахмальных реагентов являются не только нефтегазодобывающие и геологоразведочные организации, но и горнообогатительные предприятия, производители строительных материалов, целлюлозо-бумажные, текстильные и другие предприятия. Экономический эффект от внедрения разработанной технологии только в нефтегазодобывающей отрасли ориентировочно может составить порядка 45-50 млн. рублей в год. На основе разработанной технологии и техники возможно открытие стационарного, многотоннажного, достаточно компактного и быстро окупаемого производства по выпуску импортозамещающих высокоэффективных буровых крахмальных реагентов типа “РБК-М” из нетрадиционного крахмалосодержащего сырья.

6.14 Универсальный буровой реагент “РБЦ-4” на основе механоактивированного древесного волокна с повышенным содержанием смол

В практике разведочного бурения из всего перечня геологотехнических осложнений наиболее трудоемкими являются поглощения промывочной жидкости, затраты календарного времени на ликвидацию которых составляют от 4 до 10 %. Поглощения приурочены, в основном, к карбонатным породам с естественной кавернозностью и трещиноватостью вторичного (экзогенного) и тектонического происхождения, а также песчаникам и некоторым разновидностям глин, где наблюдаются провалы бурильного

инструмента от 0.5 до 4 м и более, Поглощения техногенного характера связаны с гидроразрывом пласта в виду избыточного гидростатического давления, которое возникает при повышении плотности и реологических показателей бурового раствора.

Основными технологическими мероприятиями по предупреждению и ликвидацыии поглощений буровых промывочных жидкостей в нефтегазовом и геологоразведочном бурении являются следующие:

-регулирование гидравлического равновесия в системе “пласт-скважина” путем использования облегченных промывочных жидкостей и технологических ограничений при бурении (понижение скорости спускоподьемных операций, уменьшение подачи промывочной жидкости в скважину, увеличение зазора между буровым инструментом и стенками скважины, долив бурового раствора в скважину и др.);

- регулирование реологических свойств буровых растворов, путем перехода на бурение структурированными промывочными жидкостями с обработкой химическими реагентами;

- применение комбинированных методов (химическая обработка аэрированных жидкостей и растворов с пониженным содержанием твердой фазы);

- закупоривание каналов поглощения одновременно с их вскрытием путем использования наполнителей различных типов.

Впервые наполнители для ликвидации поглощений применили в 40-е годы в США, в России их использование началось в начале 60-х годов. В зарубежных компаниях девяносто процентов всех поглощений ликвидируется путем добавки наполнителей, в качестве которых используются отходы различных производств. Наполнители подразделяются на волокнистые, зернистые (жесткие или упругие) и чешуйчатые (рис. 45.). Кроме этого, используется твердая фаза получаемая химическими методами (коагуляция, конденсация и др.), а также разбухающие наполнители. Большинство наполнителей закачиваемых в составе тампонажных смесей, позволяет закупорить трещины размером не более 6 мм, а в виде тампонов или при намыве до 20 мм. Волокнистые наполнители применяют при ликвидации всех видов поглощений при их размере ½ диаметра поглощающего канала, но в первую очередь, в крупно пористых и трещиноватых породах с размером каналов 3-5 мм. При вводе в комплексе зернистых и чешуйчатых - соотношение составляет 1:1:1. Зернистые жесткие наполнители применяются при ликвидации всех видов поглощений при этом их размеры должны быть в три раза меньше поглощающих каналов. Зернистые упругие наполнители по своей закупоривающей способности занимают промежуточное положение между волокнистыми и зернистыми жесткими, при этом соотношение к гранулированным жестким составляет от 2:1 до 3:1. Чешуйчатые наполнители применяются при ликвидации поглощений с размером каналов в породах от 2.5 до 30мм, при этом эффект закупорки выше при их сочетании с волокнистыми и зернистыми наполнителями в соотношении 2:1:1 (при профилактике поглощений такое сочетание не рекомендуется) [2].

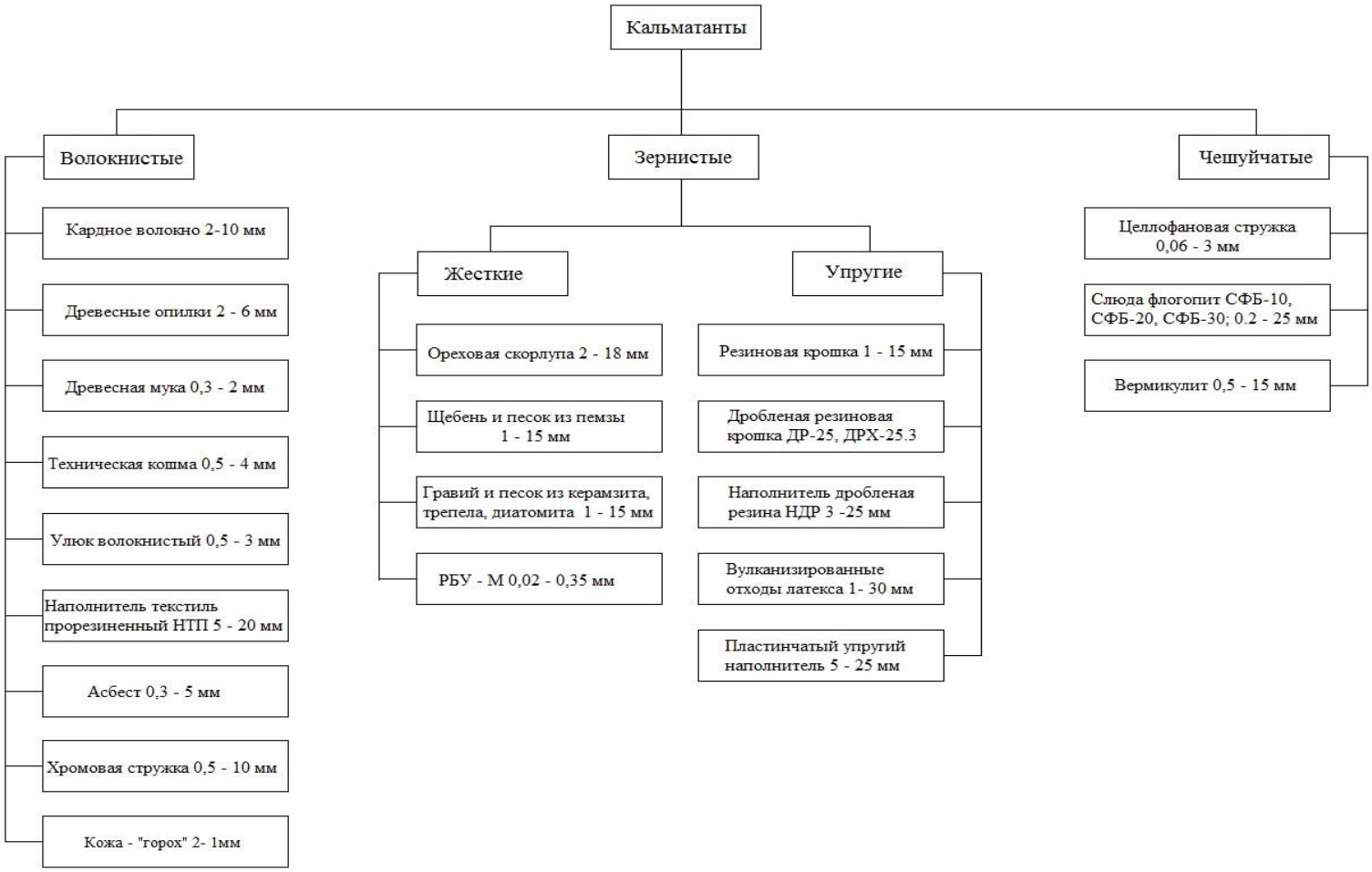


Рис. 45. Классификация материалов используемых в качестве кальматантов при ликвидации поглощений промывочной жидкости

Проведенный авторами анализ производственного опыта использования наполнителей и предварительные лабораторные исследования по использованию наиболее дешевых, доступных и экологически чистых материалов в качестве кальматанта позволяет сделать следующие выводы:

- с точки зрения экологической чистоты буровых промывочных жидкостей наиболее приемлемо использование органических материалов, подвергающихся после их применения разложению на безвредные составляющие;

- по кальматирующим свойствам, доступности и дешевезне исходного сырья наиболее подходящими являются целлюлозосодержащие материалы в измельченном состоянии с разной степенью дисперсности;

- улучшенные реологические и закупоривающие свойства буровых растворов с наполнителями на основе целлюлозосодержащих материалов обьясняются сложным вещественным составом исходного сырья и возможностью его модификации путем химической обработки в процессе механоактивации;

- наиболее подходящим для решения поставленной задачи по мнению авторов является древесное волокно, состоящее из необходимого набора исходных компонентов, позволяющих в процессе их механохимической деструкции и химобработки получить многофункциональный буровой реагент.

Древесина - продукт биологического (растительного) происхождения, представляющий сложный комплекс, как в анатомическом, так и химическом отношении. Вещество древесины - это вещество оболочек клеток (клеточных стенок) и биологическое происхождение этого вещества обусловливает его сложный химический состав, представленный на рис. 46.

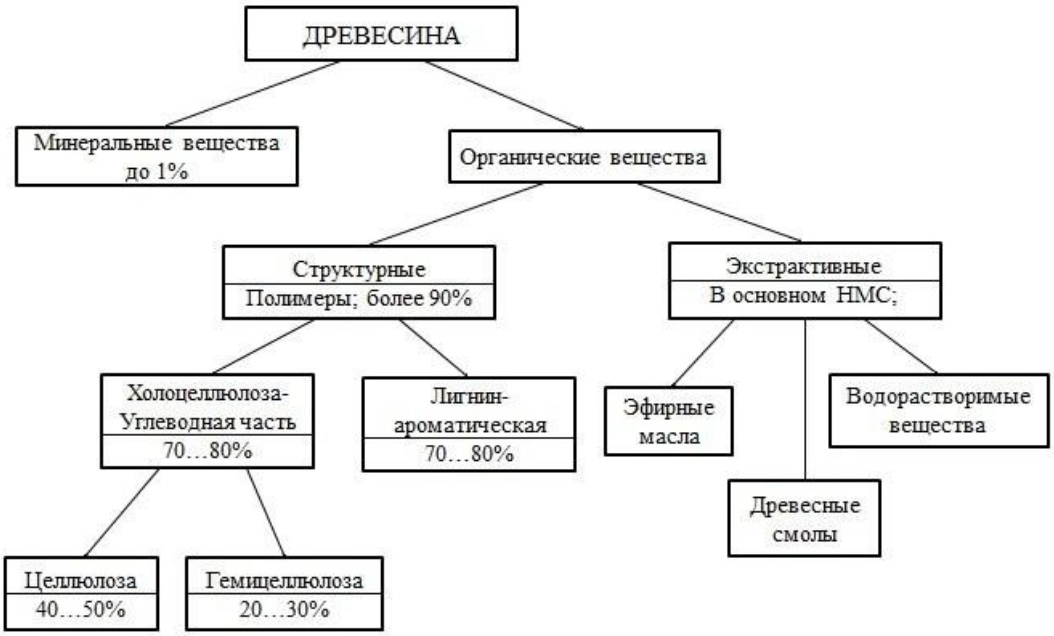


Рис. 46. Схема химического состава древесины.

Древесина примерно на 99% состоит из органических веществ. Минеральные вещества составляют обычно очень небольшую часть - до 1 %. Элементный состав органической части древесного вещества у различных древесных пород практически одинаков: 49. ..50 % углерода, 43...44 % кислорода, около 6 % водорода и 0,1...0,3 % азота по отношению к массе абсолютно сухой древесины.

Структурные компоненты древесины подразделяют на углеводную и ароматическую части. Углеводная часть, представляющая комплекс полисахаридов, называется

холоцеллюлозой. Массовая доля холоцеллюлозы составляет в древесине примерно 70...80 %, причем ее содержание в древесине лиственных пород выше по сравнению с хвойными. Выход холоцеллюлозы при выделении ее из древесины различными методами составляет в среднем для хвойных пород 70...73 %, лиственных пород - 72. ..79 %.

Ароматическая часть древесины - лигнин представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения фенольной природы, построенных из мономерных звеньев, называемых фенилпропановыми структурными единицами. Массовая доля лигнина в древесине составляет 20...30%, причем хвойные породы содержат больше лигнина, чем лиственные.

Целлюлоза в нативном состоянии представляет собой полимолекулярное соединение, в состав которого входят молекулы, идентичные по своему строению, но отличающиеся по длине. Элементарные звенья макромолекулы целлюлозы находятся в форме кресла, гидроксильные группы расположены в горизонтальном направлении, а атомы водорода — в вертикальном (рис. 47). Каждое второе звено цепи повернуто на 180° по отношению к оси молекулы.

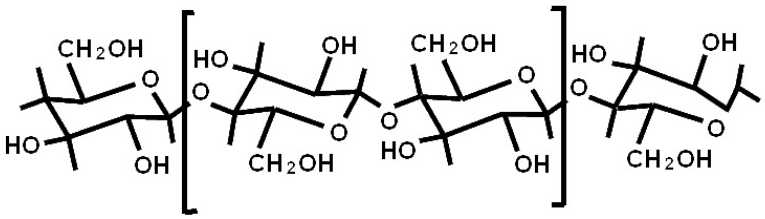


Рис. 47. Молекулярное строение целлюлозы

Целлюлоза состоит из звеньев β-D-глюкозы. Эмпирическая формула целлюлозы ($C_6H_{10}O_5$). В одной молекуле целлюлозы находится 10 000 единиц глюкозы. Молекулы целлюлозы соединены друг с другом в пучки. Самый маленький пучок в стенке клетки называется элементарной или начальной фибриллой, диаметр которой равен приблизительно 3,5 нанометра ($3,5*10^{-9}$ м).

Фибриллы состоят приблизительно из 40 расположенных в одном направлении молекул целлюлозы. Элементарные фибриллы объединены в более крупные пучки - микрофибриллы, которые состоят из двух или больше элементарных фибрилл. Микрофибрилла – это самая маленькая частица волокна. Ее можно без особого труда наблюдать под электронным микроскопом. (Рис. 48).

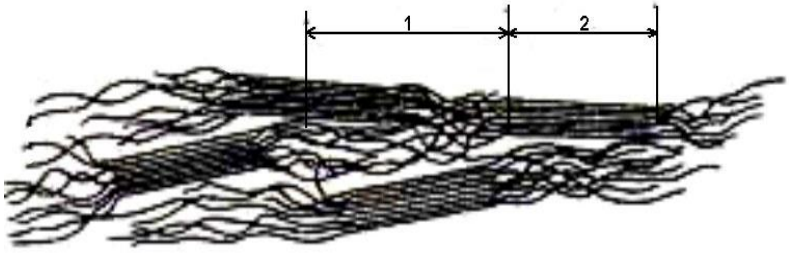


Рис.48. Элементарные фибрилы под микроскопом.
1 – кристаллический участок
2 – амфорный участок

О строении микрофибриллы существует много разных теорий. Одни ученые считают, что она почти цилиндрической формы (диаметр 20—30 нм), другие считают ее плоской нитью, ширина которой 10—30 нм, толщина 5—10 нм и длина несколько микрон (1 мкм = 10^{-6} м). Между микрофибриллами находятся каналы шириной 10 нм, которые содержат лигнин и другие компоненты. Предполагают, что внутри микрофибрилл, точнее между элементарными фибриллами, имеются капилляры шириной 1 нм, по которым могут проходить молекулы воды и другие небольшие молекулы [3].

Макромолекулы целлюлозы в первичных фибриллах образуют однородные высокоупорядоченные кристаллические зоны (кристаллиты), которые чередуются с неоднородными менее упорядоченными аморфными зонами. В кристаллитах существует трехмерный дальний порядок в расположении цепей целлюлозы. В аморфных участках дальний порядок отсутствует и сохраняется лишь общая продольная направленность цепей. В аморфных участках относительно легко могут проходить реакции целлюлозы с другими веществами. Длина макромолекул целлюлозы значительно больше длины кристаллических участков, поэтому каждая макромолекула проходит последовательно ряд кристаллических и аморфных участков.

Первичные фибриллы целлюлозы соединяются между собой с помощью водородных связей в микрофибриллы, которые и являются основными звеньями строения волокон целлюлозы. Микрофибриллы состоят из нескольких первичных фибрилл, поперечное сечение их составляет примерно 100 х 200 ангстрем, длина — около 600 ангстрем (рис. 49). Между первичными фибриллами в микрофибрилле находится лигнин и гемицеллюлозы.

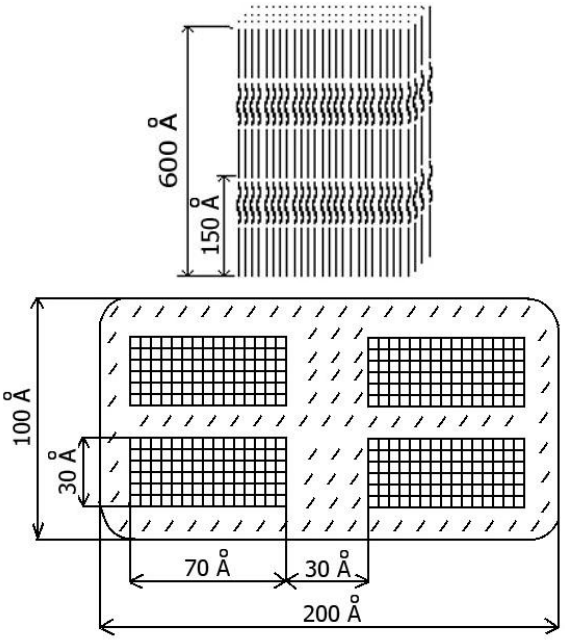


Рис. 49. Модель микрофибриллы целлюлозы (по теории Фрей-Висслинга)

Согласно данным большинства исследователей, лигнин впервые обнаруживается в растениях семейства папоротниковых и его появление связывается с выходом растений на сушу и возникшей в связи с этим необходимостью обеспечения механической прочности стеблей и стволов. Фрёйденберг еще в 1931 г. высказал предположение, что лигнин играет роль наполнителя, пронизывающего стенки растительных клеток и вместе с гемицеллюлозами заполняющего пространство между целлюлозными фибриллами, и в этом отношении его можно сравнить с цементом в армированном бетоне.

Лигнин — это ароматическая часть древесного вещества. С аналитической точки зрения лигнин рассматривают как ту часть древесины, которая получается в виде нерастворимого «негидролизуемого» остатка после удаления экстрактивных веществ и полного гидролиза полисахаридов сильной кислотой. В действительности лигнин нельзя считать негидролизуемым полимером, поскольку при действии кислот в лигнине могут гидролизоваться углерод-кислородные связи, но сохраняются существующие в нем углерод-углеродные связи и образуются новые.

Массовая доля лигнина в древесине хвойных пород составляет в среднем 27...30 %, а в древесине лиственных пород - 18...24 %. В отличие от целлюлозы и других

полисахаридов выделенный из древесины лигнин не является индивидуальным веществом, а представляет собой смесь ароматических полимеров родственного строения.

Размол древесины увеличивает доступность лигнина и вызывает его механическую деструкцию. При механической деструкции происходят реакции гемолитического расщепления связей лигнина с гемицеллюлозами и связей С-О-С и С-С в сетке лигнина с возникновением промежуточных свободных радикалов, которые вступают в реакции рекомбинации и инициируют реакции полимеризации и окисления кислородом воздуха.

Экстрактивными веществами называют вещества, которые могут извлекаться (экстрагироваться) из растительных тканей нейтральными растворителями: вода, диэтиловый эфир, петролейный эфир, толуол, метанол, этанол, ацетон и др. (рис. 50). Экстрактивные вещества широко распространены в природе. Они содержатся во всех древесных породах и травянистых растениях. Каждое растение, естественно, не может обладать всем набором экстрактивных веществ, но у любого ботанического вида их состав достаточно богат.



Рис. 50. Состав экстрактивных веществ

Содержание экстрактивных веществ в древесине пород умеренной климатической зоны, как правило, невелико; их массовая доля обычно не превышает 3...4 % (за исключением дуба и лиственницы, в древесине которых много водорастворимых веществ). Древесные породы тропической климатической зоны могут содержать значительно больше экстрактивных веществ, в отдельных случаях до 20...40 %.

По методу выделения экстрактивные вещества подразделяют на эфирные масла, древесные смолы и водорастворимые вещества (рис. 50). Эфирные масла представлены веществами с высокой летучестью, способными отгоняться с водяным паром. В их состав входят преимущественно монотерпены и другие летучие терпены и терпеноиды, а также ряд низкомолекулярных соединений различных классов (летучие кислоты, сложные и простые эфиры, лактоны, фенолы и др.). Древесные смолы (смола) - группа веществ, экстрагируемых из древесины органическими растворителями, но не способных растворяться в воде. Это - гидрофобные вещества, находящиеся в смолообразном состоянии из-за взаимного ингибирования кристаллизации. В смолах выделяют свободные кислоты (смоляные и жирные) и нейтральные вещества; последние, в свою очередь, подразделяют на омыляемые (жиры, воски) и неомыляемые (фитостерины, терпеновые спирты, высшие алифатические спирты, нелетучие терпеновые углеводороды и др.). Смолистые вещества древесины подразделяют на кислоты и нейтральные вещества. Массовая доля смоляных кислот в смоле хвойных пород может достигать 30...40 %, тогда как в смоле лиственных пород они отсутствуют (за редкими исключениями).

Смоляные кислоты относят к трудноэтерифицируемым кислотам. Карбоксильная группа в их молекуле находится у третичного атома углерода, т.е. в стерически затрудненном положении. Поэтому в отличие от жирных кислот смоляные кислоты находятся в древесине преимущественно в свободном виде. Соли смоляных кислот иногда называют резинатами.

Химические свойства наиболее распространенных смоляных кислот определяются также наличием в молекуле двух двойных связей - сопряженных или несопряженных. По этому признаку смоляные кислоты часто подразделяют только на две группы - кислоты абиетинового (17-52 % от всех смоляных кислот в живице хвойных пород деревьев) и пимарового типов.

Водорастворимые вещества экстрагируются холодной или горячей водой. Они содержат различные фенольные соединения (таннины, красящие вещества и др.), углеводы, гликозиды, растворимые соли [4].

Предварительные исследования проведенные в лаборатории кафедры ТТР МПИ подтвердили возможность использования в качестве регулятора структурно-механических и реологических свойств промывочных жидкостей, понизителя водоотдачи (за счет гидрофобизации абиетатом натрия глинистой корки стенок скважины), смазочной противоизносной добавки (за счет большой концентрации дитерпенов) и тонкодисперсного кальматанта - модифицированное древесное волокно с повышенным содержанием смол.

Данный эффект возможен благодаря уникальному вещественному составу основных компонентов древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, древесные смолы, дитерпены и другие вещества) модификация которых путем обработки едким натром в процессе сухой холодной механохимической деструкции приводит к следующим химическим изменениям последних:

1. измельченная целлюлоза является тонкодисперсным кальматантом (с повышенной проникающей способностью) и выполняет функцию твердой фазы бурового раствора с очень малым удельным весом;

- гемицеллюлоза, освобожденная в процессе измельчения от лигнина и под воздействием каустической соды частично переходят в щелочную целлюлозу, то есть становятся структкрообразователем на уровне карбонатметилцеллюлозы с небольшой атомной массой;

2. при механоактивации лигнина в присутствии едкого натра получается щелочной лигнин, являющийся понизителем вязкости бурового раствора и в определенных условиях термическим стабилизатором;

3. абиетиновая кислота входящая в состав древесных смол (0,8-1,5 % от массы древесины хвойных пород) при обработке каустиком в процессе механоактивации омыляется с образованием абиетата натрия (канифольного мыла), который в свою очередь является сильнейшим гидрофобизатором и микропенообразователем;

4. дитерпены высвобождающиеся из смолистой части древесины являются уникальной смазывающей добавкой снижающей износ буровых, обсадных труб и породоразрушающего инструмента в 10 раз и более.

При разработке рецептуры реагента РБЦ-4 и технологии его получения авторами решались следующие научно-исследовательские задачи:

- выбор породы древесины наиболее подходящей по вещественному составу и экономико-технологическим показателям;

- определение оптимального соотношения исходных компонентов древесная мука и гидроксид натрия;

- подбор оптимальных режимов процесса механоактивации древесного волокна, обеспечивающих возможность получения щелочной целлюлозы и омыления абиетиновой кислоты минуя жидкую фазу химического процесса;

- исследование структурообразующей и стабилизирующей способностей механоактивированных органопорошков древесины при обработке различных типов буровых промывочных жидкостей;

5. исследование влияния концентрации гидрофобизатора (абиетата натрия) в буровом растворе на водопроницаемость глинистой корки и соответственно на его водоотдачу;

6. исследование смазывающей способности разработанного реагента методом истирания стержня по Барону Л.И. в присутствии водного раствора РБЦ-4;

7. исследование кальматирующих свойств буровых промывочных жидкостей на основе механоактивированной древесины;

8. исследование возможности использования реагента РБЦ-4 для получения облегченных и аэрированных растворов.

Механоактивированные органопорошки древесины для проведения лабораторных исследований готовились путем сверхтонкого измельчения древесной муки из хвойных пород деревьев с повышенным содержанием древесной смолы на лабораторном стенде каскадной мельницы центробежного типа МКЦ-2М, оснащенной десятью рядами мелющих тел шарообразной формы (рис. 51). Результаты дисперсионного анализа механоактивированных порошков древесины показали - средний диаметр получаемых частиц при измельчении на лабораторном стенде каскадной мельницы центробежного типа МКЦ колеблется в пределах 35-50 микрон, а удельная поверхность 990-1550 $см^2/г$, при этом 60 % частиц порошка имеют средний размер меньше 50 микрон и 25-30 % - меньше 20 микрон. Необходимая степень механоактивации смеси древесной муки с едким натром при измельчении на МКЦ определялась по минимальному количеству сухого остатка после растворения органопорошка в воде. Полученные образцы с максимальной степенью ратворимости исследовались в качестве буровых реагентов для различных типов промывочных жидкостей на стандартных приборах в “Лаборатории промывочных жидкостей и тампонажных смесей” кафедры ТТР МПИ. Особое внимание уделялось изучению кальмотирующих свойств разработанного реагента РБЦ-4, возможности его использования в качестве гидрофобизатора глинистой корки и стенок скважины и смазывающей противоизносной функции реагента.

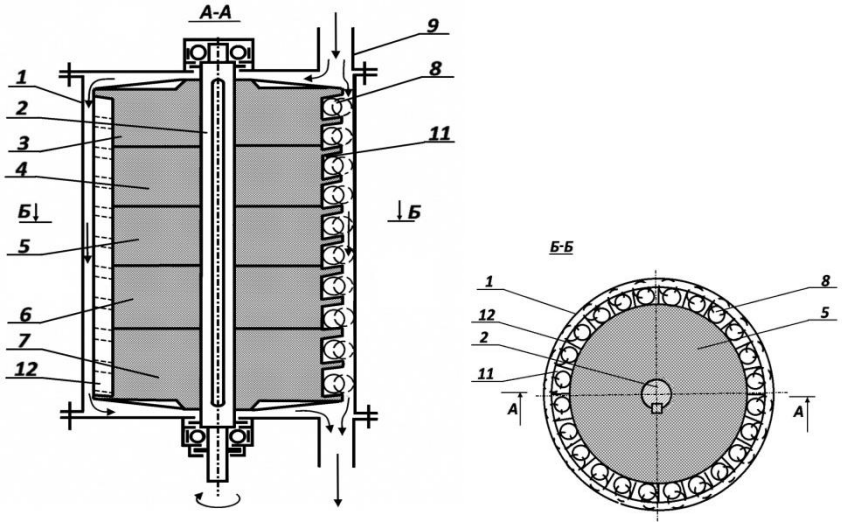


Рис. 51. Каскадная центробежная мельница МКЦ-2М.
1- корпус; 2 - вал; 3,4,5,6,7 - диски; 8 - мелющие тела; 9 - загрузочный; патрубок; 10 - выгрузочный патрубок; 11 - глухие радиальные каналы; 12 - пластина.

Фильтрационные свойства горных пород, определяющие в конечном счете поглощающую способность вскрытого скважиной пласта (интервала), характеризуются коэффициентом проницаемости «К» или просто проницаемостью. Наиболее распространенной практической единицей измерения коэффициента проницаемости

является 1 Д (дарси), когда через поперечное сечение породы площадью в 1 кв. см при перепаде давления в 1кгс/см на 1 см пути проходит 1 см/с жидкости вязкостью 1 сП. В системе СИ единицей проницаемости является квадратный метр (1 $м^2$ = 10^{12} Д). В гидрогеологической литературе наиболее удобной единицей измерения проницаемости считается коэффициент фильтрации Кф в метрах в сутки (или реже в см/с).

Процесс фильтрации - это механическое движение свободной воды под действием градиента напора в порах и трещинах горных пород , т.е. их способность пропускать через себя воду. Водопроницаемость зависит от размера сообщающихся между собой пор и трещин в горных породах и характеризуется коэффициентом фильтрации, имеющим размерность скорости (см/с, м/с, м/сут). Такая размерность получается из закона линейности фильтрации – закона Дарси, согласно которому количество фильтрующей воды в единицу времени прямо пропорционально коэффициенту фильтрации $К_ф$, площади фильтрации F и гидравлическому градиенту J [5]:

$$Q = K*F*J \quad (1)$$

Разделив правую и левую части этого уравнения на F, получим

$$Q/F = K*J, \quad где\ Q/F = V \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что коэффициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице.

$$V = K \ \ при\ J = 1 \quad (3)$$

Формулой (2) определяется скоростная размерность коэффициента фильтрации горных пород.

Следует отметить, что расчетная скорость фильтрации отличается от истинной скорости движения воды в породах, так как жидкость движется не через всю площадь, а через площадь поровых и трещинных пространств. Величина коэффициента фильтрации зависит от физических свойств горных пород (гранулометрический состав, плотность сложения и др.). Средние значения коэффициента фильтрации для различных горных пород приведены в таблице 1.

В связи с вышеизложенным авторами предложено в лабораторных исследованиях оценивать кальмотирующий эффект разработанных реагентов по коэффициенту фильтрации песчаных пород с помощью прибора – трубка “СпецГео” по методике учебного пособия «Общая гидрогеология» для студентов специальности 080300.

Группа	$К_ф$, м/сут	Типы проницаемых пород
Весьма проницаемые	>100	Крупный гравий, закарстованные сильнотрещиноватые известняки, галечник с песчаным наполнителем
Хорошо проницаемые	100 -10	Гравийно-галечниковые отложения, крупнозернистые пески, сильнотрещиноватые породы
Проницаемые	10 -1	Пески разной зернистости, трещиноватые породы
Слабопроницаемые	$1\text{-}10^{-1}$	Мелко- и тонкозернистые пылеватые пески, слаботрещиноватые породы
Весьма слабопроницаемые	$10^{-1}\text{-}10^{-3}$	Мелкие и средние суглинки, песчаные породы
Относительно водоупорные	10^{-3}	Средние глины, плотные суглинки

В качестве поглощающей породы был использован гранитный отсев Шарташского корьера следующего фракционного состава:

- 1,5 – 5 мм – 50 %;
- 5 – 10 мм – 25 %;
- 10 – 20 мм – 25 %.

Данная модель поглощающего горизонта при испытаниях на технической воде показала коэффициент фильтрации 9,8 м/сут., что соответствует группе проницаемых пород (согласно табл. 2).

Лабораторным испытаниям подвергался биокомпозиционный реагент на основе механоактивированного древесного волокна РБЦ-4 четырех модификаций, отличающихся друг от друга степенью механоактивации и обработки исходного сырья гидроксидом натрия. Отдельно исследовались пробы РБЦ-4 с повышенным содержанием соли абиетиновой кислоты полученные при использовании в качестве исходного сырья наиболее смолистой древесины (подсочная сосна, корневая древесина срубленных деревьев) или путем дополнительного добавления канифоли в опил перед процессом механоактивации совместно с каустиком. Наиболее показательные результаты лабораторных исследований представлены в таблице 2 и на графиках (рис. 52 и 53).

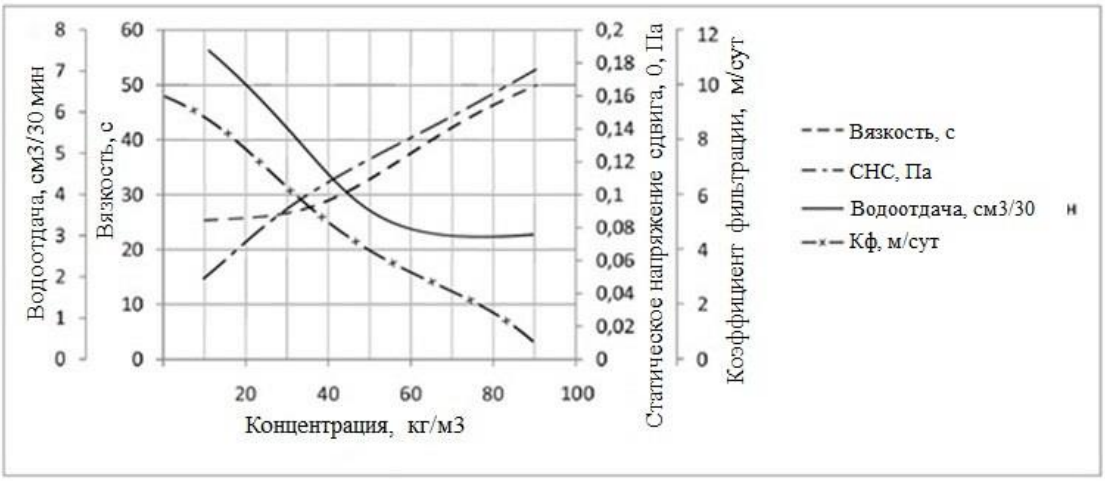


Рис. 52. Зависимость свойств биополимерного раствора на основе древесного волокна от концентрации реагента РБЦ-4

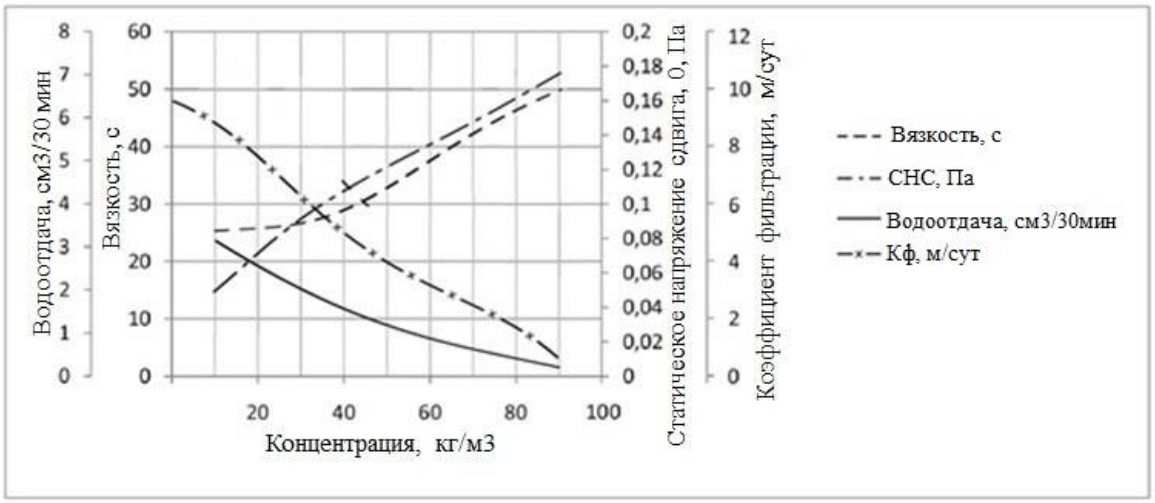


Рис. 53. Зависимость свойств биополимерного раствора на основе древесного волокна от концентрации соли абиетиновой кислоты в реагенте РБУ-М

Основные параметры бурового раствора на основе механоактивированого органопорошка РБЦ-4

№	Состав	Параметры

	пробы	Плотность ρ, г/см^3	Вязкость Т, с	Водоотдача В, см^3/30 мин	Толщина корки К, мм	СНС θ_1, Па	$К_ф$, м/сут
1	1 л. – вода 7 г. – NaOH 35 г. – РБЦ-4	1,02	25	7,5	1	0,05	7,9
2	1 л. – вода 7 г. – NaOH 50 г. – РБЦ-4	1,025	27	5,5	1	0,092	5,5
3	1 л. – вода 7 г. – NaOH 75 г. – РБЦ-4	1,025	33	3,5	1,2	0,12	3,7
4	1 л. – вода 7 г. – NaOH 100 г. – РБЦ-4	1,028	42	3	1,3	0,15	1,8
5	1 л. – вода 7 г. – NaOH 150 г. – РБЦ-4	1,028	50	3	1,5	0,175	0,3

Результаты лабораторных исследований влияния механоактивированных органопорошков (на основе древесного волокна хвойных пород деревьев с повышенным содержанием смолы) на свойства дисперсных систем различных типов буровых растворов позволяют авторам сделать следующие выводы рекомендательного характера:

- буровой раствор на основе реагента РБЦ-4 обладает высокими кальматирующими, структурообразующими, реологическими и смазывающими свойствами;
- при соответствующей химической обработке в процессе приготовления буровых промывочных жидкостей, обеспечивает приготовление высококачественных облегченных безглинистых промывочных жидкостей с плотностью до 1,02 - 1,03 г/см куб с весьма высокими структурно-механическими и реологическими показателями и возможностью их изменять в широких пределах, в зависимости от геолого-технических условий бурения скважин;
- в рецептурах буровых промывочных жидкостей органопорошок марки РБЦ-4 в отличие от глин эффективно структурирует как пресные, так и соленасыщенные буровые промывочные жидкости различной степени минерализации;
- буровая промывочная жидкость на основе органопорошка существенно снижает трение бурового снаряда о стенки скважины при его вращении и спускоподъемных операциях, что достигается за счет достаточно высокой степени омыления смолистой составляющей органопорошка марки РБЦ-4 и высвобождения дитерпенов в процессе его приготовления;
- органопорошок марки РБЦ-4 является экологически безвредным продуктом, т.к. подвергается бактериологическому разложению, не образуя вредных веществ;
- регулирование структурно-механических и реологических параметров промывочных жидкостей, приготовленных на основе данного структурообразователя и кальматанта органопорошка РБЦ-4 можно производить в весьма широких диапазонах с применением традициониых буровых химических реагентов: полиакриламида, КМЦ, гипана, крахмальных реагентов и других отечественных и зарубежных химреагентов.

Технология и техника приготовления разработанного бурового универсального реагента марки РБЦ-4 защищена 5 патентами РФ на изобретения.

6.15. Буровой реагент для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений «Peat-MA»

Повышение мировой потребности в углеводородном сырье и истощение его запасов на суше активизировали поисково – разведочные работы в акваториях морей и океанов, приведшие к существенному росту морской нефтегазодобычи. В 2010 – 2011 годах доли морской нефти и газа от мирового объема добычи составили, соответственно, 44 % и 35 %. Россия обладает около 21 % шельфа Мирового океана (свыше 6,2 млн. км^2), при этом наиболее перспективный и доступный с точки зрения бурения шельф превышает 60 % площади ее акваторий. Общепризнанным является высокий углеводородный потенциал шельфа России – суммарные извлекаемые ресурсы оцениваются ведущими отечественными специалистами в 100 млрд. т., из которых газовая составляющая достигает 80 %. В соответствии с Энергетической стратегией РФ на период до 2030 г. освоение нефтегазовых месторождений на шельфе северных и дальневосточных морей является одним из стратегических направлений развития экономики (рис. 54).



Рис. 54. Увеличение объемов добычи нефти и газа на шельфе РФ.

Кроме того нефтегазоносные площади на материковой части нашей страны (например Западно-Сибирский регион) в основном имеют низконапорные продуктивные горизонты. Для успешного их вскрытия при бурении скважин применяют облегченные промывочные жидкости, приготовленные из дорогостоящих зарубежных (США, Канада) бентонитовых глинопорошков стоимостью 1,2 – 1,5 $ за килограмм и более, (например: Унифлок, ДК-дрилл, Сайдрил, Поликем-Д) которые содержат аномальное количество химреагентов, в том числе синтетических полимеров.

Такие промывочные жидкости, как известно, оказывают крайне недопустимую кальматацию (закупоривание) продуктивных горизонтов, вследствие чего на десятки

процентов снижается добыча полезных ископаемых. Так же, при этом происходит загрязнение акватории и практически неустранимое экологическое загрязнение земных недр, вызванное чрезмерным количеством используемых синтетических трудно разлагающихся полимеров входящих в рецептуру промывочных жидкостей [1].

Значительную часть названных экологических проблем возможно решить путем использования специальных буровых очистных агентов и тампонажных растворов разработанных на основе экологически безопасных материалов органического происхождения (торфопорошки), прошедших специальную механо-химическую обработку. В связи с этим авторами статьи разработана эксклюзивная технология производства дешевого, экологически чистого бурового реагента «Peat-MA» (Peat - Mechanical Activation) для использования при бурении нефтегазовых скважин на шельфе и вскрытии низконапорных продуктивных горизонтов на материковых месторождениях. Непосредственно разработка рецептур и оценка эффективности регулирования параметров различных типов промывочных жидкостей реагентами типа «Peat-MA» проводилась научным коллективом кафедры ТТР МПИ. В качестве измельчающего устройства и механоактиватора при разработке технологии использовалась каскадная измельчительная машина центробежного типа МКЦ-4М (рис. 55) - так же авторская разработка кафедры.

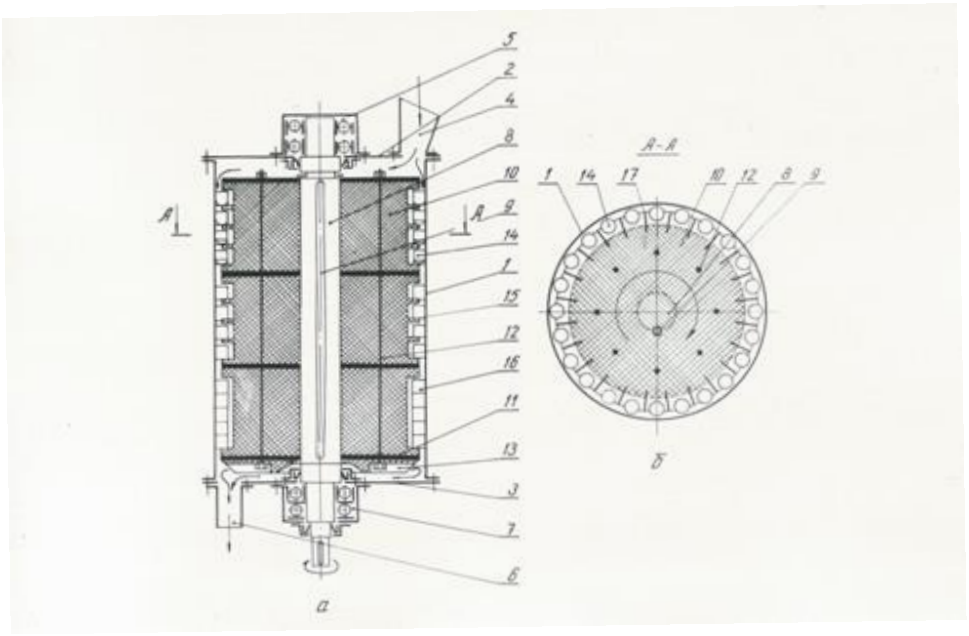


Рис. 55. Сема каскадной измельчительной машины центробежного типа МКЦ-4М. 1-корпус мельницы; 2 – крышка верхняя; 3 – нижняя плита; 4 – загрузочный патрубок; 5 – верхний подшипниковый узел; 6 – разгрузочный патрубок; 7 – нижний подшипниковый узел; 8 – вал ротора; 9 – шпонка; 10 – ротор; 11 – разделительный диск; 12 – стягивающие шпильки; 13 – выгребные лопатки; 14, 15, 16 – мелющие тела; 17 – толкающая пластина.

При выполнении значительного объема лабораторных работ решались следующие технико-технологические задачи:

-получение механоактивированных порошков путем их сверхтонкого измельчения на экспериментальном стенде каскадной центробежной мельницы;

- исследование структурно-механических и реологических параметров водных растворов и суспензий на основе механоактивированных порошков торфа «Peat-MA», применительно к требованиям параметров буровых промывочных жидкостей, используемых при бурении нефтяных скважин;

- модификация буровых промывочных жидкостей при обработке их буровым реагентом «Peat-MA»;

- исследование и оценка устойчивости к минеральной агрессии промывочных жидкостей, приготовленных на основе механоактивированных порошков торфа;

- исследование эффективности модификации технологических свойств буровых промывочных жидкостей, базовым материалом которых является реагент «Peat-MA», с использованием традиционных, применяемых в бурении химреагентов;

- аналитические исследования гидродинамики течения в циркуляционной системе буровой скважины промывочной жидкости на основе реагента «Peat-MA».

Механоактивированные порошки торфа для проведения вышеуказанных исследований готовились путем сверхтонкого измельчения высушенного торфа средней степени разложения на стенде каскадной центробежной мельницы МКЦ-4. При этом одна проба торфа проходила два цикла измельчения в прямоточном режиме, а вторая проба четыре цикла измельчения. В результате был получен торф измельченный дважды и четырежды. Задачей исследований являлось определение предела измельчаемости торфа и необходимая степень его механоактивации для использования в качестве бурового реагента. Суспензия на водной основе была получена путем щелочного гидролиза механоактивированного торфа. Целью начальных исследований был поиск наиболее эффективного соотношения: диспергированный торф - гидроксид натрия - вода. Как следует из табл. 1 и табл. 2 наиболее оптимальными параметрами данной промывочной жидкости являются: плотность ρ=1,028÷1,03 г/см^3; условная вязкость T=20÷25 с; водоотдача B=21÷25 см^3/30 мин; толщина корки K≤3 мм; статическое напряжение сдвига Θ_1 =0÷0,009 Па и Θ_{10}=0÷0,0045 Па. Данные параметры бурового раствора достигаются при соотношении: 100 г тонкодисперсного торфа, 7,5÷10 г гидроксид натрия и 1,5 л воды. При этом наиболее выгодные параметры получаются при щелочном гидролизе торфа двойного помола в соотношении: 100 г торфа, 10 г гидроксид натрия и 1,5 л воды.

Следует отметить, что малые значения статического напряжения сдвига Θ_1 и Θ_{10} (соответственно динамического напряжения сдвига) при наличии оптимальных значений других параметров позволяют существенно снизить энергозатраты на работу забойных двигателей турбобуров и значительно уменьшить кальматацию продуктивных горизонтов, а следовательно увеличить нефтеотдачу данных горизонтов и сократить сроки освоения эксплуатационных скважин.

Исследование физико-химической совместимости бурового реагента «Peat-MA» с другими типами буровых реагентов проводились на рецептурах глинистых растворов наиболее часто используемых в нефтегазовом бурении. Проведенные исследования показали, что применение реагента «Peat-MA» позволяет повысить вязкость (T) в 1,5 - 2 раза при весьма незначительном повышении статического напряжения сдвига (Θ_1 и Θ_{10}).

Однако при этом значительно увеличивается водоотдача (B) с 12 до 30 см^3/30 мин и толщина корки (K) с 2 до 4 мм соответственно. Поскольку вязкость глинистого раствора увеличивается на 15÷20 %, а статическое напряжение сдвига уменьшается примерно в таких же пределах при незначительном уменьшении водоотдачи, бурение нефтяных скважин такими специальными глинистыми промывочными жидкостями будет существенно снижать кальматацию продуктивных горизонтов, тем самым повышая их нефтеотдачу.

Исследование устойчивости к минеральной агрессии промывочной жидкости с добавлением гидролизованного реагента «Peat-MA» проводились путем сравнения параметров данной промывочной жидкости и глинистых растворов с достаточно высокой плотностью (ρ), равной 1,11 и 1,16 г/см^3 в процессе их обработки хлористым натрием NaCl. Лабораторные исследования показали, что даже при такой большой разнице содержание твердой фазы сравниваемых промывочных жидкостей: ρ = 1,02÷1,03 г/см^3 у раствора на

основе «Peat-MA», и ρ = 1,1÷1,6 г/см^3 у глинистых растворов, первая промывочная жидкость более устойчиво сохраняет свои структурно-механические и реологические параметры при добавке NaCl 1÷2 %. Установлено, что при повышении содержания твердой фазы (т. е. плотности) устойчивость к минеральной агрессии промывочной жидкости на основе гидролизованного реагента «Peat-MA» повышается (см. табл.4,5,6,7). Следует так же отметить, что при увеличении степени минерализации дисперсионной среды исследуемой промывочной жидкости в виде водного раствора реагента «Peat-MA» ее вязкость изменяется незначительно, что очень важно в ряде случаев, например, для работы турбобуров в нефтегазовом бурении.

Исследование возможностей регулирования свойств буровых промывочных жидкостей путем применения гидролизованного реагента «Peat-MA», проводились с использованием самых распространенных в бурении реагентов - ПАА (гидролизированный полиакриламид) и КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза) (табл. 8,9).

КМЦ - продукт взаимодействия целлюлозы с гидроксидом натрия и монохлоруксусной кислотой. Как реагент КМЦ используют в виде водного раствора, обычно 10 % концентрации, для чего КМЦ предварительно растворяют. Чем выше степень полимеризации карбоксиметилцеллюлозы, тем более устойчив буровой раствор к солевой агрессии и тем эффективнее снижает водоотдачу. Высоковязкие КМЦ способны снижать водоотдачу очень сильно. В растворе с небольшим содержанием твердой фазы добавка КМЦ может вызывать разжижение. Однако при достаточно высоком содержании твердой фазы КМЦ усиливает структурообразование, объединяя частицы, находящиеся даже за приделами действия молекулярных сил. Отличительной особенностью полученных результатов, при добавлении КМЦ в буровой раствор на основе гидролизованного реагента «Peat-MA», является малая плотность, порядка 1,03 г/см^3 и низкий показатель водоотдачи 7÷10 см^3/30 мин (см. табл.8). Оптимальная концентрация карбоксиметилцеллюлозы в растворе гидролизованного реагента «Peat-MA» порядка 5 %.

Полиакриламид получают путем преобразования ряда синтетических веществ: этилен, окись этилена и др., а водные и щелочные растворы ПАА являются полиэлектролитами. Наличие зарядов в молекулах полимера обусловливает их адсорбцию на бурильных трубах, на стенках скважины и частицах горной породы, оказывая ингибирующее действие. ПАА вводится в промывочные жидкости в виде 1÷2 % - го раствора.В результате лабораторных исследований выявлено, что при добавлении ПАА в буровой раствор на основе гидролизованного реагента «Peat-MA», значительно снижается его водоотдача и статическое напряжение сдвига.

Лабораторными исследованиями свойств гидролизованного реагента «Peat-MA» установлено следующее:

- разработанный буровой реагент позволяет регулировать структурно-механические и реологические параметры в весьма высоких пределах: условная вязкость T=17÷18 с; водоотдача B=4÷20 см^3/30мин; статическое напряжение Θ_1≈0,1÷0,5 Па и Θ_{10}≈0,15÷0,6 Па; плотность данных промывочных жидкостей при этом имеет крайне малые значения в пределах ρ=1,01÷1,03 г/см^3;

- обработка промывочной жидкости гидролизованным реагентом «Peat-MA» позволяет получить облегченную промывочную жидкость плотностью до ρ=0,01 г/см^3 с уникальными параметрами для такой малой величины плотности известных буровых промывочных растворов: условная вязкость *T=18÷20 с*; водоотдача B=10÷12 см^3/30мин; статическое напряжение Θ_1≈0,1÷0,25 Па и Θ_{10}≈0,04÷0,06 Па;

- промывочная жидкость на основе «Peat-MA», после дополнительной обработки химреагентами имеет весьма невысокие значения статического напряжения сдвига и условной вязкости, что существенно снижает энергозатраты на работу турбобуров и насосных станций.

Теоретические исследования гидродинамики течения в трубопроводах промывочных жидкостей на основе реагента «Peat-MA», применительно к промывке буровых скважин, дают основания однозначно утверждать о многократном снижении кавитационной физико-химической эрозии бурового оборудования. Это в первую очередь относится к значительному снижению вышеуказанного износа бурильных труб и их соединений, турбобуров и других погружных механизмов.

В целом вышеуказанные отличительные особенности буровых жидкостей на основе механоактивных порошков торфа «Peat-MA» позволяют:

- значительно повысить дебит продуктивных нефтеносных пластов при бурении и освоении скважин;
- увеличить механическую скорость бурения нефтегазовых скважин;
- снизить в ряде случаев энергозатраты на процесс бурения;
- снизить износ бурового оборудования и инструмента;
- исключить экологическое загрязнение среды, особенно при бурении на шельфе.

На основе разработанной технологии и техники модификации органических полимеров, методом механоактивации возможно открытие стационарного, много тоннажного, достаточно компактного и быстро окупаемого производства универсального экологически чистого бурового реагента «Peat-MA» или серийный выпуск малогабаритных измельчительных комплексов, для производства выше названного реагента непосредственно в районе приблеженном к нефтепромыслу, имеющем в достатке исходное сырье – торф. Дополнительно данная технология и техника сверхтонкого измельчения и механоактивации позволит производить различные импортозамещающие, экологически безопасные буровые реагенты (структурообразователи, понизители водоотдачи, смазывающие добавки, кальматанты и др.) в промышленных объемах. Использование последних при приготовлении высококачественных буровых растворов и тампонажных смесей позволит повысить механическую скорость бурения на 25-40 %, сократить временные и материальные затраты на сооружения скважин до 20%, снизить абразивный износ бурового оборудования в 10 раз, повысить на сотни процентов добычу жидких и газообразных ископаемых, а главное - полностью исключить экологическое загрязнение окружающей среды техногенными флюидами используемыми при бурении скважин, как на шельфе, так и на материке.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

7.1. Меры безопасности при работе с промывочными жидкостями

Все работы по приготовлению промывочных жидкостей и их химической обработке должны проводиться в полном соответствии с правилами безопасности при геологоразведочных работах. Особое внимание следует обратить на оборудование

механизмов для приготовления промывочных жидкостей надежными ограждениями, на соблюдение правил пуска механизмов после осмотра и текущего ремонта.

Во время работы мешалок запрещается проталкивать торф и другие материалы в люки ломами, лопатами и другими предметами, снимать с люка крышку и брать пробу раствора через люк. Вращение лопастей и ротора и лопастей должно быть обязательно проведено перед пуском, крышки люков и отводных патрубков не должны пропускать раствор. Насосы должны иметь предохранительные клапаны.

Работать с реагентами, особенно щелочами и кислотами, необходимо в специальной одежде, включающей резиновые перчатки, очки или специальную маску с очками, респиратор, резиновые фартук и сапоги, с соблюдением правил безопасности при работе с щелочами и кислотами. Следует понимать, что попадание кислот и щелочей на кожу вызывает опасные ожоги. Порошкообразные, и жидкие в виде брызг и тумана кислоты и щелочи раздражают дыхательные пути иногда до язв. При длительной работе с растворами щелочей и кислот без соблюдения правил техники безопасности наблюдаются воспалительные процессы в виде покраснений и язв, кожа становится рыхлой. Попадание щелочей и кислот в глаза может вызвать потерю зрения.

Кожу или одежду, на которую попала щелочь, следует незамедлительно промыть разбавленной кислотой (рекомендуется 10 %-ный раствор уксусной кислоты). Запас такой кислоты должен быть обязательно на месте работ. Для промывки глаз в аптечке должен быть специальный стаканчик и марлевые салфетки. Кожу и одежду очищать от кислоты следует 10 %-ным раствором двууглекислой (чайной) соды.

Все работающие на приготовлении и химической обработке промывочных жидкостей должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности, инструктаж на рабочем месте, а также регулярно, в установленные сроки, проходить повторные инструктажи.

А также должны выполняться следующие требования:

Площадка для приготовления раствора по размерам должна обеспечивать удобное обслуживание, иметь прочный настил (пол) из досок толщиной не менее 20 мм и дренажные канавки для отвода жидкости.

Вокруг люка глиномешалки, должен устанавливаться помост шириной не менее расстояния между перилами и трапами к нему.

Люк глиномешалки должен закрываться решеткой с заглушкой. Ячейки решетки могут иметь размер 10х10 см.

Земляные хранилища бурового раствора должны иметь ограждение не менее 1 м или перекрываться настилом.

На стационарной, передвижной и самоходной буровой должны быть освещены следующие объекты:

а) рабочее место у станка и устье скважины;
б) полати, площадка для кронблока или подвешенный блок;
в) двигатель и насос;
г) лестницы;
д) слесарный верстак;
е) приемный мост;
ж) входы в буровую и отстойники промывочной жидкости;

Самоходные и передвижные буровые установки, питающиеся энергией от двигателя автомобиля, трактора, могут освещаться прожекторами или фарами, направленными к устью скважины, насосу, полатям бурового оборудования. Освещение не должно ослеплять рабочих.

В качестве аварийного освещения должны применяться переносные электрические лампы напряжением до 36 В или переносные керосиновые фонари закрытого типа. Применение факелов и других источников открытого огня для аварийного освещения запрещается.

Современная хозяйственная деятельность человека связана с все увеличивающимся воздействием на окружающую среду. Особую опасность представляют собой отходы производства. Не случайно поэтому, охрана окружающей среды стала одной из важнейших экономических и социальных задач, находящихся под пристальным вниманием.

При бурении промывочными жидкостями на основе механоактивированных порошков торфа должны соблюдаться общие для всех видов бурения, мероприятия по охране окружающей среды.

Буровой агрегат должен проверяться в начале смены машинистом буровой установки и периодически, но не реже одного раза в декаду, буровым мастером.

Результаты проверки следует заносить в буровой журнал, а обнаруженные неисправности устранять до начала работ.

Во время работы буровых станков запрещается:

а) переключать скорости лебедки и вращателя, а также переключать вращение с лебедки на вращатель и обратно до их полной остановки;

б) заклинивать рукоятки управления машин и механизмов;

в) пользоваться патронами шпинделя с выступающими головками зажимных болтов.

Во время спускоподъемных операций запрещается:

а) работать на лебедке с неисправными тормозами;

б) стоять в непосредственной близости от спускаемых (поднимаемых) труб и элеватора;

в) спускать трубы с не полностью завинченными резьбовыми соединениями;

г) производить быстрый спуск на всех уступах и переходах в скважине;

д) держать на весу талевую систему под нагрузкой или без нее при помощи груза, наложенного на рукоятку тормоза или путем ее заклинивания;

е) проверять или чистить резьбовые соединения голыми руками.

Запрещается охлаждать трущиеся поверхности тормозных шкивов водой, глинистым раствором.

Все операции по свинчиванию и развинчиванию сальника, бурильных труб и другие работы на высоте более 1,5 м, требуется производить со специальных полатей и площадок или переносных лестниц, огражденных перилами.

При кратковременных остановках бурения необходимо приподнять бурильные трубы на высоту, исключающую возможность их прихвата.

Подтягивание бурильных труб диаметром 63,5 м и выше от устья скважины к подсвечнику и обратно, а также к полатям верхового рабочего на расстояние не более 0,7 м должно осуществляться с помощью специальных приспособлений (крючка, захвата и др.).

Находящиеся на полатях крючки для подтягивания, установки свечей за палец должны быть привязаны.

Соединять и отвинчивать вертлюг-сальник от рабочей трубы следует только штанговыми ключами.

После окончания разведочных буровых работ на скважине необходимо выполнить следующее:

а) засыпать все ямы и шурфы, оставшиеся после демонтажа буровой;

б) герметизировать устье скважины;

в) выровнять площадку.

Запрещается:

а) во время подъема бурильных труб очищать их непосредственно руками от глинистого раствора; очистка должна производиться механическим способом;

б) оставлять свечи, не заведенными за палец полатей;

в) составлять свечи бурового инструмента такой длины, что при выполнении спускоподъемных операций верховой рабочий вынужден становиться на перила полатей или работать с лестниц;

г) перемещать в шпинделе бурильные трубы, а также свинчивать и развинчивать их во время вращения шпинделя;

д) поднимать бурильные, колонковые и обсадные трубы из горизонтального положения в вертикальное со скоростью лебедки на прямом канате.

Для ограничения предельной высоты подъема элеватора (фарштуля, талевого блока) и предупреждения затягивания его в кронблок или подвесной блок в вышке или мачте требуется установить противозатаскиватель или на подъемном канате в надлежащем месте должна быть нанесена ясно видимая метка.

Подкладная вилка должна иметь скобу для держания и загнутый кверху конец рукоятки.

При работе лебедкой с помощью рукоятки ручного подъема следует:

а) правильно сочетать действия рукояток ручного подъема и тормоза;

б) по прекращении работы немедленно снять со станка рукоятку подъема.

Перекрепление патронов шпинделя необходимо производить при выключенном вращателе и полной остановке шпинделя.

Разрешается свинчивание и развинчивание рабочего наконечника и извлечение керна из подвешенной колонковой трубы при соблюдении следующих условий:

а) труба удерживается на весу тормозом, управляемым буровым мастером, причем для подвески трубы запрещается применять полуавтоматические элеваторы и фарштули;

б) если расстояние от нижнего конца трубы до пола не более 0,2 м.

При извлечении керна из колонковой трубы запрещается:

а) поддерживать руками снизу колонковую трубу, находящуюся в подвешенном состоянии;

б) проверять рукой положение керна в подвешенной колонковой трубе.

При использовании полуавтоматических элеваторов не обходимо:

а)проверять перед началом работы исправность их запоров, упорного подшипника подвесной головки, вращение подвесной головки;

б) содержать элеваторы и наголовники в чистоте;

в) производить операции, связанные с расхаживанием, перемещением и заменой бурового снаряда, только на фарштуле;

г) навинчивать свечу при ослабленном канате;

д) поднимать элеватор по свече, без рывков, со скоростью, не превышающей второй скорости лебедки на прямом канате;

е) довинчивать наголовники ключом или вилкой;

ж) обеспечить буровую бригаду шахтерскими касками. Запрещается применять полуавтоматические элеваторы при работе со свечами "на вынос".

Механизмы для свинчивания и развинчивания бурильных труб должны быть установлены на прочном основании, закреплены и отцентрированы по оси скважины и кронблока.

При свинчивании и развинчивании бурильных труб с помощью механизмов запрещается:

а) держать руками вращающуюся свечу;

б) вставлять или снимать вилки в прорези замка свечи при включенном двигателе механизма;

в) пользоваться ведущими вилками с удлиненными рукоятками без защелок и с разработанными зевами, превышающими размеры прорезей в замках и ниппелях более чем на 2,5 мм;

г) откреплять сильно затянутые резьбовые соединения одновременно с помощью трубных ключей;

д) стоять в направлении усилия водила в начальный момент открытия резьбового соединения.

7.2. Производственная санитария

Используемые в бурении промывочные жидкости в той или иной степени неизбежно загрязняют окружающую среду. Промывочная жидкость и ее компоненты при попадании в грунтовые и подземные воды, поверхностные водоемы, почву и атмосферу отрицательно влияют на окружающую среду. Бурение с промывкой скважин, как правило, связано с применением больших объемов материалов различной степени токсичности и с различным содержанием углеводородных соединений, представляющих опасность для окружающей среды, как флоры, так и фауны. Из практики бурения известно, что почва, подверженная воздействию промывочной жидкости, лишенная растительности на долгие годы. Проблемы защиты окружающей среды обостряются, когда бурение ведут вблизи водоемов. В этих условиях возникает опасность отравления большого количества фауны, вследствие попадания в водоемы с поверхности или через проницаемые горизонты, вскрытые скважиной, токсичных компонентов промывочной жидкости. При этом наиболее опасными, с точки зрения токсичности, являются органические составляющие промывочной жидкости с низкой относительной молекулярной массой, соединения хлора, а также поверхностно-активные вещества, нефть и нефтепродукты. В комплекс природоохранных предприятий при использовании промывочных жидкостей входят предупредительные мероприятия, связанные с рекультивацией земель после окончания бурения скважины. Предупредительные мероприятия сводятся к организации работ, которые бы исключали потери вредных компонентов, уменьшали бы потребность в промывочных жидкостях и их компонентах, загрязняющих окружающую среду. К ним относятся следующие:

а) соответствующая организация транспортировки реагентов и готовых промывочных жидкостей. Такие не сложные меры, как затаривание рассыпных реагентов, максимальное сохранение заводской упаковки, герметизация емкостей, применяемых при перевозке реагентов и промывочных жидкостей, весьма эффективны и не требуют значительных затрат;

б) надежное хранение промывочных жидкостей и всех их компонентов. Предупреждение утечек промывочных жидкостей из желобной системы, предупреждение попадания и перетока дождевых вод через желобную систему;

в) непригодные промывочные жидкости целесообразно складировать в бункерах-накопителях с последующей утилизацией или обезвоживанием;

г) сбор буровых сточных вод с пола буровой. Для этого площадка под буровую установку должна быть подготовлена соответствующим образом;

д) выбор и применение нетоксичных или малотоксичных промывочных жидкостей и материалов для регулирования их свойств;

ж) предупреждение поглощения промывочной жидкости, а при возникновении - быстрая и надежная его ликвидация. Это важно не только с точки зрения предупреждения загрязнения водоносных зон, которые могут использоваться для питьевого и хозяйственного водоснабжения, но и сокращения потерь при транспортировке.

Обязательным условием успешной рекультивации земли после завершения бурения скважины является ликвидация желобной системы с предварительным сбором шлама, удалением из отстойников и приемных емкостей промывочных жидкостей или ее обезвоживанием. В противном случае при засыпке приемных емкостей промывочная жидкость будет вытеснена на поверхность и загрязнит плодородный слой земли.

Безвредный шлам засыпают в отстойниках и приемных емкостей Шлам, содержащий вредные вещества, необходимо складировать с последующим обезвреживанием и засыпкой. Шлам нефтеэмульсионных растворов следует подвергать высокотемпературной термической обработке.

Все работы, связанные с уничтожением вредных промывочных жидкостей, должны согласоваться с санитарной службой в районе работ.

В настоящее время большое внимание уделяется созданию новых экологически чистых промывочных жидкостей. Торф, крахмал, какао-велла как сырье для приготовления промывочных жидкостей - экологически чистые и безопасные материалы.

7.3. Меры пожарной безопасности

При установке буровой, в радиусе 50 м, рабочая площадка должна быть очищена от валежника, листьев и травы.

Трубы от двигателей и печей должны быть выведены не менее чем на 1,5 м выше откоса буровой и снабжены искрогасителями. При прохождении выхлопной трубы через деревянные конструкции или около них зазор между трубой и конструкцией должен составлять не менее 15 см, а трубу необходимо обернуть асбестом.

Пол под печкой и возле нее на расстоянии 0,5 м, а со стороны топки - 0,7 м должен быть покрыт листовой сталью. У печки стенка буровой должна быть изолирована песком между листом и стенкой буровой слоем не менее 10 см. Расстояние от стенки до печки должно быть не менее 0,7 м.

Для выключения электроэнергии, питающей буровую, требуется предусмотреть отключающее устройство, расположенное снаружи на расстоянии не менее 5 м от буровой.

Запрещается:

а) в буровой разводить открытый огонь и применять факелы и другие источники открытого пламени для освещения;

б) утеплять буровую обшивкой легковоспламеняющимися материалами;

в) располагать электропроводку в буровой в местах возможного ее повреждения буровым снарядом или инструментом при ремонте;

г) хранить ГСМ в металлических бачках ближе 15 м от буровой, при обшитой вышке высотой более 15 м не ближе 50 м от вышки.

При установке в буровой двигателей внутреннего сгорания под них должен устанавливаться металлический противень для сбора стекающего горючего и масла, которые необходимо систематически убирать.

Пол помещения, в котором устанавливаются двигатели внутреннего сгорания, должен быть защищен от возгорания обивкой листовой сталью по асбесту на расстоянии 0,5 м вокруг двигателя.

Глушитель следует систематически очищать от нагара.

Бак двигателя должен иметь объем, который рассчитан не более чем на 8 ч работы, но не более 50 л.

Запрещается:

а) работающий двигатель заправлять ГСМ, а также пользоваться открытым огнем при заправке баков с горючим и для определения уровня горючего в баке;

б) разогревать масло- и топливопроводную систему двигателя открытым огнем (факелами, паяльной лампой) и допускать работу двигателя с неисправной подводкой горючего (подтекание).

Все буровые установки должны быть обеспечены противопожарным инвентарем в следующих количествах:

- огнетушители на буровые вышки с приводом от электродвигателя — один пенный, один углекислотный, на буровые с приводом от двигателя внутреннего сгорания - 2 пенных огнетушителя;

- ящики объемом 0,5 м3 с песком и лопатой - 2 комплекта (один в буровой и один у входа в буровую);

- бочки с водой емкостью 250 литров - 1 шт.

- ведра пожарные - 2 шт.
- комплект шанцевого инструмента (топор, багор, лом) -2 комплекта

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подгорнов Ю.М. Эксплуатационное и разведочное бурение на нефть и газ – Учеб. пособие для рабочих на производстве. М.: Недра, 1988
2. Овчинников В.П., Грачева С.И., Фролов А.А. – Справочник бурового мастера. – Научно-практическое пособие в 2-х томах. М.: «Инфра-Инженерия», 2006.
3. Рябченко В. И. Управление свойствами буровых растворов. М.: Недра, 1990.
4. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам. Оренбург: «Летопись», 2005-664с.
5. Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1981. - 152 с.

6. КруглицкийН.Н.,Агабалянц Э.Г. Методы физико-химического анализа промывочных жидкостей. - Киев: Техника, 1972
7. Малахова А.Я. Физическая и коллоидная химия. - Минск: Высшая школа, 1981. - 304 с.
8. Киреев В.А. Курс физической химии. - М.: Химия, 1975. - 776 с.
9. Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. - М.: Наука, 1979. - 381 с.
10. Дедусенко Г.Я., Иванников В.И., Липкес М.И. Буровые растворы с малым содержанием твердой фазы. - М.: Недра, 1985. - 160 с.
11. Паус К.Ф. Буровые промывочные жидкости. - М.: Недра, 1967. - 310 с.
12. Промывочные жидкости и тампонажные растворы (физикохимия и основы применения) // Булатов А.И., Круглицкий Н.Н., Мариампольский Н.А., Рябченко В.И. - Киев.: Техника, 1974.
13. Грей Дж. Р., Дарли Г.С. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей): Пер. с англ. - М.: Недра, 1985. - 509 с.

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков, С. В. Холкин

Методическое пособие
к комплексу практических работ
по дисциплинам «Очистные агенты и тампонажные смеси»
«Бурение скважин»
для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки

очного и заочного обучения

Приборы, методика оценки параметров

Екатеринбург
2020

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы в разведочном колонковом бурении достигнуты значительные успехи по улучшению качества и совершенствовании составов промывочных жидкостей. Этому в большой степени способствовало применение прогрессивных способов бурения малыми диаметрами и увеличение глубин скважин.

При бурении разведочных скважин стали широко применяться малоглинистые и безглинистые промывочные жидкости, аэрированные растворы, активные промывочные жидкости с улучшенными смазочными свойствами. Значительное внимание стало уделяться реологии промывочных жидкостей.

В связи с этим расширился ассортимент приборов для оценки качества промывочных жидкостей и были разработаны новые методы их определения.

Настоящие методические разработки имеют цель ознакомить студентов со всеми приборами и методами оценки структурно-механических, реологических и смазочных свойств промывочных жидкостей, применяемых в разведочном бурении.

В соответствии с ГОСТ 8.002-71 все средства измерений должны пройти государственную или ведомственную поверку. На пригодный к измерениям прибор выдается свидетельство или наносится клеймо с указанием даты поверки.

Приборы и методы оценки структурно-механических свойств промывочных жидкостей

Основными структурно-механическими свойствами промывочных жидкостей являются:

1) удельный вес, г/см^3;
2) условная вязкость, с ;
3) водоотдача, см3 за 30 мин;
4)содержание песка, %;
5)стабильность, г/см3;
6)суточный отстой, %;
7) статическое напряжение сдвига, Па ;
8)динамическое напряжение сдвига, Па ;
9)пластическая или структурная вязкость, Па . с;
10) эффективная вязкость, Па · с;

Первые шесть параметров определяются непосредственно на буровых вышках с помощью приборов и лабораторной посуды, входящих в комплект переносной лаборатории ЛРГ-3. Приборы и лабораторная посуда размещены в специальном деревянном ящике с гнездами и креплениями для каждого предмета, входящего в комплект лаборатории.

Статическое и динамическое напряжение сдвига, а также пластическая и эффективная вязкость определяются в стационарных лабораториях геологоразведочных партий и экспедиций с помощью приборов СНС-2 и ВСН-3.

АРЕОМЕТР АГ-2
НАЗНАЧЕНИЕ

Ареометр АГ-2 предназначен для измерения удельного веса глинистых и цементных растворов, применяющихся при бурении скважин.

ОПИСАНИЕ АРЕОМЕТРА

Ареометр АГ-2 (рис. 1) состоит из поплавка 3 со шкалой 2, соединяющегося на байонете 4 с мерным стаканом 5, и съемного груза 6, крепящегося к стакану. В комплекте с ареометром поставляется ведро-футляр 1 с крышкой, в котором он укладывается между резиновыми гнездами.

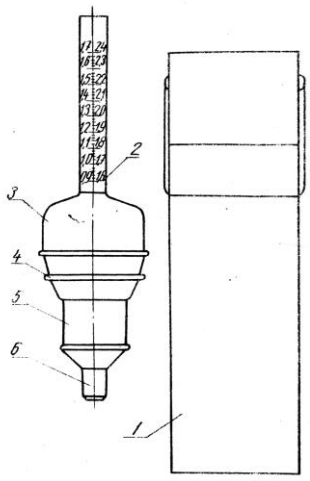


Рис. 1. Ареометр АГ-2 в сборе и ведро-футляр

Техническая характеристика

Ареометр АГ-2 имеет два предела измерения: от 0,90 до 1,70 г/см^3 - при навернутом съемном грузе, от 1,60 до 2,40 г/см^3 - при снятом съемном грузе.

Цена деления ареометра на шкале.....0,02
Точность измерения,
г/см^3……...…….....……...…. ±0,01
Габаритные размеры, мм:
ареометра.....100х450
ведра-футляра.....120х480
Вес комплекта, кг.....2

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЯ

Подготовка прибора к измерению

Подготовку прибора к измерению следует производить в следующей последовательности:

открыть крышку ведра и вынуть ареометр, налить воду в ведро (рекомендуется применять чистую пресную воду, так как в этом случае получаются наиболее точные результаты измерения и не требуется вносить поправку на удельный вес воды), поворотом поплавка относительно мерного стакана открыть байонетный затвор и отделить стакан от затвора,

проверить чистоту мерного стакана и поплавка и при надобности вымыть их водой.

Проверка прибора

Проверку прибора следует производить в следующей последовательности:

налить в мерный стакан ареометра воду до края гофра, соединить поплавок с мерным стаканом, выдавив при этом избыток воды из него, и погрузить собранный ареометр в воду. Стакан заполняется той же водой, что и ведро.

При пресной воде ареометр должен погрузиться под уровень воды в ведре до деления на шкале поплавка, обозначенного "1,0", при навернутом съемном грузе, с точностью >0,005 г/см^3 (четверть деления).

Если удельный вес воды больше 1,00 г/см^3 (морская вода, соленая, буровая), то ареометр погрузится на несколько делений ниже деления, обозначенного "1,0". В этом случае к результатам измерений удельного веса глинистых растворов необходимо прибавить поправку, определяемую как разность между 1,00 и показанием ареометра, заполненного водой.

Ниже приводится пример измерения.

Измерение производится погружением ареометра в морскую воду. Ареометр, заполненный морской водой, при погружении в эту же воду показал на шкале 0,96. Поправка составляет 1,00-0,96=0,04г/см^3

При измерении удельного веса глинистого раствора при погружении в эту же морскую воду показание было 1,41. Истинный удельный вес раствора получается прибавлением поправки, а именно:

$$1{,}41 + 0{,}04 = 1{,}45 \text{ г/см}^3$$

Измерение удельного веса

Измерение удельного веса при помощи ареометра АГ-2 следует производить в следующей последовательности.

Принести в вымытой крышке ведра пробу раствора и перемешать её.

Налить в мерный стакан ареометра раствор до края гофра. Стакан держать в вертикальном положении.

Соединить поплавок со стаканом - вставить штифты на нижней части поплавка в байонетные прорези мерного стакана и повернуть поплавок относительно стакана слева направо до упора. При этом из стакана выдавить избыток раствора. Таким образом отмерится объем пробы.

Смыть водой выдавленный раствор с поверхности мерного стакана, удерживая ареометр в вертикальном положении.

Погрузить ареометр в ведро с водой, дать ему успокоиться и прочесть показание по шкале ареометра на уровне воды в ведре

При навернутом съемном грузе отсчет вести по левой шкале с оцифровкой от 0,9 до 1,7 г/см^3. Если ареометр при навернутом съемном грузе погрузился выше последнего оцифрованного деления на шкале - 1,7 г/см^3, то следует снять груз и отсчет вести по правой шкале с оцифровкой от 1,6 до 2,4 г/см^3.

При погружении ареометра в соленую, морскую или буровую воду обязательно вносить поправку, как указано выше.

После окончания измерения ареометр следует вымыть, насухо вытереть и положить в тумбочку.

Крышку ведра вымыть и закрыть её ведром с водой. При частых намерениях воду из ведра можно не выливать, но обязательно следует следить за её чистотой.

2. ВИСКОЗИМЕТР СПВ-5

Назначение:

Стандартный полевой вискозиметр СПВ-5 предназначен для определения условной вязкости глинистого раствора. Вязкость определяется в секундах времени истечения 500 см^3 раствора из стандартной воронки через трубку диаметром проходного сечения 5 мм и длиной 100 мм при заполнении воронки 700 см^3 раствора.

Комплект вискозиметра (рис. 2) состоит из стандартной воронки и мерной кружки.

В верхнюю часть воронки встроена сетка для очистки раствора от крупных твердых частиц. Воронка заканчивается латунной трубкой с калиброванным отверстием.

Мерная кружка имеет два отделения.

Техническая характеристика

Размеры воронки, мм:
Высота.....400
верхний диаметр.....150
время истечения из воронки 5ООсм3 воды, с.....15-+0,4
Объем мерной кружки, $см^3$:
первого отделения.....500
второго отделения.....200
Размеры кружки, мм.....70х190

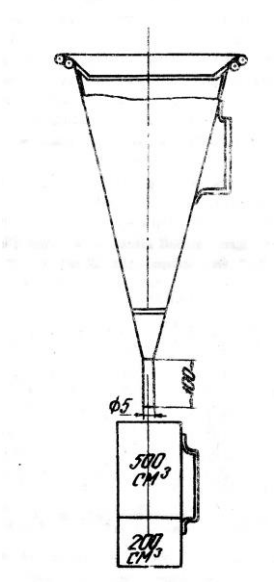


Рис. 2. Вискозиметр СПВ – 5 с кружкой

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ

Определение условной вязкости глинистых растворов при помощи вискозиметра СПВ-5 следует производить в следующей последовательности:

a) промыть воронку вискозиметра и кружку водой и подготовить пробу раствора;

b) закрыть отверстие трубки пальцем правой руки и налить в воронку через сито 700 $см^3$ испытуемого раствора мерной кружкой - 500 $см^3$ и 200 $см^3$

c) подставить кружку объемом 500 $см^3$ под трубку вискозиметра, слить в нее часть раствора и влить обратно его в воронку. Повторить эту операции два-три раза;

d) подставить кружку объемом 300 $см^3$ под трубку вискозиметра и одновременно открыть отверстие трубки, убрать палец, и пустить левой рукой секундомер;

e) в момент заполнения кружки до края остановить секундомер, закрыть отверстие трубки пальцем и прочесть показание секундомера;

f) для определения условной вязкости испытуемого раствора провести 10-15 замеров и, применяя распределение Стьюдента, определить среднее значение /Ā/ и доверительный интервал /6/ при выбранной вероятности /Р/;

g) вымыть и вытереть воронку и кружку и вложить их в ящик лаборатории в соответствующие гнезда.

3. ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ВОДООТДАЧИ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ ТИПА ВМ-6

Назначение:

Прибор ВМ-6 предназначен для определения фильтруемости водоотдачи глинистых растворов в производственных условиях бурения.

Показатель водоотдачи глинистых растворов представляет собой количество фильтрата в см3, выделяющегося в течение 30 мин под избыточным давлением в 1 кг/см3 при диаметре фильтра 75 мм.

Показатель водоотдачи характеризует способность глинистого раствора отдавать свободную воду под давлением через пористую перегородку в пласт и образовывать на этих перегородках глинистую корку.

Прибор градуирован в кубических сантиметрах при диаметре фильтра 75 мм.

При измерении водоотдачи раствора одновременно определяют толщину образующейся на фильтре глинистой корки.

Описание конструкции

Прибор ВМ-6 (рис. 3.) состоит из трех основных узлов; фильтрационного стакана 6 с принадлежностями, напорного цилиндра 4 и Кронштейна 13.

Фильтрационный стакан 6 на верхнем конце имеет горловину с наружной резьбой и отверстием. Нижний конец его имеет расточку

диаметром 53 мм, выточку под решетку фильтра и наружную резьбу М68х3 под поддон 10, которым крепится решетка 7.

Для предупреждения проворачивания решетки и поддержания в связи с этим фильтровальной бумаги на решетке сделан пав под выступ, имеющийся в выточке фильтрационного стакана. В нижней части поддона 10 имеется резьба, в которую ввернут винт 11 с перекидной ручкой 12. В поддон вложен клапан 9 с резиновой прокладкой, который винтом 11 прижимается к решетке 7 и таким образом запирает отверстие.

При определенной водоотдачи раствор наливается в стакан с закрытой клапаном решеткой и вложенной фильтровальной бумагой.

Узел напорного цилиндра состоит из собственно цилиндра 4 в ввернутой в него на красно-медной прокладке втулкой и напрессованной в горячем виде чашкой, плунжера 1, притертого по втулке, и груза-шкалы 3, укрепленного на плунжере. Шкала нанесена на прозрачную пластмассу (оргстекло) и прикреплена к грузу винтами; шкала прикрывает сквозную прорезь на снятой вдоль груза лыске. Сквозь эту прорезь видна отсчетная риска 2 на верхнем конце втулки цилиндра.

Для установки шкалы прибора на ноль и для спуска масла из цилиндра в нижней части цилиндра имеется отверстие, перекрываемое иглой 5. Масло из этого отверстия сливается в чашку.

Нижний конец цилиндра имеет внутреннюю резьбу для соединения с фильтрационным станком. Для уплотнения места соединения цилиндра со стаканом предусмотрена прокладка из маслостойкой резины, которая меняется по мере износа. Размеры прокладки: наружный диаметр - 35 мм, диаметр отверстия - 20 мм, толщина 3 * 4 мм.

Кронштейн 13 литой, в нижней части его предусмотрено место для чашки, в которую стекает фильтрат. Кронштейн стоит на трех резиновых ножках 14. В кольцо 10 кронштейна вставляется прибор в собранном виде.

Техническая характеристика

Предел измерения за 30 мин при диаметре фильтра 75 мм, $см^3$..... 40
Цена деления шкалы при диаметре фильтра 75 мм, $см^3$..... 1
Точность измерения, $см^3$.....±0,5
Давление фильтрации, Па 9,81*104
фактический диаметр фильтра, мм …….....53
Габаритные размеры, мм……..…….....120x160x360
Вес (без упаковки),
кг…….....……..0,7

Принцип действия:

Испытуемый раствор наливается в фильтрационный стакан 6, (рис. 3) с фильтром на решетке 7; закрытым клапаном 9, впредь до открытия которого фильтрация не начинается. На фильтрационный стакан навернут цилиндр 4, заполненный поверх раствора маслом. В этот цилиндр входит плунжер 1 с грузом-шкалой 3, создающий давление фильтрации 98066,5 Па фильтрация начинается после открытия клапана 9.

По мере фильтрации объем пробы раствора в фильтрационном стакане уменьшается на количество выделившегося фильтрата и плунжер под действием груза соответственно опускается. Количество выделившегося фильтрата определяется по перемещениям плунжера, градуированным на шкале в см3.

В притертой паре плунжер-втулка возникает трение, влияющее на постоянство давления фильтрации. Для устранения трения плунжер необходимо периодически вращать рукой. С целью уменьшения этих вращений в плунжере имеется глухое сверление - воздушный буфер.

Принцип действия прибора обеспечивает:

a) точное определение момента, начала фильтрации при помощи запорного клапана на решетке фильтра;
b) точное измерение количества фильтрата, которое выделяется за любой промежуток времени;
c) постоянство давления с момента начала фильтрации.

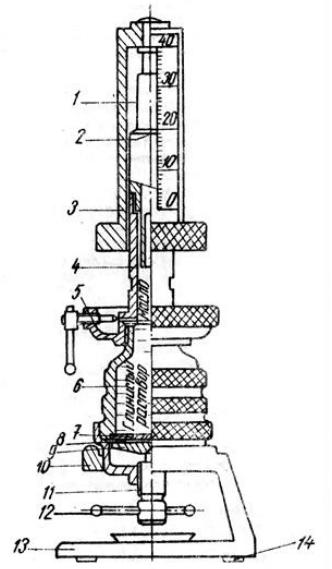


Рис. 3. Прибор ВМ-6 в сборе

Подготовка прибора к работе

Для предупреждения ржавления прибор ВМ-6 при упаковке на заводе смазывается снаружи и внутри вазелином. При длительном хранении в неблагоприятных условиях вазелин может загустеть и частично окислиться, в результате чего плунжер

будет трудно вынуть из цилиндра. Поэтому по получении со склада прибор следует разобрать в следующем порядке:

a) отвернуть цилиндр от стакана;

вынуть плунжер из цилиндра (при необходимости плунжер можно извлечь осторожными ударами деревянного молотка по его нижнему концу);

b) вывернуть винт из поддона;
c) вывернуть стакан из поддона и извлечь решетку и клапан.

Все детали прибора вымыть бензином или горячей водой и насухо вытереть, а плунжерную пару вымять керосином и смазать маслом. Не смазанный маслом плунжер во втулку не вставлять.

Чтобы убедиться в исправности прибора, необходимо проверить:

a) резьбовые соединения (при надобности их следует расходить, чтобы они легко заворачивались от руки);
b) герметичность плунжерной пары и места соединения цилиндра со стаканом;
c) плавность движения плунжера.

Проверка герметичности производится следующим образом:

a) в собранный фильтрационный стакан с вложенной в него фильтровальной бумагой и закрытым на решетке фильтра клапаном наливается густой глинистый раствор;
b) стакан устанавливается в кронштейне и на него навертывается цилиндр без плунжера;
c) цилиндр заполняется маслом до верха, после чего в него вставляется плунжер;
d) с помощью иглы из цилиндра спускается масло, и нулевое деление на шкале подводится к риске на цилиндре. При такой операции плунжер следует вращать рукой;
e) места резьбовых соединений и поверхность цилиндра должны быть насухо вытерты, чтобы можно было обнаружить места утечки;
f) периодически вращая плунжер, в течение 30 минут наблюдают за его показаниями, В исправном приборе заметного изменения показаний не должно быть; максимальное изменение может быть не более 1/2 деления.

Если утечка больше 1/2 деления, то необходимо выявить место утечки. Утечка может быть в плунжерной паре, местах крепления втулки к цилиндру и соединения цилиндра со стаканом, в местах неплотного прилегания клапана, в месте прижатия решетки к стакану.

Об утечке в плунжерной паре и в месте крепления втулки к цилиндру свидетельствуют подтеки, появляющиеся в верхней части цилиндра, который до пуска прибора в работу должен быть чисто вытерт.

Утечки в месте соединения цилиндра со стаканом легко обнаруживается по появлению масла под резьбой. Это место также должно быть тщательно вытерто. Ликвидировать утечку можно сменой прокладки

или подтягиванием резьбы. Слишком туго затягивать резьбу не следует, так как при этом прокладка может иногда выворачиваться.

Утечки через клапан в месте прижатия решетки к стакану не оказывают влияния на работу прибора, но при проверке на герметичность их необходимо устранять, для этого клапан следует туго прижать.

Утечки через место прижатия решетки к стакану обнаруживается по появлению раствора или фильтрата на выходе резьбы.

Плавность движения плунжера проверяется при промытой и смазанной машинным маслом плунжерной паре и заключается в том, что плунжер с любого положения должен свободно и равномерно опускаться без поворачивания. Если плунжер задерживается или движется очень медленно, его следует вновь промыть керосином и смазать маслом, после чего расходить во втулке.

ПРОМЫВАТЬ ПЛУНЖЕРНУЮ ПАРУ БЕНЗИНОМ НЕЛЬЗЯ - ЭТО МОЖЕТ ВЫЗВАТЬ ЗАЕДАНИЕ!

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения водоотдачи должно быть произведено при температуре не ниже 10 °С , так как при более низких температурах водоотдача раствора уменьшается.

Работу по определению водоотдачи глинистых растворов следует вести в следующей последовательности:

1. Установить прибор на ровной поверхности.
2. Вынуть плунжер из цилиндра и положить рядом с кронштейном.
3. Отвернуть цилиндр, проверить, закрыта ли игла, и положить цилиндр на тумбочку.
4. Разобрать стакан - вывернуть из поддона, вынуть решетку и клапан - вытереть насухо все детали.
5. Взять заготовленный кружок фильтровальной бумаги, смочить его водой и наложить на решетку, после чего удалить избыток воды с поверхности бумаги, промокнув её сухим кружком. При непрочной фильтровальной бумаге следует положить на решетку два кружка.
6. Решетку с фильтровальной бумагой вложить в выточку стакана, бумагой внутрь так, чтобы паз на решетке попал на штифт в выточке стакана. Наложить на решетку клапан и навернуть поддон на стакан. Винт, крепящий клапан, должен быть вывернут. Вставить собранный стакан в кронштейн и прочно затянуть руками резьбу, после

чего клапан закрыть винтом.

7. Подготовить секундомер и положить его рядом с прибором.
8. Взять ведро с пробой раствора, последнюю тщательно пере-мешать и налить в стакан кружкой от вискозиметра (стороной объемом 200 $см^3$). После окончания вытереть резьбу стакана. Стакан следует заполнить на 3-4 мм ниже края горлышка.
9. Навернуть цилиндр на стакан, предварительно проверить исправность прокладки.
10. Налить в цилиндр машинное масло (масло должно быть не очень густым; слишком густое масло разбавляется керосином). Масло наливается на внутренний край цилиндра так, чтобы оно стекало по стенкам цилиндра. Масло следует наливать до такого уровня, чтобы до верхнего края втулки оставался 1 см.
11. Вставить плунжер в цилиндр. При этом плунжер за счет сжатия воздуха в его плотности просядет на 2-3 см.
12. Приоткрыть спускную иглу и, вращая плунжер рукой за накатку на грузе, подвести нулевое деление на шкале к отсчетной риске на верхнем крае втулки цилиндра.

Неопытному исполнителю это не всегда удается, и нулевое деление опускается ниже риски. В этом случае надо записать показание по шкале против риски, принять его за нуль и из всех следующих показаний вычитать нулевое показание (например: нулевое показание 1,5 $см^3$, показание за 30 минут - 23 $см^3$. Вычитая из 23см3 1,5 $см^3$, получаем 21,5 $см^3$).

Нулевое деление может опускаться ниже риски и в случае определения водоотдачи раствора, насыщенного газом (из-за сжатия газа в растворе под давлением). Если в этом случае нулевое деление опустится ниже риски не более чем на шесть делений и водоотдача у раствора будет небольшая, то следует пользоваться тем же приемом, что и в первом случае, т.е. из показаний вычитать нулевое показание.

Если же нулевое деление опустится ниже, чем на десять делений, то следует вынуть плунжер, перевернуть его, залить его полость маслом, прикрыть отверстие пальцем и вновь вставить в цилиндр. В этом случае шкала остановится на 6-8 делений выше, чем при незаполненной полости плунжера.

Примечание. Операции, перечисленные в пунктах 7, 8, 9, 10 и 11 следует производить быстро, так как при нестабильных растворах за время от момента налива раствора в стакан до момента начала фильтрации может образоваться осадок, из-за чего исказится результат измерения.

13. Взять в левую руку секундомер, а правой открыть клапан, вывернув винт на один - два оборота. В момент открытия клапана пустить секундомер.

14. При производственных измерениях достаточно веять один отсчет через 30 минут. В течение этого времени периодически вначале чаще, вращать плунжер за накатку на грузе.

При взятии отсчетов глаз исполнителя должен находиться на уровне отсчетной риски на втулке цилиндра и на расстоянии от нее около 30-40 см.

15. После взятия отсчета открыть спускную иглу, выпустив масло из цилиндра и опустить плунжер с грузом. После этого при открытой игле вынуть плунжер с грузом. После этого при открытой игле вынуть плунжер из цилиндра и, если его конец запачкан раствором, смыть последний.

16. Закрыть иглу, отвернуть цилиндр со стакана и слить масло из чашки цилиндра в бачок для масла.

17. Промыть фильтрационный стакан, не разбирая его. Для этого подставить его горлышко под слабую струю воды; масло при этом всплывет и уйдет ив стакана вместе с водой и раствором. Затем вылить воду и остаток раствора из стакана и разобрать его.

18. Поставить стакан на ладонь левой руки так, чтобы он опирался на нее краями, а не решеткой, и легкими ударами правой ладони по горлышку выбить корку с решеткой.

Если корка прочно прилипла к стенкам стакана, её следует выдуть ртом.

19. Смерить толщину корки и записать.

20. Вымыть и вытереть детали фильтрационного стакана и собрать их.

Вымыть и вытереть цилиндр; проверить, не загрязнена ли внутренняя поверхность втулки цилиндра глинистым раствором, прочистить втулку, смазать её маслом и навернуть цилиндр на стакан.

Вставить смазанный маслом плунжер в цилиндр и установить прибор на кронштейн.

21. Прибор следует хранить в собранном виде, в защищенном от пыли месте - в ящике переносной лаборатории или в шкафу.

Примечание: 1. Так как прибор точно воспроизводит кинетику процесса фильтрации, т.е. зависимость количества выделившегося фильтрата по времени, и так как эта зависимость, изображенная в логарифмических координатах, представляет собой прямую линию, то на приборе ВМ-6 можно производить фильтрацию в течение 10-15 минут с последующей экстерполяцией по графику. Для этого в комплекте прибора поставляются бланки со специальной логарифмической сеткой.

В этом случае за время определения следует взять не менее двух отсчетов - один за 2 или 3 минуты фильтрации и второй за 10 или 15 минут. Полученные отсчеты наносятся на бланк, который разграфлен девятью вертикальными линиями на минуты (левая крайняя линия соответствует 1-ой минуте, следующие - 2-ой, 3-ей, 4-ой, 5-ой, 10-ой, 15-оР, 20-ой и 30 минутам), горизонтальными линиями на кубические сантиметры (от 1 до 100 $см^3$). Часть этих линий обозначена цифрами, соответствующими числу кубических сантиметров.

На вертикальной линии, соответствующей 2-ой минуте, в месте её пересечения с горизонтальной линией, соответствующей отсчитанному числу кубических сантиметров, ставится точка. Таким же образом наносится точка, соответствующая отсчету за 10 и 15 минут. Через полученные две точки карандашом проводится прямая линия до пересечения с правой крайней вертикальной линией, соответствующей 30-ти минутам

фильтрации.

По шкале горизонтальных линий отсчитывается величина водоотдач в кубических сантиметрах за 30 минут фильтрации, поскольку за единицу водоотдачи глинистых растворов принято количество фильтрата, выделяющегося из раствора за 30 минут через фильтр диаметром 75 мм.

Пользуясь этим приемом, можно сократить время фильтрации до 10 минут и, кроме того, определять водоотдачу раствора большую, чем 40 $см^3$ за 30 минут.

Ошибка в определении водоотдачи за 30 минут по 10-минутному замеру не превышает 0,5 $см^3$ при водоотдачах до 20 $см^3$ и не больше 2 $см^3$ при больших водоотдачах.

Для сопоставления результатов измерения водоотдачи прибором ВМ-6 с другими приборами, градуированными в кубических сантиметрах, при фильтре диаметром 75 мм, необходимо применять нерасчетный коэффициент. Последний определяется как отношение площадей фильтрации, так как количество фильтрата прямо пропорционально площади фильтрации.

4. ОТСТОЙНИК - ОМ

Назначение:

Металлический отстойник ОМ-2 предназначен для определения процента содержания песка в глинистом растворе.

Содержание в глинистом растворе твердых частиц разбуренных пород и нерастворенных комков глины определяется процентом песка в пробе раствора, отстоенного за одну минуту покоя в отстойнике из пробы разжиженной водой в отношении 1:9.

Описание прибора:

Отстойник ОМ-2 (рис.4) представляет собой цилиндрический сосуд 2 с плотной крышкой 1, в нижней части которого укреплена сменная бюретка 3, защищенная чехлом. В верхней части цилиндра на уровне объема 500 $см^3$ имеется отверстие Ø 3 мм.

Крышка отстойника служит для отмеривания раствора.

Крепление бюретки 3 осуществляется при помощи винта 4, черев перекладину 5 и шайбу 6 с резиновой прокладкой 7.

Герметизация крепления бюретки обеспечивается резиновой прикладкой 8.

Техническая характеристика

Объем отстойника, $см^3$..... 600
Объем крышки, $см^3$..... 50
Объем бюретки, $см^3$..... 10
Габаритные размеры, мм:
Диаметр.....60
Высота.....345
Вес.....0,3

Бюретка градуирована через 0,1 $см^3$, каждое десятое деление шкалы обозначено цифрой.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение процента содержания песка в глинистом растворе при помощи отстойника ОМ-2 следует производить в следующей последовательности:

a) промыть отстойник и вытереть его;
b) снять крышку отстойника, отмерить ею 50 $см^3$ раствора и влить его в отстойник через горлышко;
c) не вынимая крышки, зачерпнуть ею воду, растворить в ней оставшийся на её внутренних стенках раствор и влить в отстойник.

С помощью крышки наполнить отстойник водой до уровня трехмиллиметрового отверстия на его боковой поверхности, держа отстойник вертикально. Подождать, пока вода прекратит вытекать из этого отверстия;

d) плотно закрыть отстойник крышкой и повернуть его в горизонтальное положение трехмиллиметровым отверстием вверх.
Прижимая крышку ладонью правой руки и прикрывая отверстие пальцем той же руки, интенсивно взболтать содержимое отстойника

e) повернуть отстойник в вертикальное положение, выждать одну минуту по часам или секундомеру и прочесть показание по шкале бюретки против уровня осевшего песка
ПРОЧИТАННОЕ ПОКАЗАНИЕ, УМНОЖЕННОЕ НА ДВА, БУДЕТ ПОКАЗАТЕЛЕМ СОДЕРЖАНИЯ ПЕСКА В РАСТВОРЕ, ВЫРАЖЕННОМ В ПРОЦЕНТАХ.

f) вылить из отстойника содержимое, промыть его водой, вытереть и вложить на место в ящик лаборатории.

СМЕНА БЮРЕТКИ

При поломке бюретки или необходимости извлечь её для чистки следует вывернуть винт 4 (рис. 4) , извлечь перекладину 5 и шайбу 6 с резиновой прокладкой 7, а за ними - бюретку 3.

Перед тем как вставить бюретку, следует проверить исправность верхней прокладки 8 и при надобности сменить её.

Сборка ведется в следующем порядке: вставить бюретку, плотно уперев её в верхнюю прокладку, вложить шайбу 6 с резиновой прокладкой 7, вставить перекладину 5 в овальные отверстия чехла, ввернуть винт 4 и прижать им бюретку.

5. ЦИЛИНДР ЦС-2

Назначение:

Цилиндр ЦС-2 предназначен для определения стабильности глинистых растворов.

Показатель стабильности глинистого раствора определяется как разность удельных весов верхней и нижней половины пробы раствора отстоенной в течение суток в цилиндре высотой 200 мм.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА

Цилиндр ЦС-2 (рис. 5) выполнен из тонкого листового железа и окрашен нитроэмалью. Посредине высоты цилиндра имеется отвод с резиновой пробкой для слива верхней половины раствора.

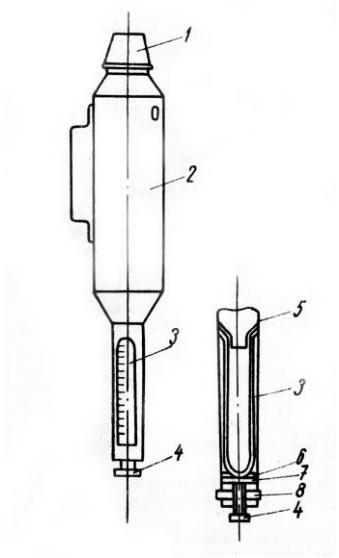


Рис. 4 Отстойник ОМ-2

Техническая характеристика

Высота столба раствора в цилиндре..... 200
Объем цилиндра, $см^3$..... 800
Габаритные размеры, мм..... 100x210x110
Вес, кг..... 0,5

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Определение стабильности глинистых растворов при помощи цилиндра ЦС-2 следует производить в следующей последовательности:

a) Вымыть цилиндр водой и вытереть насухо снаружи и внутри;

b) Влить пробу раствора в цилиндр до края, предварительно тщательно перемешать её;

c) Установить заполненный цилиндр в спокойном месте на сутки, отметив время по часам;

d) Через 24 часа открыть пробку, слить верхнюю часть пробы раствора вместе с отстоявшейся водой в кружку, тщательно перемешать слитый раствор и определить его удельный вес ареометром АГ-2, закрыть отвод пробкой, тщательно перемешать в цилиндре отстоявшуюся нижнюю половину раствора и определить её удельный вес.1

e) При определении удельного веса ареометром АГ-2 обязательно погружать его при обоих измерениях в одну и ту же воду;

f) Определить показатель стабильности глинистого раствора вычитанием первого показания ареометра из второго;

g) Вымыть цилиндр, вытереть насухо и вложить на место в ящик лаборатории.

6 . ИНСТРУКЦИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СУТОЧНОГО ОТСТОЯ ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ МЕРНЫМ ЦИЛИНДРОМ

Показатель суточного отстоя глинистого раствора определяется как процент воды, отстоявшейся за сутки на пробы раствора.

Определение суточного отстоя глинистых растворов производится стандартным мерным цилиндром объемом 100 см3 с ценой деления 1 см. Для этих определений также необходимы часы.

Определения следует производить в следующей последовательности:

a) вымыть мерный цилиндр водой и вытереть насухо снаружи и внутри;
b) тщательно перемешанную пробу раствора налить в цилиндр до сотого деления на шкале;
c) поставить цилиндр с раствором в спокойное место, отметить время и оставить на 24 часа;
d) черев 24 часа прочесть на шкале цилиндра отсчет положения уровня раздела раствора и отстоявшейся воды и вычесть полученное показание из 100. Результат вычитания является показателем суточного отстоя в .процентах;
e) вымыть цилиндр и вложить его в ящик лаборатории.

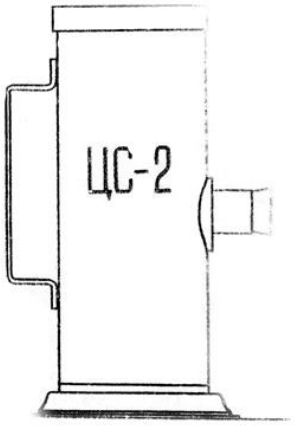


Рис.5. Цилиндр ЦС-2

7. ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА ГЛИНИСТЫХ РАСТВОРОВ ТИПА СНС-2

Прибор СНС-2 предназначен для измерения статического напряжения сдвига глинистых растворов и применяется в условиях лабораторий геологоразведочных партий и экспедиций.

Прибор переносной и может быть использован в полевых условиях на буровой вышке.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Прибор для определения статического напряжения сдвига основан на принципе вискозиметра с соосными цилиндрами.

На тонкой упругой нити подвешен цилиндр, погруженный в соосный полый цилиндр, заполненный испытуемой жидкостью, при вращении внешнего цилиндра жидкость, находящаяся в нем, увлекает за собой подвешенный цилиндр до тех пор, пока момент закрученной нити не станет равным крутящему моменту, определяемому вязкостью испытуемой жидкости и размерами подвешенного цилиндра.

Измерение статического напряжения сдвига глинистых растворов является частным случаем применения вискозиметра с соосными цилиндрами и производится при весьма малых скоростях вращения внешнего цилиндра, й данном приборе принята скорость вращения внешнего цилиндра 0,0032 с-1, что соответствует линейной скорости 4 . 10-6 м/с; эта скорость несколько превышает предел скорости так называемой вариантной зоны, в которой определяемая величина строго соответствует понятию статического напряжения сдвига любых известных глинистых растворов. Однако уменьшение скорости влечет за собой либо снижение точности отсчета и измерении либо увеличение производства измерений.

Время для производства измерений при наличии тиксотропии растворов должно быть как можно меньше и в соответствии с принятой методикой измерения не должно превосходить 60 секунд, чему соответствует поворот внешнего цилиндра прибора на 72°, а шкалы прибора - на несколько меньшую величину.

Нити для различных пределов измерения подбираются из этих соображений, а именно: закручивание нити на угол 65-70° должно соответствовать крутящему моменту, определяемо ну по предельному значению измеряемого статического напряжения сдвига.

В приборах с соосными цилиндрами на результаты измерения оказывает влияние момент, возникающий на донной части подвешенного внутреннего цилиндра. С целью уменьшения этого влияния нижняя часть внутреннего цилиндра расточена,

благодаря чему при погружении цилиндра в испытуемую жидкость в расточке остается воздух. Таким образом, дно цилиндра не имеет контакта с испытуемой жидкостью.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Прибор для измерения статического напряжения сдвига глинистых растворов (рис. 8) состоит из измерительной части и привода, смонтированных на прямоугольной плите 1 . Для регулировки положения прибора плита снабжена двумя регулируемыми опорами 2 и одной неподвижной 11. Измерительная часть состоит из двух узлов: узла внешнего подвижного цилиндра и уела подвесного цилиндра с упругой измерительной системой.

Узел внешнего цилиндра состоит из корпуса 10, расположенном на стояке 12, имеющем строго концентрическую расточку под внешний цилиндр и канавку под спиральную бесконечную пружину.

Узел подвесного цилиндра, монтирующийся на вертикальном кронштейне 3, состоит из:

1. Цилиндра 9 с расточкой под конус Морзе № 1 и расточка в донной части для защитного пузыря. Цилиндр имеет накатанную наружную поверхность, обеспечивающую прочную связь с испытуемым раствором.

Выполнен цилиндр из латуни с матовым никелевым покрытием.

2, Трубки 6, один конец которой имеет конусную поверхность и резьбу под винт соосного соединения с цилиндром, а второй конец выполнен открытым для размещения в нем упругой нити 5. Крепление нити в трубке и регулирование соосности нити с трубкой осуществляется тремя винтами в утолщении трубки над конусом. Средняя часть трубки имеет концентричную площадку с уступом для установки шкалы 7.

3. Шкала 7 с делениями, нанесенными через 1° на её конической поверхности. Для грубой установки шкалы на нуль предусмотрены 8 отверстий, одним из которых она надевается на штифт, имеющийся на соответствующей площадке трубки.

4 Стрелки 3, укрепленной на кронштейне и имеющей наконечник из прозрачного оргстекла и нанесенными на нем с обеих сторон рисками, исключающими ошибку параллакса при отсчете.

5 . Нити 5, изготавливаемой из стальной пружинной проволоки и имеющей 2 наконечника: нижний в виде втулки, входящий в трубку с зазором в 1 мм на сторону, и верхний в виде диска с фаской, на которой выгравирован номер нити.

Весь узел подвешивается на конусной пробке 13, которая в свою очередь плотно устанавливается в конусной втулке, запрессованной в кронштейн. Поворотом пробки шкала прибора устанавливается на нуль по стрелке.

Привод внешнего цилиндра осуществлен от синхронного электрического двигателя СД-2 (2 позиции 4) через редуктор и гибкую передачу 1:2.

Привод прикреплен к плите прибора через амортизатор из губчатой резины, предназначенный для защиты измерительной части прибора от вибраций двигателя.

Для включения двигателя предусмотрены тумблер, укрепленный на кронштейне прибора, и шнур с вилкой для подключения к сети.

Для заполнения внешнего цилиндра испытуемым глинистым раствором предусмотрена специальная мерная кружка объемом 120 мл.

Прибор поставляется в специальном ящике.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

Лабораторные занятия выполняются на уже отградуированном приборе; данные градуировки приводятся в паспорте для каждой поставляемой нити.

Для работы прибор должен быть установлен на устойчивом и прочном столе. Подвесная система подвешивается за верхний конец нити в пробке кронштейна и прибор устанавливается регулировочными нитями так, чтобы подвесной цилиндр встал соосно с вращающимся столиком прибора (регулировка соосности нити с трубкой подвесной

системы выполнена при сборке прибора).

Устанавливают "О" шкалы против риски на стрелке указателя. Установку нуля можно производить грубо путем поворота шкалы на трубке и точно: путем осторожного и плавного поворота в гнезде кронштейна. Чтобы убедиться, что установка на ноль произведена правильно, следует выждать, пока подвесная система успокоится. Затем следует снять подвесную систему, не трогая и не сдвигая пробку в гнезде кронштейна, и установить на вращающийся столик внешний цилиндр.

Подготовленный для работы прибор подключить к сети напряжением 220 вольт и, включая тумблер, проверить работу электродвигателя.

ПРОИЗВОДСТВО ИЗМЕРЕНИЙ

При производстве измерений следует:

1. Пробу раствора сильно взболтать.
2. Снять подвесной цилиндр.
3. Взболтанный раствор зачерпнуть меркой объемом 120 мл, прилагаемой к прибору, и валить установленный на вращающемся столике прибора внешний цилиндр.
4. Погрузить подвесной цилиндр во внешний цилиндр и подвесить нить на пробку. При погружении подвесного цилиндра нужно следить за тем, чтобы его верхний конец не погрузился под уровень раствора. Если раствор не достигает верхнего края подвесного цилиндра, следует осторожно долить раствор. Подвесной цилиндр должен быть погружен в раствор точно до верхнего края.
5. Взять в левую руку секундомер, а правой осторожно поворачивать подвесную систему и перемешивать раствор. После окончания перемешивания раствора поставить на "О" шкалу против риски на стрелке прибора и одновременно включить секундомер. Во время этой операции следует следить за тем, чтобы подвесной цилиндр был в центре внешнего цилиндра.
6. По истечении одной минуты нажатием тумблера в клочить

электродвигатель и наблюдать за движением подвесного цилиндра по шкале прибора. Увлекаемый глинистым раствором, подвесной цилиндр вращается вместе с внешним цилиндром до тех пор, пока момент в закручивающейся нити не станет равным моменту, обусловленному статическому напряжению сдвига раствора на подвесном цилиндре. Когда подвесной цилиндр остановится, произвести отсчет по шкале в градусах.

7. Включить электродвигатель.

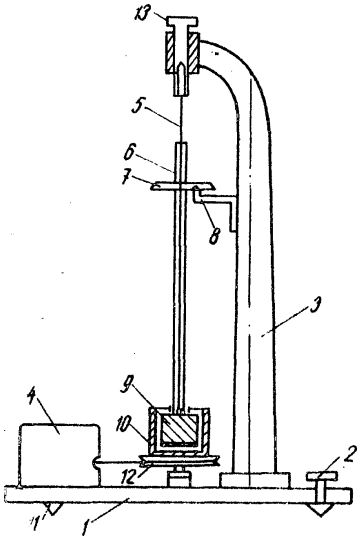


Рис. 6. Прибор СНГ-2

Для определения тиксотропии раствора выполняется повторное измерение, но уже по истечении 10 минут по секундомеру. С этой целью сразу же после первого измерения осторожно внутренним цилиндром размешать раствор, установить "0" шкалы против риски и дать глинистому раствору стабилизироваться в течение 10 минут и выполнить измерение.

При работе и установке шкалы "0" наблюдающий должен следить за совпадением рисок, нанесенных с обеих сторон, чтобы исключить ошибку параллакса при отсчете.

Производство каждого замера от момента пуска электродвигателя до момента остановки подвесного цилиндра не должно продолжаться более 1 минуты, чему соответствует максимальный отсчет 70°.

Если замер продолжался более 1 минуты, его следует признать некачественным, а выбранный предел измерения недостаточным. В этом случае следует заменить нить на более толстую с большим пределом измерения.

Если показания прибора было в пределах 10°, замер следует признать неточным, а выбранный предел измерения слишком большим.

В этом случае следует заменить нить на более тонкую с меньшим пределом измерения.

Полученное в результате измерения показание в градусах следует пересчитать в мг/см^2 путем умножения на коэффициент, соответствующий данной нити и приведенный в паспорте.

Например, в процессе измерения статического напряжения сдвига глинистого раствора внутренний цилиндр, подвешенный на упругой нити 5 с коэффициентом 2,725 м г/см · град. повернулся на 21°. Статическое напряжение сдвига в этом случае будет 2,725 мг/см · град · 21 = 57 мг/см^2 = 5,7 Па.

После измерений все детали, испачканные глинистым раствором, следует вымыть и насухо вытереть.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВСН – 3

К реологическим параметрам относятся:

а) предельное напряжение сдвига – θ_1 и θ_{10} Па, характеризующее прочность структуры, образующейся в промывочной жидкости после 1 и 10 минут ;

б) эффективная вязкость $\eta_{эф}$, спз характеризующая вязкое сопротивление промывочной жидкости при данной скорости сдвига;

в) пластическая вязкость $\eta_{пл}$, спз - условная величина, являющаяся долей эффективной вязкости, которая возникает вследствие структурообразования в потоке промывочной жидкости;

г) предельное динамическое напряжение сдвига $Ʇ_0$, условная величина, характеризующая предел текучести в потоке промывочной жидкости.

Реологические показатели измеряются с помощью ВСН-3 по величине усилия, возникающего на подвесном цилиндре, погруженном в буровой раствор, при заданной скорости вращения наружного цилиндра.

Прибор ВСН-3 (рис. 7) состоит из корпуса 15, измерительного механизма 7-12, привода к нему 1,2 и подвесного кронштейна 14, на который ставится стакан с буровым раствором 13. Измерительный механизм имеет два коаксиально расположенных цилиндра, наружный (ротор) 11 и внутренний 12, укрепленный на оси, в верхней части которой расположен манометр 9 и измерительная шкала с делениями в градусах. Установка шкалы на "0" производится с помощью крутильной головки 8. Привод ротора осуществляется двигателями через многоступенчатую коробку передач. Прибор работает от сети переменного тока.

ИЗМЕРЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЙ СДВИГА

Перед измерением чистый сухой стакан заполняют буровым раствором и ставят на кронштейн. Прибор включают и размешивают раствор при 9,600 $с^{-1}$ в течение 0,5 мин. По окончании перемешивания устанавливают шкалу на ”0" и раствор оставляют на 1 минуту. Одновременно переключают скорость вращения ротора на 0,0032 $с^{-1}$, снова включают прибор и отмечают угол максимального закручивания нити в градусах ($У_1$). Замер $У_{10}$ производят аналогично после 10 минут покоя. Статическое напряжение сдвига определяется по формуле:

$$Q_1 = k \cdot y_1$$
$$Q_{10} = k \cdot y_{10}$$

где: k- коэффициент прибора.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ И ПЛАСТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ, ДИНАМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЙ СДВИГА

Стакан прибора заполняют буровым раствором до метки и устанавливают на кронштейн. Включают прибор со скоростью вращения ротора 9,600 $с^{-1}$ и замеряют угол поворота (У) по установившимся показателям шкалы. Замер повторяют последовательно при 6,400; 4,800 и 3,200 $с^{-1}$. По окончании измерения прибор выключают, цилиндры моют и вытирают насухо.

По результатам измерений, полученных на приборе ВСН-3, рассчитывают реологические показатели - эффективную и пластическую вязкости, а также динамическое напряжение сдвига. Для расчета необходимо сделать графическое построение в координатах n – $У_1$, аналогичное изображенному на рис. 3.

Через точки, соответствующие значениям У при различных n проводят плавную линию 1 - реологическую кривую течения. Прямолинейный участок кривой продолжают до пересечения с осью абсцисс в точке $У_1$, и получают прямую 2.

Опустив перпендикуляр на ось абсцисс от точки прямой 2, соответствующей 9,600 $с^{-1}$ получают точку $ф_2$.

Реологические показатели рассчитывают по формулам:

$$\eta_{эф(n)} = \beta \frac{y_2}{n} \quad ;$$
$$\eta_{пл} = \beta \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{n} \quad ;$$
$$\tau_0 = A \cdot y_1$$

где:

η эф - эффективная вязкость, спз;

$\eta_{пл}$ - пластическая вязкость, спз;

$Ъ_0$ – предельное динамическое напряжение сдвига, Па ;

А и В – коэффициенты приборов (указываются в паспортах);

$У_1$ и $У_2$ - углы в градусах (определяются по графику и соответствуют отрезкам ОУ1 и ОУ2).

Примечание: Если реологическая кривая имеет обратный наклон или не содержит прямолинейного участка (аналогично кривой 3 на рис.8) определяют только эффективную вязкость по формуле (1) с углом

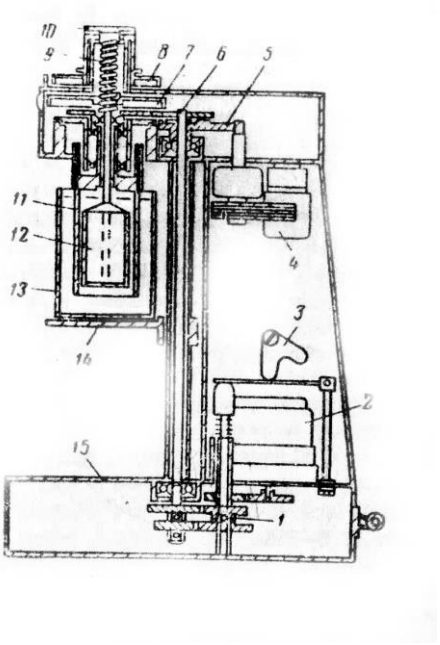


Рис. 7. Вискозиметр ВСН-3
1 - двухскоростной редуктор;
2 - синхронный двигатель СД-54;
3 - переключатель редуктора; 4 - синхронный двигатель СД-2;
5 - шестерня обгонной муфты; 6 - трансмиссионный вал; 7 - шкала измерительная; 3 - шкала крутильной головки; 9 - пружинный динамометр; 10 - наружный цилиндр; 11 - внутренний цилиндр, 13 - стакан с раствором; 14 - кронштейн; 15 - корпус.

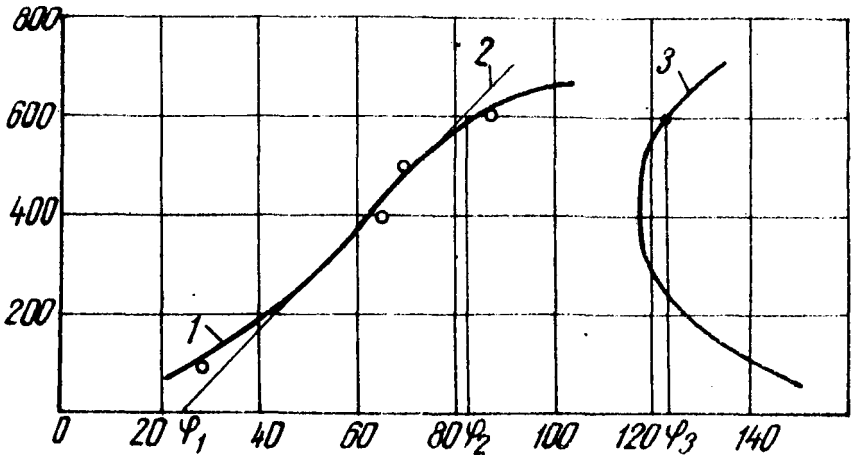


Рис. 8. Типы реологических кривых
1 - кривая, построенная по опытным точкам; 2 - прямая для расчета η пл и Ʈ0 ; 3 – кривая с обратным наклоном.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ АКТИВНОСТИ И СМАЗОЧНЫХ СВОЙСТВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Смазочные свойства промывочных жидкостей проявляются при введении в них активных добавок и эмульсолов.

Смазочные свойства в основном связаны с формированием смазочных пленок, в результате адсорбции поверхностно-активных веществ на трущихся поверхностях (бурильных трубах, стенках скважин, буровых наконечниках). Вольную роль на смазочные свойства оказывает pH среды.

Оценку адсорбционной активности ПАВ и их смазочных свойств можно осуществить по следующим параметрам:

1) поверхностное натяжение, Н/м ;
2) смачиваемость, В = Cos θ ;
3) стабильность, %;
4) порог быстрой коагуляции Пб·к, к/л;
5) водородный показатель, pH;
6) коэффициент трения, Кт;
7) предельная прочность смазочной пленки, $p_{кр}$ Па

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ (pH)

Водородный показатель определяет концентрацию ионов водорода в промывочной жидкости, которые оказывают существенные влияния на физико-химические процесса, протекающие в жидкости и на эффективность химической обработки.

Для различных промывочных жидкостей существует своя оптимальная концентрация водородных ионов, при которой они более полно удовлетворяют требованиям технологии бурения в конкретных геолого - технических условиях. Контроль за концентрацией водородных ионов позволяет определить причины изменения свойств промывочной жидкости в процессе бурения и принять меры по восстановлению её качества.

Вода является слабо диссоциирующим веществом, в 1 л при 22 °С диссоциирует одна десятимиллионная часть грамм-молекулы с образованием $1 \cdot 10^{-7}$г. ион водорода H^+ и $1 \cdot 10^{-7}$ г. ион гидроксильной группы ОН. Концентрация диссоциированных молекул H_2O в воде и разбавленных водных растворов является величиной постоянной, постоянным является и произведение концентраций водородных и гидроксильных ионов - так называемое ионное произведение воды (численное значение равно $1 \cdot 10^{-14}$).

Кислотность и щелочность раствора можно выражать через концентрации ионов H^+. Чтобы избежать неудобств, связанных с применением степенных отрицательных чисел, концентрацию водородных ионов принято выражать и логарифмом с обратным знаком и называть водородным показателем pH.

$pH = - \lg H^+$

В нейтральных растворах pH = 7 и уменьшается с ростом кислотности. В щелочных растворах pH>7 и повышается с ростом щелочности.

При повышении щелочности АГЖ ухудшаются щелочные свойства, происходит быстрое удаление адсорбционных пленок ПАВ с трущихся поверхностей, а у глинистого раствора наблюдается коагуляция, растет вязкость.

Для измерения pH в лабораторных условиях применяют специальные приборы pH-метры. Для измерения величины pH в этих приборах используется система со стеклянным электродом, электродвижущая сила которой зависит от активности ионов водорода в растворе.

Схема для измерения величины pH приведена на рис. 13. Стеклянный электрод 2

представляет собой трубку с пожни шариком 1 из специального стекла на конце. При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях замещаются ионами водорода, и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода.

Между поверхностью стекла и контролирующим раствором возникает разность потенциалов, величина которой определяется активностью ионов водорода в растворе.

Для создания электрической цепи при измерении применяются контактные электроды: внутренний контактный электрод, осуществляющий электрический контакт с раствором, заполняющим внутреннюю полость стеклянного электрода, и внешний контактный электрод (вспомогательный электрод), осуществляющий электрический контакт с контролируемым раствором. Для защиты от воздействия высоких температур (при измерении pH растворов, температуры которых выше температуры окружающей среды) вспомогательный электрод помещают вне контролируемого раствора и соединяют с ним при помощи электролитического ключа трубки, наполненной раствором хлористого калия и заканчивающейся пористой перегородкой

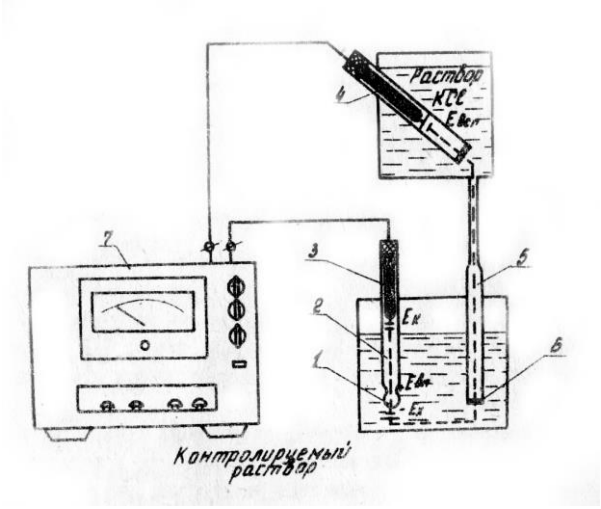


Рис. 9. Схема измерения pH раствора
1- полый шарик ив электродного стекла; 2- стеклянный электрод; 3- внутренне контактный электрод; 4- вспомогательный электрод; 5- электролитический ключ; 6- пористая перегородка; 7- pH-метр - pH-262 (измерительный прибор).

Раствор хлористого калия непрерывно просачивается через пористую перегородку, предотвращая проникновение из контролируемого раствора в систему электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину ЭДС электрода.
Для измерения ЭДС электродной системы применяется компенсационная схема, позволяющая существенно уменьшить потребляемый ток электродной системы при измерении. При намерении электродвижущая сила Е электродной системы сравнивается с падением напряжения на сопротивлении, через которое протекает ток конечного каскада усилителя pH-метра. Этот ток пропорционален ЭДС электродвижущей системы, а следовательно, и величине pH контролируемого раствора.

Измерение поверхностного натяжения

Поверхностное натяжение - это величина удельной работы, которую нужно затратить, чтобы образовать единицу свободной поверхности (капли).

Измерение поверхностного натяжения в лабораторных условиях наиболее удобно производить на сталагмометре БашНИИнефть (рис.14). Определяется число капель в единице объема, формирующихся на границе раздела: водный раствор ПАВ -

воздух.

Основными частями прибора являются: 1 - микрометр, определяющий объем выдавливаемого раствора ; 2 - медицинский шприц, куда заливается исследуемый раствор ПАВ; 3 - капилляр с внутренним диаметром 0,8 мм и 4 - кронштейн.

Перед началом опыта внутреннюю поверхность шприца и капилляр обезжиривают хромовой смесью (5% порошка двухромового калия, растворенного в концентрированной серной кислоте) или ацетоном, а потом промывают дистиллированной водой.

Перед началом замеров необходимо определить постоянную капиляра. Для этого берут дистиллированную воду, поверхностное натяжение которой известно, и замеряют количество капель, появляющихся при выдвижении микрометренного винта на 1 см. Поверхностное натяжение води при данной температуре берется из табл.

Постоянная капилляра определяется по формуле:

$$K = б_в \cdot n_в$$

где: $б_в$ - поверхностное натяжение воды при данной температуре Н/м

$n_в$ - число капель воды при выдвижении шприца на 1 см.

Затем 50 $см^3$ активной промывочной жидкости профильтровывают через складчатый фильтр < менее 50 $см^3$ фильтрата брать не рекомендуется, так как в этом случае концентрация ПАВ существенно изменится вследствие адсорбции на фильтровальной бумаге).

При работе с глинистым раствором можно использовать для получения фильтра прибор ВМ-6.

Определяют температуру фильтрата, После получения равенства температур воды и фильтрата приступают к измерению. Подсчитывают число капель фильтрата при выдвижении микрометренного винта на 1 см. Замеры проводят три раза и находят среднее количество капель.

Поверхностное натяжение фильтрата определяется по формуле:

$$\sigma_и = \frac{\sigma_В \cdot n_в}{n_и} = \frac{K}{n_и}$$

где: $П_и$- число капель исследуемой жидкости;
K - постоянная капилляра.

Рис. 10. Сталагмометр
1- микрометр, 2-медицинский шприц;
3-капилляр; 4 - кронштейн

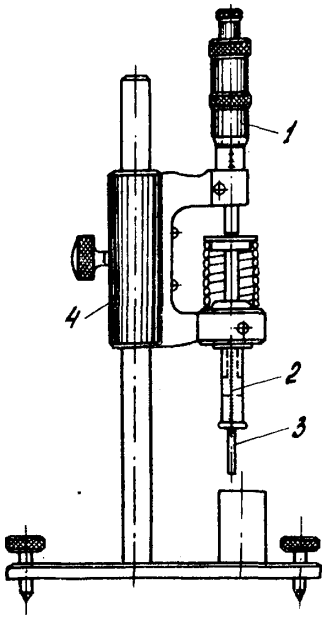


Таблица 1

Изменение поверхностного натяжения воды в зависимости от температуры

Температура воды, °С	Поверхностное натяжение, Н/м	Температура воды, °С	Поверхностное натяжение, Н/м
15	73.49	22	72,44
16	73,34	23	72,28
17	73,19	24	72,12
18	73,05	25	71,96
19	72,90	26	71,80
20	72,75	27	71,64
21	72,59	28	71,47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ АПЖ

Способность АПЖ смачивать твердые поверхности характеризуется косинусом краевого угла смачивания, которая навивается смачиваемостью (В = Cos *в*)

Краевой угол смачивания на исследуемой поверхности (бурильная труба, горная порода) измеряется по форме капли, сфотографированной на пластинке.

Для снятия капли на пластинку применяется установка, схема которой приведена на рис. 11.

Установка состоит ив источника света 1, испытуемой поверхности 2, увеличителя с длинно-фокусной линзой 3, экрана 4, рамки 6.

Для измерения краевого угла смачивания исследуемых поверхностей готовится АШ с концентрациями ПАВ 0,5; 1; 2; 3; 4%. Перед нанесением капли на исследуемую поверхность её нужно обезжирить ацетоном или хромовой смесью, промыть дистиллированной водой и хорошо просушить. Для нанесения капель на поверхность дается выдержка 4 минуты с целью придания каппе равновесного кривого угла.

В течение данного времени капля проектируется на экран путем установки максимальной резкости в изображении контура капли перемещением увеличителя 3 по направляющей рамки 5.

После снятия капли на пластинку и её проявления, замеряется краевой угол. Для этого измеряется высота капли h и радиус площади контакта с поверхностью $r_к$. Зная эти размеры, рассчитывается смачиваемость по формулам:

при $\theta < 90°$ $$C_{о\theta}\theta = \frac{r_k^2 - h^2}{r_k^2 + h^2}$$

при $\theta > 90°$ $$C_{о\theta}\theta = 1 - \frac{h}{r_k}$$

$$C_{о\theta}\theta = 1 - \frac{h}{r_k}$$

Полученные расчетные данные заносятся в таблицу, на основании которых строятся графики *CosΘ=f(c).* Данные графики позволяют оценить смачиваемость АПК поверхности горных пород и бурильных труб в зависимости от концентрации ПАВ. На основании полученных данных вычисляется работа адгезии, которая характеризует энергию сцепления смазочной пленки с трущимися поверхностями.

$$W_a = \sigma_{жг}(1 + C_{о\theta}\theta)$$

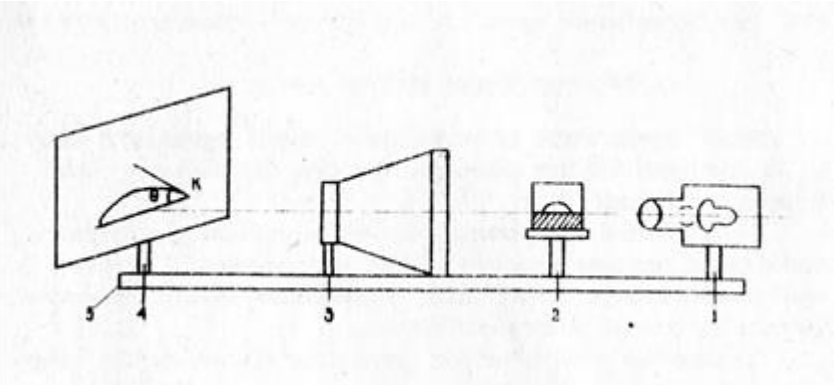


Рис.11. Установка для определения краевого угла смачивания.
источник света; 2 - испытуемая поверхность; 3 - увеличитель экран-пластинка; 5 - рама.

W_a - работа адгезии, Н/м ;
$6_{ж.г}$ - поверхностное натяжение на границе раздела жидкость-газ, *Н/м ;*
Cos θ - смачиваемость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ АПЖ

Под стабильностью, или устойчивостью понимается способность АПЖ сохранить свое агрегативное состояние, не расслаиваться в течение продолжительного времени.

Проба АПК заливается в мерный цилиндр, который оставляют в покое в течение трех часов при комнатной температуре. Если за это время расслоение жидкости не произойдет, то она считается стабильной. Расслоение может произойти в результате повышенной жесткости воды.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА БЫСТРОЙ КОАГУЛЯЦИИ

Мерой агрегативной устойчивости активной промывочной жидкости по отношении к солям поливалентных металлов является порог быстрой коагуляции (Пб· К).

Порог быстрой коагуляции - это та наименьшая концентрация электролита, которая вызывает снятие энергетического барьера электростатического отталкивания сближающихся коллоидных частиц и быстрое расслоение дисперсной системы.

Определение порога быстрой коагуляции осуществляется следующим образом. В начале готовятся растворы активной промывочной жидкости с концентрациями эмульсолов или ПАВ 0,5; 1; 2; 3; 4%. Затем приготовляются растворы с концентрациями электролитов ($CaCl_2$, $MgCl_2$) от О ,25 до 10/Ь в зависимости от коагулирующей активности электролита.

Раствор электролита заливается в бюретки объемом 10 мл с ценой деления 0,1 мл. Для проведения наблюдений берется пробирка и заполняется 2 мл активной промывочной жидкости. Потом исследуется раствор с помощью бюретки вводится электролит небольшими дозами (по 0,1 мл). После каждой добавки раствор интенсивно встряхивается и просматривается при просвечивании электрической лампой. Интенсивное помутнение раствора и выделение коагулированных хлопьев ПАВ свидетельствует о начале быстрой коагуляции раствора. Концентрация электролита, выраженная в г/л, которая вызывает быструю коагуляцию АПЖ, применяется за порог быстрой коагуляции.

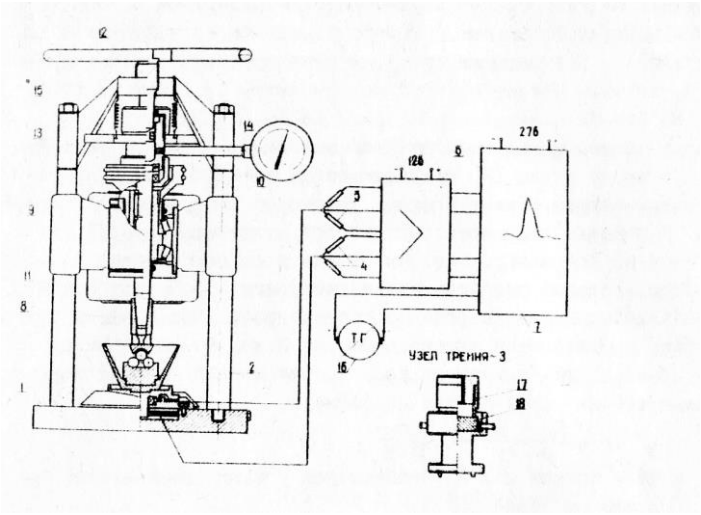


Рис. 12. Установка трения 1 - опорная станина; 2,3 - узлы трения; 4,5 - тенаодатчик; 6 - тензоусилитель; 7 - осциллограф; 8 - шпиндель; 0 - корпус шпинделя; 10 - шкив; 11 - электродвигатель; 12 - нагрузочный винт; 13 - гидропресс; 14 - манометр, 15 - нагрузочная траверса; - тахогвнератор

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ

Коэффициент трения определяется на установке трения, которая монтируются узлы трения 2 и 3. Узел 2 служит для измерения коэффициента трения на контакте металл-металл, и узел 3 - на контакте металл-горная порода. Узел 2 представляет собой четырехшариковую пирамиду, установленную на поверхности стола, который связан с измерительной пружиной, с наклеенными на ней тензодатчиками 4. К тензодатчику подсоединяется тензоусилитель 8, и осциллограф 7. Давление на узел трения осуществляется шпинделем 8, смонтированным в корпусе 9. Вращение шпинделя передается черев шкив 10 от двигателя 11. Нагрузка на шпиндель создается винтом 12 гидропресса 13, которая регистрируется по манометру 14. Винт 12 перемещается по резьбе в нагрузочной траверсе 15.

Замеры производятся по следующей методике. Стальные шары диаметром 8,5 мм из стали IX, предварительно обезжиривается ацетоном, устанавливаются в узел трения, в который заливается исследуемая АПЖ. С помощью гидропресса создается нагрузка, которая регистрируется по манометру. Латером плавно включается мотор до полных оборотов, которые регистрируется счетчиком 16. В этот момент включается записывающее устройство осциллографа. После обработки осциллограмм определяется крутящий момент М кр. По аналогичной методике производятся замеры на узле трения металл- горная порода Коэффициент трения определяется по формуле:

$$K_T = \frac{F_{\text{ТР}} \cdot R}{P \cdot r} = \frac{M_{\text{кр}}}{P \cdot r}$$

где: $F_{тр}$ - сила трения или горизонтальное усилие, вызывающее движение стола, Н;
R - радиус подвижного стола, и ;
Р - осевая нагрузка на шпиндель, Н ;
r - радиус четырехшариковой пирамиды, м ;
М кр - крутящий момент на подвижном столе, кг · $м^2$;

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ

Под предельной прочностью смазочной пленки подразумевается критическое. давление на площадь контакта, при котором происходит выдавливание (разрушение) смазочной пленки.

Определение предельной прочности смазочной пленки производится на установке трения в следующей последовательности.

Исследуемая активная промывочная жидкость заливается в узел трения, создается последовательно нагрузка на шпиндель, ступенями включается вращение и замеряется величина крутящего момента при каждом нагружении.

Затем строится график в логарифмических координатах, М кр =f (Р). На графике находится точка резкого возрастания величины крутящего момента. Нагрузка, соответствующая этой точке принимается за $P_{мах}$.

Величина предельной прочности смазочной пленки в месте контакта определяется по формуле Герца-Беляева:

$$P_{кр} = 0{,}388\sqrt{\frac{1{,}64P_k E^2}{r^2}}$$

Где $Р_{кр}$ – критическое давление на площадь контакта, кг · $м^2$,

$Р_к$ - контактная нагрузка, Н;

Е – модуль упругости, кг/$мм^2$ (для стали Е = 2,1х10^{-4} кг/$м^2$);

r - радиус шара, м;

$Р_к$ = 0,41 Р;

где $Р_{мах}$ - осевая нагрузка в момент выдавливания пленки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Контроль параметров промывочных жидкостей в процессе бурения является важным условием сохранения качества промывочной жидкости и поддержания устойчивости ствола скважины.

В методических разработках приведено описание основных приборов для измерения структурно-механических и антифрикционных параметров промывочных жидкостей и изложена методика их определения.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Г. А. Усов

Промывочные жидкости

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплине
«Очистные агенты и тампонажные смеси»
для студентов специальности
21.05.03 Технологии геологической разведки

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2020

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия - важнейший элемент подготовки молодого специалиста - предусматривают выполнение студентами под руководством преподавателя самостоятельных заданий, включающих экспериментальные исследования по результатам непосредственного наблюдения изучаемых объектов и процессов.

Главной целью методических указаний является знакомство с теоретическими положениями изучаемой дисциплины, приобретение навыков экспериментальной деятельности, обеспечение глубокого понимания студентами изучаемых явлений, закономерностей и форм их проявления, формирование у будущих специалистов практических умений и навыков в области общеинженерной деятельности и овладения специальностью.

В соответствии с требованиями УМС практические работы должны содержать следующие основные элементы:

- теоретическую часть работы, помогающую понять изучаемые процессы или явления, цели и задачи, стоящие перед студентами при выполнении работы;
- методическую часть, целью которой является изучение применяемых и исследуемых образцов и материалов, методик экспериментов, оборудования, приборов, используемых в практической работе;
- экспериментальную часть, в которой осуществляются процессы подготовки образцов (проб), технологические процессы их обработки, снятие характеристик процесса, определение параметров после завершения процесса;
- обсуждение результатов и составление выводов по работе, что позволяет установить, достигнута ли цель, в краткой форме сформулировать основные сведения об изучаемом материале, процессе, явлении.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Перед проведением практических работ студенты должны изучить правила безопасного ведения работ и противопожарной безопасности и после инструктирования их преподавателем расписаться в журнале инструктажа.

Практическая работа выполняется по теме, по которой начитан теоретический материал. Для успешного проведения работы студенты должны обладать минимальным запасом теоретических знаний. Контроль этих знаний проводится преподавателем в виде опроса (в устной или письменной форме), на основе новых информационных технологий (тестов).

Студенты, не получившие допуск, отстраняются от выполнения практической работы, а её выполнение проводится студентом после проверки его знаний индивидуально.

Допуск студентов на последующие практические работы производится после контроля знаний по этой работе, сдачи отчёта и защиты по предыдущей работе.

Подгруппа может разбиваться на бригады по 2-3 человека.

Отчёт должен оформляться по каждой практической работе титульным листом и содержать следующие основные разделы:

- цель и основные задачи;
- теоретическая часть;
- описание установок, приборов, инструмента, материалов, реагентов;
- методика выполнения работы;
- результаты наблюдений;
- анализ результатов исследований и выводы;
- список литературы.

Отчёт должен иллюстрироваться таблицами, графиками, рисунками.

Защита практической работы осуществляется каждым студентом отдельно на очередном занятии после представления отчёта.

Практическая работа 1.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГЛИНЫ И ВОДЫ.

Цель работы: Изучить методики определения качества глины, как структурообразователя бурового раствора.

Теоретическая часть

Структурированные промывочные жидкости представляют собой дисперсные системы, состоящие из дисперсионной среды и дисперсной фазы.

В качестве дисперсной среды чаще всего используют воду, а в качестве дисперсной фазы структурообразователи: глинистые минералы, полимеры, конденсированную твёрдую фазу. Наиболее доступным и дешёвым структурообразователем являются глинистые минералы: монтморилонит, иллит, каолинит. Эти листовые силикаты, легко диспергируют вследствие их листовой структуры и гидрофильности в воде на тонкие частицы размером в микрон и менее.

Благодаря наличию нескомпенсированного поля межмолекулярных сил и функциональных (полярных) групп с отрицательный зарядом на поверхности частиц происходит адсорбция молекул воды (гидратация частиц) с образованием общей гидратной структуры промывочной жидкости. Прочности структуры (прочность адсорбированного слоя) глинистого раствор, а значит и качество глины определяется суммарно поверхностью частиц (дисперсностью глины) количеством и активностью (гидрофильностью) функциональных групп $\equiv SiO$ $\equiv SiOH$.

Благодаря огромной суммарной поверхности глинистых частиц таких минералов, как монтморилонит, почти вся вода бурового раствора становится адсорбированной (гидратированной). Дисперсная система превращается в гель.

Наиболее легко диспергирует в воде натриевый монтморилонит, представляющий собой совокупность глинистых частиц, состоящих из пакетов двухлистовых кремнекислородных тетраэдров, связанных гидроаргилитовым слоем $Al(OH)^{2+}$.Пакеты

между собой слабо связаны обменными ионами Na которые в воде легко диссоциируют, глинистые частицы расщепляются на более мелкие частицы.

Кальциевые монтморилониты в связи с более прочными связями пакетов диспергируют значительно труднее, поэтому считаются менее качественными.

Ещё хуже диспергируют в воде (вследствие более прочных связей между пакетами) иллиты и каолиниты.

Существенное влияние на диспергирование глинистых частиц оказывают минеральные компоненты воды, в первую очередь ионы Ca^{2+} и Mg^{2+}. При значительном содержании в воде они способствуют дегидратации (нейтрализации заряда, снижению гидрофильности) частиц и их сшиванию. Поэтому для приготовления глинистых растворов используют воду с общей жёсткостью не более 12-15° (1° жёсткости соответствует 10 мг CaO в 1 л воды). Жёсткость воды определяют титрованием воды с добавкой 2,5 мл аммиачного раствора раствором олеата калия.

$$Н° = 20\ П \cdot \delta\ , \qquad (1.1)$$

где П - количество раствора олеата калия, израсходованного на титрование, мл, δ - титр олеата калия (количество г в I мл).

Таким образом, наиболее качественными глинистыми структурооразователями являются монтморилонитовые (бентонитовые) глины.

Оценку качества глины для приготовления раствора производят визуальным методом, методом смачивания (по Н. А. Максимовичу) и по выходу раствора (количеству $м^3$ раствора, вязкостью 25 *с*).

$$Q_р » 630/ (\delta_р - 1000), \qquad (1.2)$$

где $\delta_р$ - плотность глинистого раствора при условной вязкости 25 с.

Визуальный метод используют для оценки качества комовой глины. Глина считается пригодной, если при естественной влажности и воздушно сухом состоянии:

а) характеризуется большим сопротивлением излому; б) при изломе образует острые края; в) не поддаётся раздавливанию пальцами даже в мелких кусочках; г) даёт тёмную полированную поверхность при резании ножом; д) в эластичном (смоченном

водой) состоянии раскатывается в длинные шнуры, диаметром I мм и менее.

Метод смачивания используют для определения качества порошкообразной глины. С помощью этого метода примерно можно определить и минеральный состав глины.

За показатель качества глины принимают условную величину

$$K = t\,d\,, \qquad (1.3)$$

где L - время впитывания I мл весьма гидрофильного (с высокоэлектроотрицательными атомами) раствора, например, 4 % раствора пирофосфорнокислого натрия ($Na_4P_2O_7$), d – диаметр смоченной раствором глины, мм.

Благодаря высокой гидрофильности раствор интенсивно всасывается глинопорошком. Чем выше дисперсность и гидрофильность частиц глины, тем быстрее и на более значительное расстояние (больший объём) распространяется раствор. При К>300 глина считается монтморилонитовой, при К = 300 100 - иллито-каолинитовой, при К = 100 - 50 - каолинитоиллитовой, при К < 50 - каолинитовой.

Методическая часть

Для определения качества комовой глины необходимо иметь: исследуемую глину в воздушно сухом состоянии, линейку, перочинный нож.

Для определения качества порошкообразной глины: сито с отверстиями 0,5 мм, фарфоровую чашку с пестиком, 4% раствор пирофосфорнокислого натрия, пипетку, секундомер.

Для определения качества воды: аммиачный раствор, раствор олеата калия, мензурку 250мл.

Экспериментальная часть

Подгруппа разбивается на четыре бригады. Одна бригада исследует качество комовой глины. Для этого глину подвергают излому, раздавливанию, режут ножом, в пластичном состоянии раскатывают в шнуры. Затем после размельчения глины в фарфоровой чашке определяют показатель К подобно рассмотренному ниже

$$K = t\,d\,,$$

Результаты испытаний заносят в табл.1.

Вторая бригада исследует качество глинопорошка. Для этого порошок просеивают через сито; 40-50 г просеянного глинопорошка высыпают в фарфоровую чашку, уплотняют пестиком и выравнивают его поверхность.

С помощью пипетки в центр чашки вводят по каплям (по мере впитывания) 1 мл 4 % раствора пирофосфата натрия и засекают время впитывания по секундомеру.

Расстояние нижнего конца пипетки от поверхности глинопорошка должно быть не более 2 см, каждая капля должна направлена в одну точку.

После впитывания последней капли раствора секундомер выключают и линейкой определяют диаметр смоченной поверхности. При неравномерном распространении раствора определяют диаметр в различных направлениях и рассчитывают среднее значение d.

По полученным результатам вычисляют показатель К:

$K = t\,d.$.

Одновременно с этим оценивают характер смоченной поверхности: набухание, усадку, толщину увлажнённого слоя.

По показателю К определяют минеральный состав глины. Глины с показателем К =100, а также при явно выраженной усадке смоченной поверхности для приготовления бурового раствора не пригодны.

Полученные результаты необходимо занести в табл.1.

Таблица 1

	Визуальный метод				Метод смачивания			
	Сопротив. излому	Сопротив. раздавлив.	Характер поверх. разреза	Диаметр и длина шнура	t, мин	d, мм	К =	Характер смоченной поверхности

Третья бригада определяет качество воды (её жёсткость).

Для этого: в мензурку ёмкостью 250 мл заливают 50 мл исследуемой воды; добавляют 2,5 мл аммиачного раствора; проводят медленное титрование раствором олеата калия (титр которого известен) до образования стойкой (мелкопузырчатой) пены, сохраняющейся 4-5 мин.

При титровании после очередного прибавления раствора обязательно нужно встряхивать содержимое мензурки.

После образования стойкой пены вычисляют жёсткость воды

$$Н° = 20 П \delta$$

Результаты испытаний занести в табл.2.

Таблица 2

Проба воды	П, мл	δ , град	$Н^{о}$, град	Примечание

Четвёртая бригада определяет качество глины по выходу раствора. Для этого необходимо приготовить 0,5 л глинистого раствора с условной вязкостью 25 с, замерить его плотность и по формуле (2) определить выход раствора

$$Q_{р} = 630/ (\delta_{р}-1000).$$

Анализ результатов исследований. Выводы

На основании заполненных таблиц необходимо определить минеральный состав, сделать выводы о качестве глины и её пригодности для приготовления глинистых растворов, то же Сделать и по отношению к воде.

Практическая работа 2.

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОФИЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ БУРОВЫХ (ГЛИНИСТЫХ) РАСТВОРОВ

Цель лабораторной работы - экспериментально раскрыть теоретические положения о природе структурирования глинистых растворов, получить навыки экспериментальной деятельности, обеспечить глубокое понимание явлений структурирования глинистых растворов.

Структурированные промывочные жидкости при бурении скважин применяют с целью кольматации пор и трещин горных пород, закрепления стенок скважин, представленных рыхлыми и неустойчивыми горными породами, создания противодавления на стенки скважин неустойчивых пород. Структурированные жидкости обладают малой водоотдачей, что предотвращает набухание глинистых пород и их обвалы; обладают высокой несущей способностью, что позволяет выносить с забоя тяжёлый шлам.

Теоретическая часть

"Структура - это совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающая его целостность, т.е. сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях".

В коллоидной химии понятию структура придаётся более широкий смысл. По классификации П. А. Ребиндера для дисперсных систем выделяют два типа структур: кристаллизационный (конденсационный) и коагуляционный (тиксотропный). Если первый тип структур соответствует вышеописанному определению, т. е. представляет собой совокупность устойчивых связей твёрдых частиц с образованием жёсткого каркаса, то второй тип структур представляет собой совокупность неустойчивых связей твёрдых частиц, обеспечивающих устойчивые связи только в состоянии покоя. При течении эти временные структуры (пространственные каркасы) разрушаются.

Таким образом, под структурой дисперсных систем понимают совокупность межмолекулярных связей частиц твёрдой фазы.

Коагуляция частиц (межмолекулярное взаимодействие) возможна лишь на незначительных расстояниях между частицами, измеряемых чаще всего десятками нанометров (т. е. в весьма концентрированных твёрдых дисперсных системах или растворах с гидрофобной твёрдой фазой).

В промывочных жидкостях расстояния между частицами значительно превышают названную величину. В этих системах с гидрофильной твёрдой фазой прочность структуры осуществляется за счёт гидратных слоёв. В зависимости от гидрофильности твёрдой фазы и характера структуры (за счёт коагуляции частиц или за счёт гидратных, адсорбционных слоёв) структуры буровых растворов можно разделить на гидрофобные и гидрофильные. Задачей лабораторной работы является изучение гидрофильной структуры. В качестве структурированных промывочных жидкостей в практике бурения чаще всего применяют глинистые растворы.

Прочность структуры глинистых растворов зависит от количества глинистых частиц в единице объёма (концентрации и дисперсности глины) и их активности (гидрофильности).

Глина - это совокупность глинистых частиц различных фракций и различных минералов (силикатов), чаще всего листовых. Поверхность частиц силикатов представлена кремнекислородными группами (силанольными анионами) $\equiv SiO^-$. Кислород, как известно, обладает весьма высокой электроотрицательностью, поэтому поверхность частиц оказывается полярной с отрицательным зарядом и способна взаимодействовать с различными катионами, наиболее активно (по исследованиям академика Гедройца) с ионами водорода, который способен вытеснить даже трёхвалентные катионы. В результате нейтрализации полярной группы водородом $\equiv SiOH^+$ заряд частиц, а следовательно, её активность понижаются.

Под воздействием заряда частиц вокруг *них* образуется плотный гидратный слой четко соорентированных и прочно связанных молекул-диполей воды. Гидратный слой обладает высокой прочностью, в результате чего и промывочная жидкость становится более вязкой с прочной структурой. Прочность

гидратного слоя (прочность межмолекулярных связей воды) зависит от его толщины

$$f = \frac{c}{r^7} \tag{2.1}$$

где r - толщина слоя.

Чем больше глинистых частиц и меньше расстояния между ними (тоньше гидратный слой), тем прочнее структура промывочной жидкости.

Качество глины определяется как её способностью диспергировать в воде, так и количеством функциональных групп ($\equiv SiO^-$; $\equiv SiOH^-$) и их активностью. Наиболее интенсивно диспергируют в воде натриевые монтморилониты, пакеты которых связаны слабыми одновалентными катионами Na^+, легко диссоциирующими в воде. Труднее диспергируют кальциевые монтморилониты.

С целью удаления или замены натрием обменных катионов Ca^{2+}, сшивающих пакеты глинистых частиц в глинистый раствор добавляют щелочные электролиты, способные взаимодействовать с катионами Ca^{2+} и образовывать нерастворимые соли. Наряду с удалением ионов Ca^{2+} щёлочи способны удалять водородный экран и переводить малоактивные функциональные группы $\equiv SiOH^-$ более активные $\equiv SiO^-Na^+$.

Пример: В воде кальцинированная сода диссоциирует на ионы

$H_2O + Na_2CO_3 \rightarrow HCO3 + OH^- + Na^+ HCO^-_3$ взаимодействует с обменными катионами и выпадает в осадок

$$Ca^{2+} + HCO^-_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Оксигруппа OH^- взаимодействует с водородом функциональной группы и образует воду, а функциональная группа OH переходит в более активную группу $\equiv SiO^-$

$$\equiv SiOH^- + OH^- \rightarrow SiO^- + H_2O$$

Вследствие этого при обработке глинистого раствора щёлочью стабильность (агрегативная и седиментационная устойчивость) раствора повышается.

Однако с увеличением щёлочи увеличивается не только концентрация оксигруппы OH^-, но и концентрация катионов (в

частности Na+),которые при избытке щёлочи способствуют нейтрализации (снижению) гидрофильности глинистых частиц. Поэтому щёлочность глинистого раствора должна контролироваться специальными приборами.

Кроме качества глины, на прочность структуры оказывает влияние её концентрация. Суммарная энергия взаимодействия молекул воды с поверхностью глинистой частицы определяется суммой энергий ориентационного и электростатического взаимодействий.

$$U=\frac{m\,e\,\mu}{2}+\frac{2\,n\,\mu^4}{3r^6\,R\,T}, \qquad (2.2)$$

где e – заряд иона частицы, μ- дипольный момент частиц, *m*-число взаимодействующих ионов.

Для разбавленных растворов (при расстояниях, превышающих действие межмолекулярных сил) между частицами и молекулами воды действуют только электростатические силы

$$f=\frac{m\,e\,\mu}{r^3}=\frac{m\,e\,\mu\,C}{V_{ср}}, \qquad (2.3)$$

где

$$r=\sqrt[3]{\frac{V}{n}}=\sqrt[3]{\frac{V_\phi\,V}{V_{ср}}}=\sqrt[3]{\frac{V_{ср}}{C}}$$

Здесь V- объём раствора, *n* - число глинистых частиц, $V_{ср}$- объём одной усреднённой частицы, V_ϕ - объём всех частиц, C - концентрация глины в растворе.

Из формулы (2.3) следует, что для разбавленных растворов прочность структуры прямо пропорциональна концентрации глины и обратно пропорциональна объёму частиц.

В концентрированных растворах (при расстояниях действия межмолекулярного взаимодействия *r*)

$$f=\frac{2\,n\,\mu^4}{r^7}=2\,n\,\mu^4\left(\frac{C}{V_{ср}}\right)^{7/3}, \qquad (2.4)$$

Методическая часть

Основными показателями гидрофильной структуры глинистых растворов являются величина статистического напряжения сдвига (прочность структуры), водоотдача и стабильность.

Статистическое напряжение сдвига определяют по прибору СНС-2, представляющему из себя два соосных цилиндра (стакана, устанавливаемого на вращающемся столике и боба с рифлённой боковой поверхностью, подвешенного внутри стакана на упругой нити к кронштейну). Стакан через редуктор с частотой вращения 0,2 об/мин приводится в движение от электродвигателя.

Водоотдачу бурового раствора определяют по прибору ВМ-6,имеющему фильтрационный и напорный узлы. Фильтрационный узел состоит из фильтрационного стакана и основания, между которыми устанавливают фильтр. В основании просверлен канал, перекрываемый пробкой.

Напорный узел состоит из напорного цилиндра с тарелкой и клапаном для слива масла и плунжера - груза со шкалой.

Стабильность раствора определяют по суточному отстою в мензурке (в % осветлённой части раствора) и разности плотностей раствора в нижней и верхней частей цилиндра ЦС-I после отстоя его в течение суток

$$C=\rho_{н} - \rho_{в}$$

Порядок измерения статистического напряжения сдвига: 1) с помощью регулировочных винтов добиваются соосности подвешенного на кронштейне цилиндра и стаканна; 2) подвесную головку нити приподнимают и поворачивают до полного совмещения нуля риски с риской указателя (закреплённого на кронштейне); 3) заполняют стакан раствором (при этом не следует смачивать верхний торец цилиндра); 4) путём поворота цилиндра в стакане перемешивают раствор и оставляют его в покое на 1 мин; 5) через минуту включают двигатель и после полной остановки поворота лимба берут отсчёт угла поворота; 6) таким образом, (после перемешивания раствора и минутной выдержки) берут три замера и определяют среднее значение угла поворота $\varphi_{ср}$; 7) вычисляют СНС по формуле $\theta = K\varphi_1$; 8) аналогичным способом замеряют СНС через 10 мин покоя 10= $K\varphi_{10}$. Коэффициент упругости нити K = 1,26.

Порядок измерения водоотдачи: 1) насухо протереть все детали прибора; 2) смочить два листа фильтровальной бумаги и отжать влагу между листами;3) уложить фильтром (а сверху них резиновую прокладку) в гнездо основания;4) закрепить стекай в

основании; 5) установить пробку; 6) заполнить стакан раствором; 7) закрепить напорный цилиндр на стакане; 8) закрыть клапан напорного цилиндра; 9) заполнить цилиндр маслом; 10) вставить плунжер; 11) с помощью клапана спустить масло в тарелку до совпадения нуля шкалы с риской на верхней части цилиндра, после чего клепан закрыть; 12) извлечь пробку в основании прибора; 13) включить секундомер, через 30 мин взять отсчёт по шкале прибора; 14) с помощью клапана слить масло в тарелку; 15) снять плунжер;16) отсоединить напорный цилиндр от стакана и слить масло из тарелки в ведро;17) вылить масло и раствор из стакана, ополоснуть стакан; 18) нельзя ополаскивать детали напорного узла.

Щелочность бурового раствора определяют по лакмусовой бумаге или с помощью специального прибора pH-метра, основанного на способности одного из его электродов в зависимости от концентрации водородных ионов изменять потенциал. Потенциал другого электрода (электрода сравнения) остаётся постоянным.

В результате изменения потенциала измерительного электрода создаётся меняющаяся с изменением pH разность потенциалов, которая с помощью электронного усилителя усиливается и фиксируется прибором со шкалой, протарированной в единицах pH.

В качестве измерительного электрода используют стеклянную трубочку с толщиной стенки 0,01 мм, заполненную 0,1H раствором HC1,в которую помещён вспомогательный хлорсеребряный электрод. Стеклянный электрод имеет отрицательный заряд. С увеличением концентрации катионов водорода заряд постепенно нейтрализуется, потенциал электрода понижается.

В качестве электрода сравнения используют каломельный электрод, состоящий из металлической ртути, покрытой каломелью Hg_2Cl_2, и погруженный в насыщенный раствор KCI.

Экспериментальная часть

Для проведения лабораторной работы заранее приготавливают пасту из бентонитового глинопорошка на пресной воде при соотношении бентонита и воды I:I по массе.

Из приготовленной пасты студенты на миксере готовят 15 % глинистый раствор на водопроводной воде.

Подгруппа разбивается на 3-6 бригад. Каждой бригаде выдаётся задание:

1-й бригаде - замерить статическое напряжение СНС «водоотдачу В и pH необработанного раствора;

2-й бригаде – 15 % раствор обработать кальцинированной содой из расчёта 2 % соды от содержания глины, раствор перемешать (в течение 5 мин) и после этого замерить СНС,В и pH;

3-й бригаде - разбавить 15 % глинистый, обработанный щёлочью раствор до 10 % и после перемешивания замерить СНС,В и pH;

4-й бригаде - разбавить 15 % глинистый, обработанный щёлочью раствор, до 5 % и после перемешивания замерить СНС,В и pH;

5-й бригаде разбавить 15% глинистый обработанный раствор до 2% и после перемешивания замерить СНС,В и pH.

Полученные бригадами замеры занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№	Необраб. 15 % глинистый раствор	15 % обраб. щелочью глинистый раствор	10 % обраб. щелочью глинистый раствор	5 % обраб. щелочью глинистый раствор	2 % обраб. щелочью глинистый раствор	Примечание
ПаН						

По экспериментальным данным необходимо построить графики зависимости статического напряжения сдвигу (прочности структуры) от концентрации глины $\theta = \varphi(C)$, В= $\varphi(C)$, pH= $\varphi(C)$.

Обсуждение результатов. Выводы

На основании таблицы и графиков необходимо сделать выводы о целесообразности обработки глины кальцинированной содой, о влиянии концентрации глины в растворе на статическое напряжение сдвига, водоотдачу, а также выводы о соответствии экспериментальных результатов теоретическим.

Практическая работа 3.

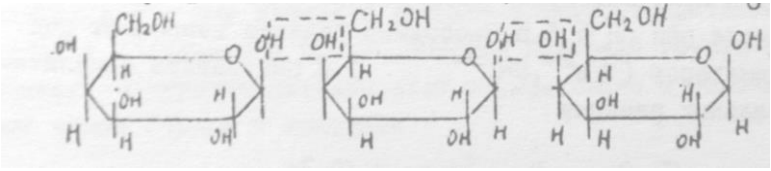
ИЗУЧЕНИЙ ГИДРОФИЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ БУРОВЫХ (ПОЛИМЕРНЫХ) РАСТВОРОВ.

Цель работы: экспериментально доказать теоретические положении о природе структурирования полимерных растворов, получить навыки экспериментальной деятельности, обосновать глубокое понимание явление структурирования полимерных растворов.

Теоретическая часть

Полимерами называет соединения, молекулы которых состоят из большого числа атомных групп (звеньев),соединённых химическими связями в длинные цепи и сетки. Полимеры обладают гибкостью цепи, т.е. способностью звеньев под воздействием силового электрического поля какого-либо тела или соседних цепей вращаться относительно друг друга. Все полимеры, в зависимости от состава, подразделяют на органические и неорганические, органические - на природные и синтетические. К неорганическим полимерам можно отнести листовые силикаты. Наиболее широкое применение для приготовления промывочных жидкостей из органических природных полимеров получили производные целлюлозы, а из синтетических производные полиакриловой кислоты.

Целлюлоза (клетчатка) $C_6H_7O_2(OH)_3$ - природный полисахарид, образованный в результате поликонденсации Д - глюкозы $C_6H_{12}O_6$



Это главная составная часть клеточных стенок растений, обуславливающая их прочность. Получают целлюлозу путём растворения древесины и выделения из неё лигнина при сульфидной, сульфатной или щелочной варке. В промышленности целлюлоза используется для получения химических волокон (вискозного, ацетатного), пластмасс, целофана, бумаги, пороха, лаков и др.

В чистом виде целлюлоза в воде не растворяется вследствие наличия в макромолекуле большого количества оксигрупп, способных с атомами водорода соседних макромолекул образовывать прочные водородные связи. Для возможности растворения целлюлозы в воде часть оксигрупп замещают гидрофобными группами (что позволяет снизить прочность их молекулярных водородных связей) или более гидрофильными (полярными) функциональными группами.

*поликонденсация - процесс образования макромолекул с выделением воды.

По первому варианту путём замещения части оксигрупп OH^- гидрофобной метиловой группой $^-OCH_3$ получают метилцеллюлозу (ММЦ) $C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_3)_x$ оксиэтильной группой – оксиэтилцеллюлозу и т. д.

По второму варианту путём замещения части оксигрупп OH^- гидрофильной карбоксиметильной группой $^-OCH_2COONa$ получают карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2C00Na)_x]_n$, сернокислой группой $^-OSO_3Na$-сернокислый эфир целлюлозы (СЭЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OSO_3Na)_x]_n$ и т. д.

Путём комбинаций первого и второго вариантов получают метилкар-боксиметилцеллулозу (МКМЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x-y}(OCH_3)_x(OCH_2COONa)_y]_{,n}$ и т.д. Группа ^-C00Na КМЦ так же, как и соли Na_2CO_3 активно взаимодействует с двухвалентными металлами Ca^{2+} , Mg^{2+} с образованием нерастворимой КМЦ (соли), поэтому в агрессивных средах при наличии катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} КМЦ не применяется. Более устойчивы в этих средах ММЦ, СЭЦ, ОЭЦ, МКМЦ.

Полиакриловая кислота $[CH_2CHC00H]_n$. - синтетический карбоцепной полимер, который получают путём радикальной полимеризацией акриловой кислоты в воде при pH $\leq$ 6,5.Свободный радикал возникает под воздействием инициаторов (Fe^{2+}, CR^{2+}) в результате окислительно-восстановительных реакций

$$ROOH + Fe^{2+} \rightarrow RO^- + OH^- + Fe^{3+}$$

Этот радикал реагирует с двойной связью молекулы мономера и образует более сложный радикал

$$RO^- - + CH_2 = \begin{matrix} CH \\ COOH \end{matrix} \rightarrow RO - CH_2 - \begin{matrix} CH \\ COOH \end{matrix}$$

способный взаимодействовать со следующей молекулой мономера и т.д.

$$CH_2 - \begin{matrix} CH \\ COOH \end{matrix} - CH_2 - \begin{matrix} CH \\ COOH \end{matrix} -$$

Как и все кислоты, полиакриловая кислота ухудшает качество промывочных жидкостей (в первую очередь структурно-механические свойства), повышает водоотдачу, поэтому для обработки буровых растворов полиакриловая кислота не применяется.

В качестве структурообразователей используют соли полиакриловое кислоты, которые получают путём этерификации (нейтрализации) полиакриловой кислоты спиртом. Так, при этерификации полиакриловой кислоты нашатырным спиртом получают полиакриламмонит, полиакриламид (ПАА), полиакрилнитрил (ПАН)

$$\text{-COOH} + H_4OH \rightarrow \begin{Bmatrix} -COONH_4 + H_2O \\ -CONH_2 + 2H_2O \\ -CN + 3H_2O \end{Bmatrix}$$

Хорошими структурообразователями являются и сополимеры: метас, М-14, лакрис 20. Метас - термостойкий сополимер метакриловой кислоты и метакриламида, М-14 - термостойкий сополимер метакриловой кислоты и метилметакрилата, лакрис - модификация сополимера М-14.

Качество полимера, как структурообраэователя, определяется длиной макромолекулы (степенью полимеризации - количеством звеньев мономеров в цепи), количеством функциональных групп и их гидрофильностью (полярностью).

Полярность функциональной группы обусловлена величиной электроотрицательности её атомов. Под воздействием электроотрицательности электронное облако атомов группы с меньшей электроотрицательностью смещается в сторону атомов с большей электроотрицательностью, что и приводит к поляризации группы. Энергия полярной группы определяется разностью электроотрицательностей отрицательно и положительно заряженных ионов группы в квадрате

$$E = \frac{(n\text{Э}_1 - \text{Э}_2)^2}{2},$$

где Э_1 - электроотрицательность отрицательно заряженного, а Э_2- положительно заряженного атома, n - число отрицательно заряженных атомов в группе.

Функциональные группы с малой разностью электроотрицательностеп атомов являются гидрофобными.

Наиболее высокой электроотрицательностью обладают анионы фтора (Э_1 =4), кислорода (Э_1 =3,5), азота (Э_1 =3,07), хлора (Э_1 = 3). Наиболее низкой электроотрицательностью - одновалентные катионы калия (Э_2 =0,91) и натрия (Э_2 =0,93). Следовательно, полимеры, имеющие в функциональных группах кислород и азот, весьма гидрофильны.

Причём, чем больше их атомов в группе, тем более гидрофилен полимер. Поэтому для приготовления промывочных жидкостей чаще всего применяет полимеры с кислородо- и азотосодержащими функциональными группами.

Повысить гидрофильность функциональной группы можно путём устранения экрана катионов или их замены на менее электроотрицательные катионы.

С этой целью прибегают к гидролизу (разложению воды) полимера с образованием кислоты и спирта - процессу этерификации.

Так, при гидролизе производных полиакриловой кислоты (в щелочной среде) получают полиакриловую кислоту, которая в щелочной среде теряет водород и превращается в весьма гидрофильный полимер

$$-COONH_4 + H_2O \rightarrow COOH + NH_4OH$$
$$-CONH_2 + 2H_2O \rightarrow COOH + NH_4OH$$
$$-CN + 3H_2O \rightarrow COOH + NH_4OH$$

В щелочной среде карбоксильная группа переходит в более активную группу

$$-COOH + OH^- \rightarrow COO^- + H_2O,$$

а гидроксид аммония разлагается на аммиак и воду

$$NH_4OH \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

Так, в результате гидролиза ПАА получают более активный полимер ГПАА и его разновидности РС-1, РС-2, РС-4. В результате гидролиза полиакрилнитрила - ГиПАН и его разновидности: К-4, К-9 , "нитрон"

$[CH_2 - CHC\ N]_x \cdot [CH_2 - CHCONH_2]_y \cdot [CH_2 - CHCOON\ a]_z$.

Методическая часть

Основными показателями прочности структуры полимерных растворов, так же, как и для глинистых растворов, являются статическое напряжение сдвигу, водоотдача и pH. Приборы для определения этих показателей рассмотрены в предыдущей работе.

Экспериментальная часть

Подгруппа разбивается на 3-5 бригад. Каждой бригаде выдаётся индивидуальное задание.

1-й бригаде - приготовить миксером 0,5; 1,0; 1,5% растворы КМЦ, определить СНС, водоотдачу и pH растворов.

Результаты занести в табл.1.

Таблица 3.1

	1-я бригада			2-я бригада			3-я бригада			4-я бригада			5-я бригада		
	КМЦ %			ПАА %			ОЭЦ %			Метас %			Гипан %		
	0,5	1,0	2	0,5	1,0	2	0,5	1,0	2	0,5	1,0	2	0,5	1,0	2
θ, Па В, см^3/30мин pH															

2-й бригаде - приготовить 0,5; 1,0;2% растворы ПАА, определить показатели СНС, водоотдачу и pH, результаты занести в табл.1.

3-й бригаде - приготовить 1,0;2,0;3% растворы метаса, определить СНС, водоотдачу и pH, результаты занести в табл. 3.1.

4-й бригаде - приготовить 0,5;1,0;2% растворы метаса, определить СНС, водоотдачу и pH, результаты занести в табл. 3.1.

5-й бригаде - приготовить 0,5;1,0;2% растворы гипана, определить СНС, водоотдачу и pH растворов, результаты занести в табл. 3.1.

По экспериментальным данным необходимо построить графики зависимости СНС, водоотдачи и pH от концентрации полимера

Обсуждение результатов. Выводы

На основании таблицы и графиков необходимо сделать выводы о влиянии концентрации полимеров на показатели θ, В, pH, о соответствии зависимостей с теоретическими положениями, о возможности использования полимерных растворов в качестве промывочных жидкостей при следующих условиях СНС = 0,5 ÷I Па, В = 5-10 см3/30 мин.

Практическая работа 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: экспериментально определить зависимость вязкости буровых растворов от концентрации твёрдой фазы, скорости течения плотности и сечения потока.

Теоретическая часть

Вязкость (внутреннее трение) - свойство жидкостей оказывать сопротивление при её течении.

Вязкость - один из важнейших показателей промывочных жидкостей - существенно влияет на эффективность бурения горных пород. Вязкие структурированные растворы способствуют кольматации пор и трещин в горной породе, закреплению стенок скважин в рыхлых и неустойчивых горных породах; вязкие растворы имеют малую водоотдачу, а, следовательно, предотвращают насыщение пористой глинистой породы водой, её набухание и обвалы стенок скважин. Вязкие растворы обладают высокой несущей способностью и применяются при бурении горных породообразующих шлам высокой плотности.

Природа вязкости промывочных жидкостей та же, что и прочность структуры - межмолекулярное взаимодействие молекул воды и частиц твердой фазы. Поэтому зависимости

вязкости от концентрации твёрдой фазы, температуры и размеров сосудов (диаметра труб, зазора между трубами и стенками скважин, в котором находится или протекает жидкость) те же, что зависимости прочности структуры от этих величин. Однако вязкость не всегда соответствует статическому напряжению сдвига. Так, например, в малоглинистых, активированных растворах, растворах с гидрофильной структурой вязкость значительно ниже, чем СНС, так как при движении жидкости вследствие дезориентации молекул взаимодействие между ними снижается, а в растворах с гидрофобной структурой вязкость значительно выше, чем СНС, так как при течении воды вследствие дезориентации молекул толщина гидратных оболочек уменьшается, а сила межмолекулярного взаимодействия частиц возрастает.

При обработке малоглинистых растворов гибкими полимерами (например, метасом) при повышении концентрации полимера в небольших объёмах СНС понижается (за счёт повышения толщины гидратного слоя), а вязкость повышается. Дело в том, что полярные (функциональные) группы полимера (по закону полярностей Ребиндера) поворачиваются в сторону фазы с большей полярностью. При течении раствора молекулы воды дезориентируются (движутся более хаотично) полярность воды понижается и полярные группы поворачиваются в сторону более полярной поверхности глинистых частиц, а гидрофобной в сторону воды. В результате частицы становятся более гидрофобными и, как следствие, вязкость раствора сначала возрастает (до некоторого предела концентрации полимера, а затем при образовании второго слоя полимера понижается.

За единицу вязкости принимают касательные усилия при течении жидкости, приходящиеся на единицу площади (касательные напряжения, Па) при разности скоростей между слоями равно dv=м/с и расстояние между ними dr= 1 м.

Для ньютоновских жидкостей

$$\tau = \eta \frac{dv}{dr} = |\eta| , \quad (4.1)$$

где η - коэффициент вязкости.

Для бингамовских (вязкопластичных) жидкостей (глинистых растворов)

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dv}{dr} \quad (4.2)$$

где τ_0 - динамическое напряжение сдвига, η - коэффициент пластической вязкости.

Коэффициент пластической вязкости при использовании вискозиметра ВСН-3 определяют из соотношения

$$\eta = (\varphi_{600} - \varphi_{300}), \text{ Па·с} \quad (4.3)$$

а динамическое напряжение сдвига

$$\tau_0 = 0{,}3(2\varphi_{300} - \varphi_{600}), \text{ Па} \quad (4.4)$$

где φ - угол поворота лимба, град, вискозиметра ВСН-3.

Вязкость структурированных жидкостей можно определить и по формуле

$$\tau = \eta_{эф} \frac{dv}{dr} , \text{ Па}, \quad (4.5)$$

где

$$\eta_{эф} = \eta + \tau_0 / \frac{dv}{dr} , \quad (4.6)$$

Вязкость (касательные напряжения сдвига) псевдопластич-ных жидкостей (активированных малоглинистых, полимерных, полимерглинистых растворов) при η =600 об/мин определяют по степенному закону

$$\tau_{600} = \eta_c \frac{v^n}{r} , \quad (4.7)$$

С другой стороны касательные напряжения можно выразить через коэффициент трения и радиальное давление жидкости

$$\tau_{600} = fP \quad (4.8)$$

В соответствии с законом Бернулли у стенок внутреннего цилиндра (боба) вискозиметра ВСН-3, где $V = 0$

$$P_0 = const - \frac{\rho v^2}{2} = const \quad (4.9)$$

у стенок вращающегося внешнего цилиндра $v = v_ц$

$$P_ц = const - \frac{\rho v_ц^2}{2} \quad (4.10)$$

тогда радиальное давление

$$P=P_o-P_ц=\frac{\rho v_ц^2}{2} \quad (4.11)$$

При $V_0 = V_ц$ P=0

Из уравнений (4.7),(4.8) и (4.11)

$$f=\frac{\eta_c(\frac{v}{r})^n}{\rho\Delta v^2}=\frac{\eta_c}{\rho\Delta v^{2-n}r^n}=\frac{\eta_0 C^{7/8}}{\rho\Delta v^{2-n}r^n}, \quad (4.12)$$

где η_0 - показатель вязкости.

Таким образом касательные напряжения сдвига определяются двумя показателями коэффициентом трения f, (межмолекулярного взаимодействия молекул воды и частиц твёрдой фазы), зависящим от концентрации твёрдой фазы, скорости течения и размеров труб с одной стороны и радиального давления $P=\rho v^2/2$ с другой стороны.

При повышении скорости течения коэффициент трения понижается и тем интенсивнее, чем меньше показатель степени (чем ниже гидрофильность глинистых частиц, выше глиноёмкость раствора). При некоторое значительной концентрации, когда молекулярные связи между частицами окажутся выше, чем с поверхностью частиц, скорость течения по всему сечению потока окажется одинаковой $V=V_ц$ радиальное давление снизится до нуля, следовательно, взаимодействие молекул воды со стенками трубы возрастает, и раствор будет перемещаться в трубе как твердое тело. Энергия затрачивается только на трение раствора о трубу $\tau = fr\mathrm{P}_0$, и касательные напряжения не будут зависеть от скорости течения (n=0, $\tau = \tau_0$=*const).*

Методическая часть

Таким образом, основными показателями вязкости бурового раствора являются: для бингамовских (глинистых) растворов - динамическое напряжение сдвигу τ_0 и пластическая вязкость, для псевдопластичных (полимерных) растворов - эффективная вязкость.

Все эти показатели определяют по прибору - вискозиметру ВСН-3.

В полевых условиях пользуются условной величиной вязкости, определяемой по времени истечения 500 $см^3$ раствора из воронки через трубку с внутренним диаметром 5 мм.

Вискозиметр ВСН-3 состоит из станины, внутри которой в нижней части установлен двигатель для привода (через редуктор) гильзы для измерения вязкости раствора, а в верхней части - двигатель для вращения этой же гильзы при определении СНС (с частотой 0,2 об/мин). Внутри гильзы на стержне, установленном в станине на подшипниках, подвешивается подпружинный цилиндр с рифлёной поверхностью (боб). В процессе измерения гильза вводится в стакан с исследуемым буровым раствором при подъёме телескопического столика. На стержне боба закреплён лимб с делениями (в градусах). Редуктор нижнего двигателя с помощью переключателя позволяет менять частоту вращения гильзы (200,300,400,600 об/мин).

Порядок измерения вязкости.

1. Заполнить стакан исследуемым раствором до риски, установить его на подъёмном столике, поднять столик до упора и зафиксировать его поворотом по часовой стрелке. 2. Установить переключатель в положение 600 об/мин и включить двигатель. 3. Выждать 2-3 мин (до полной остановки лимба), взять отсчёт по лимбу f_{600} и отключить двигатель. 4. Переключатель установить в положение ŋ=300 об/мин и включить двигатель. 5. Послеполной остановки лимба взять отсчёт f_{300}.

По полученным значениям в соответствии с формулами (4.3-4.6) определяем пластическую вязкость, динамическое напряжение сдвига, эффективную вязкость и вязкость раствора при 600 об/мин. Вязкость раствора при других числах оборотов гильзы можно определить по формуле

$$T = K \cdot \varphi_n \qquad (4.13)$$

коэффициент К приводится в паспорте вискозиметра.

Статическое напряжение сдвига определяют при 0,2 об/мин после перемешивания раствора при n = 600 об/мин и выдержки после перемешивания в течение 1 мин и 10 мин.

Показания шкалы снимают в момент максимальных знамений перед разрушением структуры

$$\theta = К \bullet \varphi_п \qquad (4.14)$$

Экспериментальная часть:

Из приготовленной заранее пасты черногорского глинопорошка миксером приготавливают 2 л 20 % глинистого раствора, обработанного (2 % от веса с чистой глины) кальцинированной содой.

Группа студентов разбивается на 3-6 бригад. Каждой бригаде выдаётся индивидуальное задание.

1-й бригаде: определить зависимость вязкости глинистого раствора от концентрации глины. Для этого отлить из общей ёмкости 0,3 л. раствора и разлить его в пять частей: 120, 90, 60, 30 мл, разбавить водой четыре последних до 120 мл, получив таким образом по 120 мл: 20, 15, 10, 5 и 2%-х глинистых растворов.*

Для каждого раствора определить по формуле (4.6) значение τ_{600} и формуле (4.14) значения θ.

Полученные значения занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Показатели τ_{600} *и* θ *глинистого раствора при концентрации глины*									
20%		15%		10%		5%		2%	
	600		600		600		600		600

По полученным данным построить график зависимости $\tau_{600} = \varphi$(С), $\theta = \varphi$ (С).

2-й бригаде: определить зависимость вязкости глинистого раствора от скорости вращения цилиндра вискозиметра. Для этого из общей ёмкости отлить 150 мл 20 %-го глинистого раствора, определить по формулам (4.13) и (4.14) значения τ и θ при различной скорости вращения цилиндра: 0,2; 200; 300; 400; 600 об/мин. Затем в 2 раза разбивать раствор водой (до 10 %) и вновь замерить эти показатели.

*Для сокращения времени приготовления растворов получить требуемые растворы можно путём последовательного разбавления одного и того же 20 %-го раствора после определения τ_{600} до 15, затем 10,5 и 2 %.

Полученные результаты занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Концентрация раствора %	θ, Па	Вязкость, Па			
		τ_{200}	τ_{300}	τ_{400}	τ_{600}
20 10					

По экспериментальным данным построить графики зависимости $\tau = \varphi(n)$ для 20 и 10%-х растворов.

3-й бригаде: определить зависимость вязкости и СНС глинистого раствора от зазора между вращающимся цилиндром и бобом.

Для этого из общей ёмкости отлить 150 мл 20 %-го глинистого раствора, определить по формулам (4.7) и (4.16) и τ_{600} при установке различных цилиндров, позволяющих получать зазор….. мм. Разбавить в 2 раза раствор и вновь определить значения θ и τ

Результаты занести в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Концентрация глины, %	Значения θ и τ_{600} при					
	$\delta =$		$\delta =$		$\delta =$	
	θ	τ_{600}	θ	τ_{600}	θ	τ_{600}
20 10						

По экспериментальным данным построить график зависимости $\tau_{600} = \varphi(\delta)$ и $\theta = \varphi(\delta)$.

4-й бригаде: определить зависимость вязкости и СНС глинистого раствора от его плотности.

Для этого отлить из общей ёмкости 150 мл 20 %-го глинистого раствора, в который добавить 10 % барита и определить на вискозиметре значения θ и τ_{600} и ареометре значения ρ. Затем добавлять по 5 % барита и также определять значения ρ, θ, τ_{600} при 15 и 20 % барита.

Результаты занести в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Показатели θ и τ_{600} при					
10 % барита		15 % барита		20 % барита	
θ	τ_{600}	θ	τ_{600}	θ	τ_{600}

По полученным результатам построить график зависимости $\tau_{600} = \varphi(\delta)$, $\theta = \varphi(\delta)$.

5-й бригаде: определить зависимость вязкости глинистого раствора от температуры. Для этого отлить 150 мл 20%-го глинистого раствора, замерить его температуру и определить показатели θ и τ_{600} на вискозиметре ВСН-3. Подогреть раствор до 40 °С и определить показатели θ и τ_{600}. Затем подогреть до температуры 60 и 80 °С и замерить значения θ и τ_{600}.

Результаты занести в табл. 4.5.

Таблица 4.5

Показатели θ и τ_{600} при							
20 ^{0}C		40 ^{0}C		60 ^{0}C		80 ^{0}C	
θ	τ_{600}	θ	τ_{600}	θ	τ_{600}	θ	τ_{600}

По полученным данным построить графики зависимости $\tau_{600} = \varphi$ (*T* °C), $\theta = \varphi$ (T °C).

Обсуждение результатов. Выводы

Полученные различными бригадами исследования обобщить, составить отчёт, сделать выводы.

Практическая работа 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ПРОЧНОСТЬ СТРУКТУРЫ И ВЯЗКОСТЬ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ (ГИДРОФОБНОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ)

Цель работы: экспериментально раскрыть теоретические положения о гидрофобных структурах промывочное жидкости, обеспечить более глубокое понимание происходящих в растворах физико-химических процессов при обработке их электролитами.

Теоретическая часть

Гидрофобная структура промывочной жидкости обусловлена межмолекулярным взаимодействием частиц твёрдой фазы, которые возможны только на незначительном удалении частиц друг от друга. Сближение частиц возможно в двух случаях: при повышении количества частиц твёрдой фазы (повышении концентрации или их диспергировании) и при гидрофобизации частиц (снижении их потенциала электролитами или гидрофобизация гидрофобными полимерами).

Все структурообразователи промывочных жидкостей обладают отрицательным зарядом, поэтому нейтрализацию заряда производят катионоактивными электролитами. В процессе насыщения бурового раствора электролитами вокруг частиц твёрдой фазы образуется двойной электрический слой (ДЭС), состоящий из заряженной поверхности самих частиц и слоя катионов, нейтрализующих этот заряд.

Интенсивность снижения потенциала частиц зависит от заряда катионов, с увеличением заряда она растёт. С помощью одновалентных катионов заряд частиц нейтрализуется частично, с помощью двухвалентных катионов потенциал может быть понижен до нуля, а трёхвалентными катионами можно даже изменить заряд на противоположный.

По адсорбционной способности (способности катионов вытеснять о поверхности частиц силанольного типа $\equiv SiO^-$) катионы располагаются в следующем порядке

$$Al^{3+} > Ba^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > NH_4^{+} > Na > Li$$

Ионы водорода с радикалами $\equiv SiO^-$ образуют прочные водородные связи и поэтому способны вытеснять все вышеприведённые катионы.

При нейтрализации потенциалы частиц твёрдой фазы сила взаимодействия с ними молекул воды понижается, понижается толщина гидратного слоя, частицы получают возможность сблизиться на расстояние их межмолекулярного взаимодействия, что резко повышает прочность структуры (связей частиц). При повышении концентрации катионов может произойти полная нейтрализация заряда, агрегатирование (слипание) частиц и их седиментация.

При снижении толщины гидратного слоя увеличивается и кулоновское взаимодействие катионов с частицами твёрдой фазы. Особенно интенсивно оно проявляется при наличии поливалентных катионов, способных “сшивать” частицы уже при малых концентрациях.

Гидрофобиэация частиц сопровождается повышением водоотдачи. Гидрофобное структурирование раствора можно определить по повышению прочности структуры и водоотдачи. При агрегатировании твёрдой фазы водоотдача также растёт, но прочность структуры понижается. При флокуляции частиц (образовании хлопьев) прочность структуры растёт, водо-отдача остаётся постоянной.

Для повышения прочности структуры промывочных жидкостей электролиты используют редко. Чаще электролиты добавляют в раствор с целью ингибирования (ограничения, предотвращения), набухания глинистых пород. В этом случае катионы из раствора за счёт кулоновских сил по порам проникают в глинистую породу, нейтрализуют заряд глинистых частиц, в результате чего предотвращается всасывание воды и набухание породы. Глинистые частицы без гидратного слоя повышают свою прочность за счёт межмолекулярного взаимодействия.

Наиболее эффективными ингибиторами являются поливалентные катионы. Однако поливалентные катионы при высокой их концентрации повышают положительный заряд бурового раствора, что приводит к диспергированию глинистой породы (засасыванию раствором отрицательно заряженных глинистых частиц породы, слагающих стенки скважин), кавернообразованию, авариям и ухудшению качества бурового раствора. Поэтому ингибирующие растворы готовят с использованием солей одновалентных металлов (NaCl, КС1) или слаборастворимых в воде соединений поливалентных металлов, вследствие чего обеспечивающих раствор незначительным количеством поливалентных катионов: известь $Ca(0H)_2$, гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Легко растворимые соли поливалентных металлов $CaCl_2$, $AICl_3$ могут использоваться только для приготовления ингибирующих растворов при бурении недиспергирующихся глинистых пород: микротрещиноватых аргиллитов, глинистых сланцев с целью "сшивания" кусков горной породы.

Электролитами насыщают буровые растворы при бурении соленосных отложений с целью предотвращения их растворения при бурении. Обычно насыщают буровой раствор теми же солями, которые присутствуют в геологическом разрезе: при бурении галита - поваренной солью, а бишофита и корналита - раствором бишофита.

Наконец, электролиты применяют для получения конденсированной твёрдой фазы, например, гидрогеля магния

$$Mg\ Cl_2 + NaOH \rightarrow Mg(0H)_2 + Na^+ + Cl^- \text{ тв. фаза}$$

В глинистых растворах электролиты вызывают коагуляцию, агрегатирование и седиментацию глинистых частиц, ухудшают качество бурового раствора. Для предотвращения агрегатирования и седиментация глинистых частиц, а также роста кристаллов конденсированной твёрдой фазы раствор стабилизируют солестойкими полимерами (например, КМЦ КССБ и др.).

Методическая часть

Основными показателями гидрофобной структуры буровых растворов являются прочность структуры (статическое напряжение сдвига), вязкость, водоотдача и стабильность.

Статическое напряжение сдвига и вязкость бурового раствора предусматривается определять на вискозиметре ВСН-3, водоотдачу на приборе ВМ-6, стабильность по суточному отстою в мензурке (%) и в цилиндре ЦС-2 по разности плотности раствора в верхней и нижней половине цилиндра с=$\rho_н$-$\rho_в$. Для приготовления бурового раствора предусматривается использовать миксер, для нагревания раствора - кипятильник.

Экспериментальная часть

Подгруппа разбивается на пять бригад. Каждой бригаде выдастся задание.

1-й бригаде: определить зависимость прочности структуры, вязкости и водоотдачи глинистого раствора от концентрации поваренной соли. Для этого из заранее приготовленной пасты черногорского глинопорошка (в соотношении глина - вода 1:1) приготовить 1 л 15 %-го глинистого растворе, обработанного кальцинированной содой (2 % от веса глины). Из общей ёмкости отлить в четыре ёмкости по 250 мл 15 %-го глинистого раствора, добавить в три из них 5,15,25 % поваренной соли, тщательно перемешать и определить показатели, для каждого раствора. Результаты занести в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Концентрация (С) соли %	θ, Па	τ_{600}, Па	В см^3/30 мин
0 5 15 25			

По экспериментальным данным построить графики зависимости $\theta = \varphi$ (С), $\tau_{600} = \varphi$ (С), В = φ (С).

2-й бригаде: определить зависимость прочности структуры, вязкости и водоотдачи от концентрации хлористого кальция. Для этого приготовить 1л 15 %-го глинистого раствора, обработанного

кальцинированное содой (2 % от веса глины), разлить раствор в четыре ёмкости по 250 мл, добавить в три из них хлористого кальция:0,5; 1,5; 2,5 %, тщательно перемешать и определить для каждого раствора показатели θ, τ_{600}, В. Результаты занести в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Концентрация (С) соли %	θ, Па	τ_{600}, Па	В см^3/30 мин
0 0,5 1,5 2,5			

По экспериментальным данным построить графики зависимости

$$\theta = \varphi(C),\ \tau_{600} = \varphi(C),\ B = \varphi(C).$$

3-й бригаде: определить зависимость прочности структуры, вязкости и водоотдачи глинистого раствора, стабилизированного КМЦ-600 от концентрации хлористого калия. Для этого приготовить 1 л 15 %-го глинистого раствора, обработать его кальцинированной содой (2 % от веса глины) и 1,5 %-го КМД. Раствор разлить в четыре ёмкости по 250 мл. В три из них добавить хлористого калия 5, 15, 25 %. Для каждого раствора определить θ, τ_{600} и В. Результаты занести в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Концентрация (С) соли %	θ, Па	τ_{600}, Па	В см^3/30 мин
0 5 15 25			

По экспериментальным данным построить графики зависимости

$$\theta = \varphi(C),\ \tau_{600} = \varphi(C),\ B = \varphi(C).$$

4-й бригаде: определить зависимость прочности структуры, вязкости и водоотдачи, стабилизированного КМЦ-600 глинистого раствора от концентрации хлористого кальция. Для этого приготовить 1 л 15 %-го глинистого раствора, обработать его кальцинированной содой (1 % от веса глины) и 1,5 %-го КМЦ-600. Раствор разделить и разлить в 4 ёмкости по 250 мл. В три из них добавить 0,5; 1,5; 2,5 % $CaC1_2$.

Растворы тщательно перемешать и определить для каждого из них показатели θ, τ_{600} и В. Результаты занести в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Концентрация (С) соли %	θ, Па	τ_{600}, Па	В см^3/30 мин
0 0,5 1,5 2,5			

По экспериментальным данным построить графики зависимости

$$\theta = \varphi(C),\ \tau_{600} = \varphi(C),\ B = \varphi(C).$$

5-й бригаде: определить зависимость прочности структуры, вязкость и водоотдачи от концентрации поваренной соли. Для этого приготовить 1 л 15 %—го глинистого раствора, обработать его кальцинированной содой (2 % от веса глины) и КМЦ-600. Разлить раствор в 4 ёмкости по 250 мл. В три из них добавить поваренной соли 5, 15, 25 %. Для каждого раствора определить θ, τ_{600} и В. Результаты занести в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Концентрация (С) соли %	θ, Па	τ_{600}, Па	В см^3/30 мин
0 5 15 25			

По экспериментальным данным построить графики зависимости

$$\theta = \varphi(C),\ \tau_{600} = \varphi(C),\ B = \varphi(C).$$

Обсуждение результатов. Выводы

Полученные результаты обобщить всей подгруппой, оделить выводы о влиянии электролитов на свойства глинистых растворов и целесообразности обработки ими буровых растворов.

Практическая работа 6.

ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ РАЗЖИЖЕНИЯ (ДЕСТРУКТУРИРОВАНИЯ) БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

Цель работы: экспериментально раскрыть теоретические положения о влиянии различных способов деструктурирования и снижения вязкости промывочных жидкостей.

Теоретическая часть

В процессе бурения соленосных отложений или при наличии агрессивных подземных вод в результате гидрофобизации катионами электролитов частиц твёрдой фазы прочность структуры и вязкость буровых растворов резко возрастают. Прочность структуры и вязкость буровых растворов возрастают также и вследствие насыщения промывочных жидкостей тонким шламом. Резкое повышение вязкости раствора вызывает ряд нежелательных явлений осложняющих процесс бурения. В первую очередь вязкие растворы существенно снижают механическую скорость бурения.

$$V_{\text{мех}} \approx V_0(I - \text{к}\tau)$$

где V_0 - механическая скорость бурения при промывке водой, τ- вязкость раствора.

Высокая вязкость раствора вызывает необходимость дополнительного расхода энергии на вращение снаряда, затрудняет очистку раствора от шлама, повышает содержание в растворе абразивного шлама, что ведёт к интенсивному износу снаряда, осложняет спуско-подъёмные операции, создаёт антисанитарные условия.

При повышении концентрации твёрдой фазы в растворе повышается его плотность ρ, что также резко снижает механическую скорость бурения

$$V_{\text{мех}} = \frac{V_0}{\rho^n}$$

Снижение прочности структуры и вязкости раствора но практике осуществляют путём уменьшения частиц тонкодисперсной твёрдое фазы растворе (разбавления водой,

удаления части твёрдой фазы флокулянтами, агрегации и седиментации частиц). Удаление грубой твёрдой фазы (шлама) осуществляет в очистной системе с помощью вибросит, гидроциклонов, желобов, отстойников. Эти методы используют в тех случаях, когда требуется одновременно со снижением СНС и вязкости понизить и плотность раствора.

В тех случаях, когда нужно понизить прочность структуры, но сохранить плотность раствора на прежнем уровне растворы разжижают (путём удаления из раствора катионов в первую очередь, поливалентных металлов Ca^{2+}, Mg^{2+}) с солями с поливалентными анионами, способными образовывать с Ca и Mg нерастворимые соединения Na_2SO_4, Na_2CO_3, путём активации твёрдой фазы: щелочными реагентами (УЩР, ТЩР, фосфатами, щелочными электролитами Na_2CO_3, NaOH, KOH и др.), полимерами - стабилизаторами (в первую очередь олигомерами).

В результате активации твёрдой фазы между частицами твёрдой фазы образуются толстые гидратные оболочки, межмолекулярное взаимодействие между частицами снижается, прочность структуры, вязкость и водоотдача понижаются.

Для разжижения растворов и снижения водоотдачи чаще всего используют активированный щёлочью гидролизный лигнин и его производные, активированные щёлочью бурый уголь и торф.

Лигнин является отходом гидролизного производства спирта, дрожжей, целлюлозно-бумажного производства. Это составная часть древесины, связывающая фибриллы целлюлозы в единое целое. Активированный ливнин и его производные - ароматические соединения, обладают высокой адсорбционной способностью, способностью образовывать на поверхности частиц твёрдой фазы достаточно плотную и гидрофильную полимерную плёнку. Ароматические полимеры - разжижители обладают высокой солестойкостью, при большой концентрации (выше 2-3 %) могут повышать прочность структур.

В практике бурения для разжижения глинистых растворов применяют почти все отходы гидролизного производства: гидролизный лигнин, шлам - лигнин, активные илы,

лигносульфонаты (сульфитспиртовая барда - ССБ, сульфит-дрожжевая бражка - СДБ, нитратный сульфатный щёлок НСЩ). К производным лигнина относятся нитролигнин - продукт окисления и нитрования гидролизного лигнина в 10 % азотной и 4 % серной кислоте, и г е т а н - продукт дальнейшей активации нитролигнина в каустической соде и кислороде; с у н и л - продукт активации нитролигнина гидросульфитом натрия. Производными ССБ являются о к з и л - продукт обработки кальциевой ССБ хромпиком в щелочной среде, феррохромлигносульфонат - продукт взаимодействия ССБ (СДБ) с сернокислым железом и бихроматом натрия, конденсированная сульфитспиртовая барда (КССБ, КССБ-1, КССБ-2, КССБ-4) – продукт обработки ССБ формальгидом и фенолом в кислой среде с последующей нейтрализацией щелочью. Цифра указывает на содержание фенола КССБ-4 кроме того содержит хромпик и по свойствам (термостойкости) близок окзилу.

Помимо целлюлозы и лигнина древесина содержит значительное количество гемицеллюлоз (примерно равное содержанию лигнина), среди которых выделяют древесную смолу. Экстрационная (нерастворимая в воде, но растворимая в этилацетате) смола наполовину состоит из фенолов. При конденсации фенолов с помощью формальдегидов и форма ль сульфитов получают реагент - полифеноллесохимический - ПФЛХ.

Помимо перечисленных реагентов из растений, за рубежом применяют экстракты из различных деревьев и других растений — таннины, представляющие собой конденсированные фенолы. Одним из представителей таннинов является сулькор, получаемый из щелочной вытяжки отходов дубильного экстракта.

Широкое распространение в качестве разжижителей получили УЩР,

ТЩР - продукты активации бурого угля и торфа щелочами и их производные: НГР - (нитрогуматный реагент) - бурый уголь, окисленные 8 %-й азотной кислотой при температуре 50-60 ^{o}C, СНГР - сульфированный нитрогуматный реагент, который получают сульфированием бурого угля бисульфатом натрия, ХГР - хромгуматный реагент - бурый уголь, окисленный хромпиком.

В практике бурения для выбора способа структурирования или разжижения на графике определяет оптимальную зону (рис.1) в системе координат θ ,Т . /

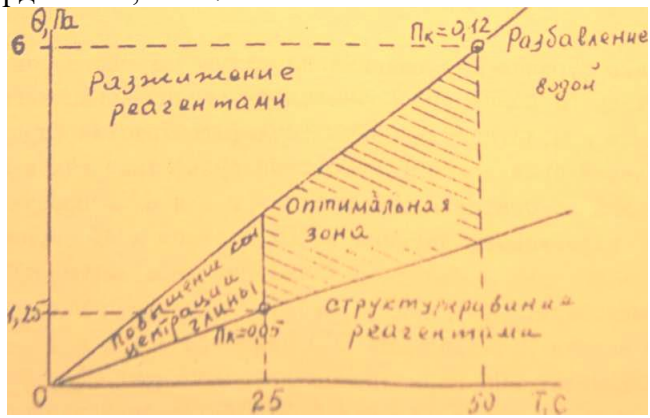


Рис. 6.1. Схема регулирования вязкости раствора

Для этого определяют минимальный и максимальный показатель консистенции - отношение СНС к условной вязкости

$$П_к = \frac{\theta}{T}$$

отмечают точки на графике и через эти точки проводят прямые.

В практике нефтяного бурения за оптимальные показатели принимают θ = 1,25 ÷ 6 Па, Т = 25-50 с, максимальный показатель консистенции $П_к = \frac{6}{50}$ =0,12 Па/с, минимальный $П_к = \frac{1.25}{25}$ =0,05 Па/с. Тогда оптимальной областью консистенции будет область, расположенная между прямыми, проведёнными через максимальный и минимальный $П_к$, в пределах- от 1,25 до 6 Па и Т от 25 до 50 с.

Если вязкость Т будет меньше 25 с раствор структурируют введением дополнительного количества твёрдой фазы, больше 50 с-буровой раствор разбавляют водой. При $П_к <$ 0,05,раствор структурируют реагентами, при $П_к >$ 0,12,раствор обрабатывают разжижителями (табл. 6.1).

В оптимальной области регулируют только показатель фильтрации.

Таблица 6.1

$П_к$ раствора Па/с	Обработка	Тип реагента			
	Растворами реагентами	Пресный раствор	Слабоминераз. NaCl раствор	Минерализ. NaCl раствор	Минерал из.$CaCl_2$ раствор
$П_к$=0,05-0,12	Понизителями фильтрации	УЩР, ТЩР	УЩР,ТЩР	КССБ, КМЦ, гипан, К-4, метас	КССБ, КМЦ
$П_к$<0,05	Структурообразователями	NaCl, Na_2SiO_3, кальц. глина	$Ca(OH)_2$ $CaSO_4$ натр.глина	Асбест солест. глина	$CaCl_2$, $Ca(OH)_2$ $CaSO_4$ кальц. глина
$П_к$>0,12	разжижителями	УЩР, ТЩР, нитролигнин, игетан, окзил, бур.уголь	ССБ, нитролигнин, окзил, ПФЛХ, бур.уголь	ССБ, окзил	ССБ, окзил

Методическая часть

Основными показателями качества разжижения являются вязкость, статическое напряжение сдвига и водоотдача. Статическое напряжение сдвига, как известно, определяют на приборе СНС-2, вязкость можно определять как по вискозиметру СПВ-5, так и вискозиметру ВСН-3.

Экспериментальная часть

Из заранее приготовленной пасты черногорского глинопорошка приготавливают 25 %-й глинистый раствор. Подгруппа разбивается на пять бригад.

1-й бригаде необходимо отлить из общей ёмкости 0,5 л 25 %-го раствора, определить показатель $П_к$ и при необходимости наметить пути дальнейшей обработки раствора. При необходимости разжижения раствора определить методы разжижения и дать оценку эффективности выбранного метода.

2-й бригаде отлить 0,5 л 25 %-го раствора, обработать его кальцинированной содой (2 % от веса глины), определить по показателю $П_к$ необходимость дальнейшей обработки раствора.

Если требуется разжижение раствора, выбрать метод разжижения и после его реализации определить эффективность метода.

3-й бригаде отлить 0,5 л 25/6-го раствора, обработать его кальцинированной содой(2% от массы глины) и полимерами (КМЦ-600, 1,5 % от массы раствора) и определить по показателю [^необходимость- дальнейшей обработки. При необходимости разжижения определить метод разжижения и после его реализации определить эффективность метода.

4-й бригаде отлить 0,5л 25 %-го глинистого, раствора, обработать его кальцинированной содой (2 % от массы глины) и полимерами (КМЦ-600 1,5 % от массы раствора), а затем поваренной солью (5 % от массы раствора). Определить необходимость дальнейшей обработки раствора по показателю $П_к$. При необходимости разжижения раствора выбрать его метод и после реализации определить эффективность метода.

5- й бригаде отлить 0,5 л 25 %-го глинистого раствора, разбавить его в 2 раза водой, обработать кальцинированной содой (2% от массы глины) метасом (0,5 % от массы раствора) и хлористым кальцием (1 % от массы раствора). По показателе $П_к$ определить необходимость дальнейшей обработки. При необходимости разжижения выбрать метод, а после его реализации определить эффективность метода.

Результаты экспериментов бригады заносят в табл. 6.1.

Таблица 6.I

Состав раствора				Показатели			Разжижитель и показатель после разжижения			
Глина %	Na_2CO_3	КМЦ метас	NaCl, $CaCl_2$	θ_{10}, Па	Т, с	$П_к$	Разж.	θ_{10}, Па	Т, с	$П_к$

Анализ результатов исследований и выводы

На основании экспериментальных данных необходимо проанализировать влияние различных компонентов промывочной жидкости на показатели θ, Т, $П_к$ и сделать вывод об эффективности разжижения различными методами.

Практическая работа 7.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

Цель работы: ознакомить студентов с методами регулирования плотности бурового раствора.

Теоретическая часть

При бурении скважин непременным условием предупреждения водопроявлений обвалов стенок скважин и связанных с ними осложнений является регулирование гидростатического давления столба бурового раствора в зависимости от давления водоносных пластов и норового давления глинистых пород. В зонах аномально высоких пластовых давлений, зонах неустойчивых горных пород, чтобы не допустить водопроявлений и обвалов .необходимо поддерживать плотность раствора, при которой давление на стенки скважин было бы несколько больше пластового давления флюида.

С другой стороны повышенное давление столба жидкости способно вызвать гидравлический разрыв пластов, что может повлечь потери промывочной жидкости и другие последствия. Повышенная плотность буревого раствора резко понижает механическую скорость бурения

$$V_{\text{мех}} = \frac{V_0}{\rho^n}$$

где V_0 - механическая скорость бурения при промывке водой, ρ - плотность раствора, n - показатель степени, равный 2-3.

Следовательно, при бурении скважин необходимо постоянно регулировать плотность бурового раствора.

Для повышения плотности раствора повышают концентрацию глины, вводят специальные утяжелители.

Буровые растворы, приготовленные на основе бентонитовых глин, имеют невысокую плотность 1059-1080 кг/м^3. Каолиновые и иллитовые глины в зависимости от их качества позволяют получать растворы плотностью 1180—1300 кг/м^3, а за счёт повышения концентрации и обработки химреагентами - разжижителями - 1400 -

1450 кг/м^3. Однако опыт показывает, что выгоднее использовать утяжелители с высокой плотностью, т. к. они позволяют уменьшить концентрацию твёрдой фазы в растворе, а значит, повысить механическую скорость бурения и расход утяжелителя.

Основной показатель качества утяжелителя - утяжеляющая способность, которая определяется плотностью раствора после введения 300% утяжелителя (по массе к исходному раствору) для создания раствора с условной вязкостью 60 с, водоотдачей 5-6 см^3 за 30 мин.

Утяжеляющая способность материала зависит от его плотности, дисперсности, гидрофильности и химического состава. Высокая степень дисперсности утяжелителя способствует повышению вязкости, а вязкость не позволяет повышать концентрацию утяжелителя и плотность раствора. Низкая степень дисперсности утяжелителя снижает седиментационную устойчивость.

В зависимости от минерального состава утяжелители делят на четыре группы: карбонатные (мергель, ρ = 2650 кг/м^3, известняк и мел ρ = 2700 кг/м^3, доломит, ρ = 2900 кг/м^3, сидерит ρ = 3900 кг/м^3), баритовые (баритовые концентраты производства обогатительных фабрик цветной металлургии КБ-1, КБ-2, КБ-3, КБ-4, КБ-5, плотностью 4050-4250 кг/м^3), железистые (гематит ρ = 5300 кг/м^3, магнетит ρ = 4900-5200 кг/м^3, ильменит ρ = 4790 кг/м^3) и свинцовые (галанит ρ = 7400-7500 кг/м^3). Железистые утяжелители вследствие их абразивности применяют редко.

При добавках галенита получают буровые растворы плотностью более 3000 кг/м3.

Для промывки скважин в устойчивых горных породах и особенно в трещиноватых зонах с целью повышения механической скорости бурения и снижения поглощения плотность промывочной жидкости понижают (чаще всего за счет аэрации). Аэрация позволяет уменьшить плотность любых промывочных жидкостей в широких пределах. При этом возрастает вязкость раствора; при концентрации воздуха С = 0 ÷ 54 % она равна

$$\mu_a = \mu_и (1 + 3{,}6\ C)$$

где $\mu_и$- исходная вязкость.

При концентрации воздуха С = 54 ÷ 96 %

$$\mu_a = \frac{\mu_и}{I} - C^{0,49}$$

Плотность аэрированной жидкости определяется по формуле

$$\rho_0 = \frac{(I-a)\rho}{I - a + a\rho_0/\rho}$$

где ρ_0, ρ - плотность аэрированной и исходной жидкостей, а - количество воздуха в единице объёма аэрированной жидкости, ρ_0, ρ - атмосферное и заданное давление.

Гидростатическое давление аэрированной жидкости ρ на глубине *h* для статических условий определяют из соотношения

$$P + \frac{a}{I-a} lg\ \rho - \rho_0 = \rho h$$

Для придания промывочной жидкости закупоривающей способности в неё вводят наполнители. Для надёжного закупоривания трещин размеры частиц наполнителя должны быть в 2 раза меньше величины раскрытия трещин.

Для аэрации промывочных жидкостей применяют специальные аэраторы, а для стабилизации аэрированных растворов - пенообразователи.

Методическая часть

Плотность бурового раствора чаще всего определяют с помощью ареометра АГ-ЗПП или АБР-I, состоящего из поплавка с двумя рабочими и одной поправочной шкалами, мерного стакана с балластом и съёмного груза.

Перед измерением плотности раствора проверяют правильность его показаний. Для этого в стакан заливают пресную воду, подсоединяют его к поплавку и опускают вместе с поплавком в ведёрко с водой. Если по рабочей шкале 0,8-1,7 уровень воды ведёрка окажется выше или ниже 1, 0, нужно определить причину (наличие засохшей глины в стакане, его деформация, попадание воды в поплавок) и устранить ее. При невозможности этого сделать по поправочной шкале определить поправку.

После определения поправки стакан заполняют исследуемым раствором и опустив его вместе с поплавком в ведёрко с водой, по

шкале 1,6-2,6 определяют плотность раствора; к этому показанию добавляют ее личину поправки. Если поплавок не погружается в воду, к стакану подсоединяют груз и отсчёт ведут по шкале 0,8-1,7.

Для измерения плотности могут быть использованы также рычажные весы - плотномер ВРП-1. Плотномер состоит из стойки и рычага со стаканом. На рычаге имеются две призмы, с помощью которых рычаг устанавливается на стойке, и две шкалы, соответствующие этим призмам. Для определения плотности стакан заполняют раствором до отверстия и закрывают крышкой «рычаг устанавливают на правую призму, с помощью подвижного груза стакан с раствором уравновешивают и снимают показания по верхней шкале. Если плотность окажется больше предела измерения, рычаг устанавливают на левую призму и показания снимают по нижней шкале.

Для более точного измерения плотности раствора используют пикнометр, представляющий собой стеклянный сосуд с притёртой пробкой и меткой на шейке.

Для определения плотности раствора вначале взвешивают пустой пикнометр P_1 Заполняют его до метки исследуемым раствором, закрывают пробкой и вновь взвешивают P_2.

Плотность бурового раствора рассчитывают по формуле

$$\rho = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

где V - объём пикнометра.

Экспериментальная часть

Для приготовления утяжелённых глинистых растворов заранее готовят пасту из черногорского глинопорошка в соотношении 1:1 по массе.

Подгруппа разбивается на четыре бригады. Каждое бригаде выдаётся задание:

1-й бригаде: а) определить зависимость плотности глинистого раствора от концентрации глины; б) определить концентрацию глинистого раствора максимальной плотности.

Для этого приготовить из глинистой пасты 1 л глинистого раствора с концентрацией 30 %. Разлить его в три ёмкости: 460, 310 и 230 мл.

Во вторую ёмкость добавить 150 мл , в третью 230 мл воды. Определить концентрацию и плотность каждого раствора. По результатам замеров построить график зависимости $\rho = \varphi$ (С).

Повышая концентрацию глины раствора и регулируя реагентами - разжижителями, добиться максимальной плотности при T_c = 60 с и В =6 см/30 мин.

2-й бригаде: а) определить зависимость плотности раствора от концентрации барита; б) определить уплотняющую способность барита. Для этого приготовить 0,6 л 7 %-го(по массе) глинистого раствора, разлить в три ёмкости по 200 мл, добавить в первую 200 г, во вторую 400 г, в третью 600 г барита, после перемешивания замерить плотность каждого раствора, построить график зависимости $\rho = \varphi$ (С). Для раствора 600г/200 мл определить показатель условной вязкости T_c и водоотдачу. При T_c >60 с и В >6 см/30 мин обработать раствор реагентами до нужных параметров T_c >60 с, В $\approx$ 6 см/30 мин и вновь замерить плотность раствора. По результатам замеров построить график зависимости $\rho = \varphi$ (С).

3-й бригаде: определить зависимость плотности бурового раствора от концентрации мела и определить уплотняющую способность мела.

Для этого приготовить I кг мелового раствора следующего состава по массе: 250 г воды, 750 г мела и 20 г КМЦ. Разлить тщательно перемешанный раствор в три ёмкости: 460 г, 310 г, 230 г. Разбавить водой раствор во второй ёмкости в 1,5 раза, а в третьей ёмкости- в 2 раза. После дополнительного перемешивания раствора определить концентрацию мела и плотность каждого раствора.

Построить график зависимости $\rho = \varphi$ (С).Определить вязкость Тс к водоотдачу В. При необходимости добавить глины до получения вязкости T_c = 60 с и водоотдачи В = 6 см/30 мин. Замерить плотность раствора.

4-й бригаде: определить зависимость плотности цементного раствора от концентрации цемента (или В/ц) и определить его уплотняющую способность. Для этого приготовить I кг цементного раствора следующего состава: 250 г воды, 750 г цемента (В/ц = 0,33). После тщательного перемешивания раствор разлить в три ёмкости: 450 г, 310 г и 230 г. Раствор второй ёмкости

разбавить в 1,5 раза, а в третьей ёмкости в 2 раза. Определить концентрацию цемента (или В/ц) и плотность каждого раствора, построить график зависимости $\rho = \varphi$ (С). Определить вязкость и водоотдачу раствора первого сосуда, добавить глины и полимеры до величины T_c <60с и В<6 см/30 мин. Замерить плотность раствора.

Обсуждение результатов. Выводы

На основании полученных результатов сделать выводы о целесообразности использования различных утяжелителей.

Практическая работа 8.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НЕУСТОЙЧИВОСТИ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД

Цель лабораторной работы: экспериментально доказать теоретические положения осложнений при бурении глинистых пород, получить навыки экспериментальной деятельности, обеспечить более глубокое понимание явлений набухания, размягчения и диспергирования глинистых пород.

Теоретическая часть

Глинистые горные породы представляют собой совокупность минеральных обломков различного состава и различных фракций, связанных между собой плёнками воды (в глинах) или кремнекислоты (в аргиллитах). Поэтому глинистые породы называют с вязными. Со ставными частицами «определяющими основные свойства глинистых пород,являются глинистые (размером в микрон и менее) и пылеватые (размером 2-5 мкм) частицы - продукты механического и химического выветривания магматических пород.

По минеральному составу глинистые частицы могут быть представлены различными минералами. Но преобладающими из них являются листовые силикаты: монтморилонит, гидрослюда (чаще всего иллит и каолинит. Реже встречаются палыгорскит, хлорит, вермикулит и другие листовые силикаты.

Плотные метоморфизованные породы (например, глинистые сланцы, роговики) с непосредственным межмолекулярным взаимодействием глинистых частиц весьма устойчивы. Трещиноватые при насыщении их водой распадаются на кусочки (по трещиноватости). Глины с неустойчивыми и слабоуплотнёнными частицами легко насыщаются водой, набухают, теряют свою прочность и разрушаются.

Степень набухания (отношение объема набухшей породы к объёму сухой породы) обусловлена структурой кристаллов горной породы, дисперсностью и гидрофильностью глинистых частиц. С увеличением дисперсности частиц (увеличением их суммарной поверхности) и гидрофильности (заряда частиц, обусловленного количеством гидрофильных функциональных $\equiv SiO^-$; $\equiv SiOH^-$ на их поверхности). Степень набухания возрастает.

Кристаллическая решётка монтморилонита представляет собой пакетиз двух слоёв кремнекислородных тетраэдров $SiO_2O_5^{2-}$-, связанных гидраргиллитовым слоем $Al(OH)^{2+}$. Пакеты между собой связаны обменными катионами: K^+,Na^+,Mg^{2+}, Ca^{2+}. С увеличением заряда катиона прочность связи повышается, поэтому кальциевые монтморилониты значительно труднее набухают и диспергируют в воде, по сравнению с натриевыми.

Кристаллическая решётка иллита сходна с кристаллической решёткой монтморилонита, отличается лишь тем, что в поверхностном слое пакета часть атомов кремния замещена атомами алюминия, в результате чего некомпенсированный заряд поверхности пакетов активнее взаимодействует с катионами (в частности с катионами калия К) и связь между пакетами оказывается значительно выше, чем в пакетах монтморилонита. Иллиты значительно слабее набухают и труднее диспергируют в воде.

Кристаллическая решётка каолинита имеет только два слоя: слой кремнекислородных тетраэдров и гидраргиллитовый слой. Пакеты каолинита за счёт большого количества гидроксильных групп OH^- сказываются прочно связанными между собой. Глина весьма слабо набухает и диспергирует в воде.

Молекулы воды состоят из атомов кислорода и двух атомов водорода. Атомы кислорода и водорода обладают разной

электроотрицательностью, поэтому орбитали кислорода подвергаются гибритизации (вытягиваются). Молекула воды принимает форму тетраэдра и поляризуется (образует диполь). В двух вершинах тетраэдра (в вершинах орбителей кислорода с неподелённым электронными парами) возникает отрицательный заряд, а в двух других вершинах (с атомом водорода) - положительный заряд.

В результате такой поляризации молекул воды осуществляется межмолекулярная связь. Помимо межмолекулярных сил между молекулами воды и поверхностью твёрдого тела возможна и водородная связь, обусловленная способностью атома водорода воды взаимодействовать с высокоотрицательными атомами твёрдого тела: *O, N, CI, F* .Водородная связь прочнее межмолекулярной в 5-6 раз, но в 15-20 раз слабее химической.

В результате взаимодействия отрицательного заряда глинистых частиц (обусловленного наличием на их поверхности огромного количества высокоотрицательного кислорода) и положительных полюсов молекул (диполей) вода (за счёт межмолекулярных и водородных связей) вокруг частиц образуется плотный адсорбированный гидратный слой, прочно связывающий глинистые частицы друг с другом.

Прочность глинистой породы зависит от толщины плёнки воды между глинистыми частицами.

У самой поверхности глинистых частиц силы взаимодействия молекул воды с частицами достигают тысяч и десятков тысяч кг/см^2 .С удалением от поверхности межмолекулярные силы быстро убывают обратно пропорционально седьмой степени расстояния (от молекул до частиц). Таким образом, чем тоньше плёнка воды, тем выше прочность породы.

Суммарную поверхностную энергию всех частиц горной породы называют объёмной электрической энергией. Плотность объёмное электрической энергии определяется главным образом дисперсностью и гидрофильностыо (зарядом) частиц. С увеличением толщины плёнок воды между частицами эта плотность понижается.

Под воздействием объёмной электрической энергии горной породы последняя насыщается водой и набухает. Глина насыщается водой до тех пор, пока толщина гидратного слоя не достигнет некоторого критического значения при котором сила взаимодействия молекул воды с частицами будет меньше силы давления извне или когда межмолекулярные силы снизятся до нуля.

В лабораторных условиях пользуются тремя характеристиками набухания: степенью набухания $K_1=V_н /V_о$, показателем набухания K_2, = $V_ж/\rho$ и скоростью набухания $\omega = K_2/t$, где $V_ж$ - объём воды в горной породе, $V_о$ - объём сухой породы, $V_н$ - объём насыщенной водой породы, P - вес сухой породы, t- время набухания.

В результате насыщения глины водой толщина плёнок воды между
частицами возрастает, вследствие чего прочность глины падает (глина размягчается).

В атмосферных условиях прочность глины понижается обратно пропорционально её влажности в третьей степени

$$f_i = \frac{f_0 K_0^3}{K_i^3} \qquad (8.1)$$

где f_0 и f_i пластическая прочность глины исходного образца и образца, насыщенного водой, K_0, K_i - влажность глины. Характеристикой снижения прочности глинистой породы является коэффициент размягчения $K_p = f_i/f_0$ который зависит от дисперсности глины и гидрофильности ее частиц.

Прочность глины, находящееся под давлением σ_i обратно пропорциональна её влажности W_i

$$\sigma_i = \frac{W_0 \sigma_0}{W_i}, \qquad (8.2)$$

где σ_0 и W_0 - прочность и влажность «сухого» образца глины.

В контакте глины с водой за счёт поверхностной энергии частиц происходит не только ’’всасывание" молекул воды глиной, но и "всасывание” водой глинистых частиц, т. о. диспергирование глины.

Эффективность диспергирования зависит как от дисперсности и гидрофильности глины, так и от наличия количества и заряда в воде катионов.

За критерий диспергирования глины можно принять скорость диспергирования породы.

Скорость диспергирования - это объём (ΔV) или вес (ΔP) глины, перешедшей с единицы площади образца S в промывочную жидкость за единицу времени

$$Д=\frac{\Delta P}{St} \quad . \qquad (8.3)$$

Методическая часть

1. Для изучения процессов набухания ,размягчения и диспергирования глины предусматривается использовать образцы из кальциевых бентонитов, которые студенты получают из заранее приготовленного глинопорошка на водопроводной воде в соотношении 1:1 по массе.

В настоящее время существует целый ряд методик определения набухания глины.

Наиболее простой является методика визуального наблюдения М. Х. Фишера, заключающаяся в следующем.

Исследуемый образец помещается в градуированный сосуд, фиксируется его начальный объём. Затем в сосуд заливается вода и через некоторое время измеряется объём набухшего образца. Отношением объёма набухшего образца к его первоначальному объёму и характеризуется величина набухания.

Для проведения исследований по этой методике необходимо иметь: 2 мензурки, корзинку для опускания образца, весы и часы.

Для изучения процесса размягчения глины (определения пластической прочности) используют различные методы.

Наиболее часто замер пластической прочности осуществляют по методу П. А. Ребиндера на приборе ВИКа, у совершенство ванному М. С. Винарским. Вместо иглы прибор снабжается комплектом конусов из стали или алюминия с углами при вершине 30º,45 º, 60º, 90 º.

Пластическая прочность определяется по формуле

$$Pm= K\alpha(P/h2), \text{ Па}, \qquad (8.4)$$

при Kα – коэффициент зависящий от угла конуса

$$K\alpha=\frac{1}{\pi}\cos^2\frac{\alpha}{2}\ \mathrm{ctg}\frac{\alpha}{2}\ , \qquad (8.5)$$

при α= 60°, Kα = 0,413; P - вес погружаемой системы, Н; *h* - глубина погружения конуса, м.

Коэффициент размягчения определяют по отношению пластическое прочности набухшего образца к пластической прочности исходного образца

$$K_p=\frac{P_m}{P_{исх}}$$

Скорость диспергирования глины в воде невелика, и определить её вследствие сложности происходящих в растворе процессов можно лишь с большой погрешностью, поэтому на практике её не замеряют. Тем не менее этот показатель (особенно при использовании в качестве промывочной жидкости растворов электролитов) имеет важное значение при выборе буровых растворов. Исследования предполагается проводить с использованием 5-10 %-го раствора $Al_2(O_4)_3$.

Скорость диспергирования можно определить приближённо по разности весов образцов глины, выдержанных в воде, и испытуемом буровом растворе, делённой на площадь поверхности образца и время выдержки

$$V_g=\frac{P_{н.в.}-P_{н.р.}}{S\ t}$$

Экспериментальная часть

Исследования набухания и размягчения глины. 1. Из заранее приготовленного замеса глины на воде (в соотношении 1:1 по весу) готовят образцы в виде шариков или цилиндров, диаметром 4-5 см. 2. Определяют вес образцов P_0. 3. Определяют пластическую прочность (среднюю из трёх измерений).

4. В мензурку заливают 150 мл воды. 5. С помощью корзинки в мензурку опускают образцы глины и замеряют их объём (по изменению уровня воды в мензурке) V_0. 6. Через каждые 0,5 часа выдержки в воде образцы извлекают из мензурки и замеряют объём набухшей глины $V_Н$. 7. Замеряют вес набухшего образца Рн. 8. Замеряют пластическую прочность глины P_m. 9. Определяют степень набухания $K_1=\frac{V_Н}{V_0}$. 10. Определяют объём жидкости в глине

$V_ж = \frac{P - P_0/2}{\rho}$. 11. Определяют объём жидкости, связанной I г глины $K_2 = \frac{2V_ж}{P_0}$. 12. Определяют скорость набухания $\omega = \frac{K_2}{t}$. 13. Определяют коэффициент размягчения $K_р = \frac{P_m}{P_{исх}}$

Все результаты заносят в табл. 8.1.

Таблица 8.1

t, ч	P_0, кг	$_0м^3$	$_нм^3$	$P_н$, кг	,м	Р, Па	K_1	$_ж$, $м^3$	K_2		$K_р$
0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0											

По полученным данным строят графики зависимости K_1, K_2, $K_р$ от времени.

Исследование скорости диспергирования глины производят на образцах, по весу равным образцам по испытанию набухания, параллельно с исследованиями набухания глины. Для этого дополнительно во вторую мензурку заливают 150 мл 5-10 %-го раствора соли $AI_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ и проводят замеры объёма и веса исходного образца, объёма и веса выдержанных в воде и растворе образцов (так же, как и при исследованиях набухания). Затем замеряют площадь поверхности (для шарика по формуле $S = \pi Д^2$) . Замеры заносят в табл. 8.2.

Таблица 8.2

t, ч	В воде				В растворе			S, $м^3$	$V_g = \frac{P_{н.в.} - P_{н.р.}}{S\,t}$
	P_0, кг	V_0, $м^3$	$V_н$	$P_{н.в.}$	P_0, кг	V_0	$V_н$		
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0									

По полученным данным строят графики зависимости от времени.

Обсуждение результатов. Выводы.

Общие выводы о характеристиках горной породы, о зависимостях показателей и скорости набухания, размягчения и диспергирования от времени. Прогноз поведения горной породы при её перебуривании. Требования к промывочной жидкости при бурении глины.

Литература

1. Ивачёв Л. М. Промывочные жидкости и тампонажные смеси.М.:Недра,1987.

2. Зварыгин В. И. Регулирование технологических свойств суровых растворов. Красноярск: КИЦМ,1994.

3. Лекции.

ФГБОУ ВО
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра технологии и техники разведки МПИ

В. И. Еркалов, Г. А. Усов, Ф.П. Сердюков

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В БУРЕНИИ

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине
«Оптимизация в геологоразведочном производстве»

Для студентов специальности
21.05.03 Технология геологической разведки

Очное, заочное

Екатеринбург
2020

Оглавление

Предисловие …….. .5
Введение ……7
1. Основные понятия и определения……..14
1.1. Научный эксперимент……..14
1.2. Планирование эксперимента…….15
1.3. Система «черный ящик» ……16
1.4. Факторы…….18
1.5. Параметр оптимизации……..19
1.6. Объект исследования……21
1.7. Модель……...22
Контрольные вопросы…….24
2. Классификация экспериментов и их характеристика…….24
2.1. Подразделение экспериментов по структуре……..24
2.2. Виды экспериментов по стадии научных исследований……25
2.3. Эксперименты с точки зрения их организации ……..25
2.4. Эксперименты по способу их проведения……26
2.5. Типы экспериментов по планированию……28
Контрольные вопросы…….28
3. Методологические концепции экспериментирования……29
3.1. Рандомизация……...29
3.2. Получение устойчивых результатов……..30
3.3. Математическое моделирование……31
3.4. Последовательность экспериментирования… ……..31
3.5. Оптимальное использование факторного пространства ……32
Контрольные вопросы…….32
4. Методы обработки результатов наблюдений……...33
4.1. Исключение грубых погрешностей……34
4.2. Результат измерения и оценка его среднего квадратического отклонения……..36
4.3. Коэффициент вариации и точность измерений……40
4.4. Проверка гипотезы о принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению……42

4.5. Вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерения……48
4.6. Определение необходимого количества наблюдений…….51
4.7. Проверка однородности наблюдений……53
Контрольные вопросы…….60
5. Полный факторный эксперимент……...60
5.1. Выбор области определения, основного уровня и интервалов варьирования факторов…….62
5.2. Матрица планирования и ее свойства……...68
5.3. Дробные реплики от полного факторного эксперимента ……..74
5.4. Реализация плана эксперимента…….82
5.5. Алгоритм расчета полного факторного эксперимента типа 2^k при равномерном дублировании опытов…88
5.6. Интерпретация результатов……..99
5.7. Принятие решений после построения модели…….101
5.8. Пример применения полного факторного эксперимента с равномерным дублированием опытов ….104
Контрольные вопросы……113
Заключение……113
Библиографический список……115

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эффективность научно-технических исследований определяется прежде всего их организацией и квалификацией кадров. Поэтому в настоящее время все большее внимание уделяется вопросам организации исследований и разработок.

За последние годы коренным образом изменился подход к экспериментально-статистическому исследованию. В различных областях научно-технических исследований успешно стали применяться методы математического планирования эксперимента. Они нашли применение в ряде отраслей народного хозяйства в повседневной экспериментальной работе при проектировании и испытаниях новых технических средств, при разработке и совершенствовании технологических процессов и т. д.

Статистические методы планирования эксперимента позволяют значительно интенсифицировать труд исследователя, сократить сроки и затраты на эксперимент, повысить достоверность выводов по результатам исследования, глубже проникнуть в сущность исследуемых систем и процессов. Важным достоинством методов планирования эксперимента является их универсальность, пригодность в большинстве областей исследования для решения так называемых экстремальных задач.

Математическая обработка и анализ результатов эксперимента все больше входят в круг вопросов, необходимых инженерно-техническим работникам геологоразведочных организаций. В связи с этим в последние годы для студентов специальности «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых» был введен курс «Оптимизация буровых и геологоразведочных работ и планирование эксперимента».

В нашей стране и за рубежом издано очень много литературы по планированию эксперимента в химии, металлургии, биологии, машиностроении, электронике и др. При этом необходимо отметить, что, несмотря на наличие большого числа теоретических и прикладных работ по планированию экс-

перимента, учебников и учебных пособий, посвященных данному вопросу, явно недостаточно. К сожалению, до настоящего времени не издана учебно-методическая литература по планированию эксперимента для специалистов по бурению скважин. Недостаточное знание ими методов планирования эксперимента приводит к применению упрощенных и недостаточно обоснованных приемов.

Предлагаемое учебное пособие предназначено для студентов старших курсов, которые должны овладеть одним из направлений в планировании эксперимента, связанного с оптимизацией процессов, – планированием экстремального эксперимента – и уметь применять его на практике. Полезные сведения в нем найдут работники производственных организаций, занимающиеся вопросами бурения скважин.

Для успешного усвоения материала студенту достаточно знаний основ высшей математики в объеме обычной программы вузовского курса, включая элементы теории вероятностей и математической статистики.

В основу учебного пособия положен курс лекций, читаемый авторами студентам специальности 130203 – «Технология и техника разведки месторождений полезных ископаемых».

ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее повышение экономической эффективности геологоразведочных работ в значительной мере связано с научно-техническим прогрессом в области разведочного бурения, в частности, одним из важнейших его направлений — оптимизацией процесса бурения.

Определенные трудности возникают при оптимизации процесса бурения разведочных скважин на твердые полезные ископаемые вследствие изменчивости условий ведения буровых работ, отсутствия полноты информации о геологическом разрезе, частой перемежаемости горных пород и большого разнообразия их по физико-механическим свойствам, наличия трещиноватости, раздробленности горных пород и т. д.

Исследование и оптимизация процесса бурения могут быть проведены как на основе всестороннего теоретического изучения его механизма, так и эмпирическим путем поиска оптимальных условий и построения математической модели по данным эксперимента. Решение этой задачи на современном уровне возможно только при использовании экспериментально-статистического подхода к процессу бурения как к некоторой системе, имеющей определенные входы и выходы. Это, в свою очередь, приводит к пересмотру взглядов на эксперимент, его организацию и научную трактовку.

Процесс бурения относится к классу сложных систем, характеризующихся значительным числом взаимосвязанных параметров. Задача исследования таких систем заключается в установлении зависимости между входными параметрами (факторами) и выходными (показателями качества функционирования системы) и определении уровней факторов, оптимизирующих выходные параметры системы.

В последние десятилетия появились новые методы математической статистики, где используются идеи кибернетического подхода к изучению технологических процессов, к планированию и постановке экспериментов. Получило развитие новое направление экспериментально-

статистических исследований - математическое планирование эксперимента.

Планирование эксперимента - это новый подход к исследованию, в котором математическим методам отводится активная роль. Основываясь на априорных сведениях об изучаемом процессе, исследователь выбирает некоторую оптимальную стратегию для управления экспериментом. Процесс исследования обычно разбивается на отдельные этапы. После каждого этапа исследователь получает новую информацию, позволяющую ему изменить стратегию исследования.

Применение планирования эксперимента делает поведение исследователя целенаправленным и организованным, существенно способствуя повышению производительности его труда и надежности полученных результатов. Планирование эксперимента — мощный инструмент экспериментально-статистического исследования и оптимизации сложных систем. Исключая слепой поиск, оно значительно сокращает число опытов, следовательно, затраты и сроки проведения эксперимента, дает возможность получить количественные оценки влияния факторов, математические модели.

Планирование эксперимента вносит ряд положительных моментов в традиционные экспериментальные методики, среди которых необходимо отметить следующие:

1. Рандомизация условий эксперимента, позволяющая посредством специальных приемов перевести неуправляемые факторы в случайные величины и, следовательно, учитывать их статистически.

2. Планирование эксперимента дает исследователю четкую Логическую схему и способ решения задач на разных этапах исследования (рис. В1).

3. Результаты экспериментов можно представить в виде математических зависимостей между воздействующими факторами и изучаемыми параметрами процесса, для чего можно использовать ПК.

4. При использовании планирования эксперимента с увеличением количества исследуемых факторов точность эксперимента повышается.

5. При планировании эксперимента резко сокращается количество необходимых опытов по сравнению с традиционными экспериментами.

6. Планирование эксперимента позволяет рассмотреть связь между большим числом факторов, оценить долю влияния каждого, отсеять второстепенные факторы, что невозможно сделать при традиционном однофакторном эксперименте.

7. Результаты эксперимента можно представить графически в двух- и трехмерном факторных пространствах.

8. Планирование эксперимента весьма эффективно применяется при решении экстремальных задач. В данном случае при минимальном количестве опытов, варьируя значение независимых переменных (факторов), можно найти область оптимума и получить ее математическую модель.

Из изложенного следует, что математическая теория планирования эксперимента дает в руки исследователя научно обоснованные методы, позволяющие при минимальных затратах времени и средств планировать эксперимент таким образом, чтобы получать максимум информации об изучаемом объекте.

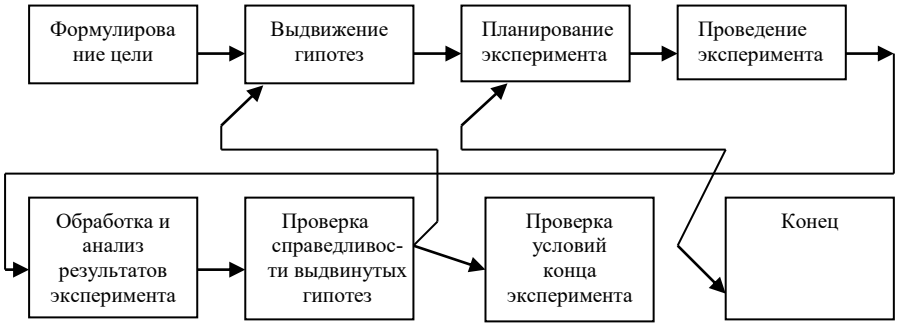


Рис. В1. Логическая схема экспериментального исследования

Методы планирования эксперимента впервые начали использовать в сельскохозяйственных и биологических науках в 20 – 30-х годах XX нашего века. Инициатором применения статистических методов в планировании экспериментов является английский математик Р. Фишер. В начале 50-х годов появляется повое направление в планировании эксперимента, связанное с оптимизацией процессов, - планирование экстремального эксперимента. Первая работа в этой области опубликована в 1951 г. Д. Боксом и К. Уилсоном. Развитие планирования эксперимента связано также с именами Д. Финни, Г. Шеффе, Д. Хантера и др. В нашей стране эти методы получили развитие после появления в 1960 г. работы В. В. Налимова, а в дальнейшем Ю. П. Адлера, Е. В. Марковой, Г. К. Круга, В. В. Федорова, В. Г. Горского, Н. А. Черновой и др.

В настоящее время методы планирования эксперимента, как и другие математические методы (табл. В1), находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства для исследования физических объектов.

В последние годы при технологических исследованиях в бурении стали все больше обращаться к математическим методам, так, была принята схема последовательности технологических работ в процессе бурения скважин на твердые полезные ископаемые, в которой определенное место отведено планированию эксперимента и методу группового учета аргументов (рис. В2).

Планирование экстремального эксперимента находит широкое применение для решения практических задач по оптимизации технологических процессов, и наша цель — в доступной и понятной форме изложить его применительно к задачам бурения скважин.

Таблица В1

Математические методы исследования производства

Класс методов	Способ исследования	Объекты	Используемый математический аппарат
Прямое математическое описание	Аналитическое исследование	Производство с непрерывным стационарным технологическим процессом	Системы алгебраических и трансцендентных уравнений (численные методы)
		Производство с нестационарным непрерывным технологическим процессом	Дифференциальные уравнения и уравнения математической физики (численные методы)
		Производство с дискретным технологическим процессом	Комбинаторика, теория графов
Статистическое моделирование	Статистическое исследование	Производство со стохастическими характеристиками	Метод Монте-Карло
Экспериментальные методы	Пассивный эксперимент	Реальный промышленный объект с высокой производительностью и дорогим продуктом	Математическая статистика (корреляционный, регрессионный, дисперсионный анализы)
	Активный эксперимент	Лабораторная или полупромышленная установка, реальный промышленный объект в пусковой период	Планирование эксперимента

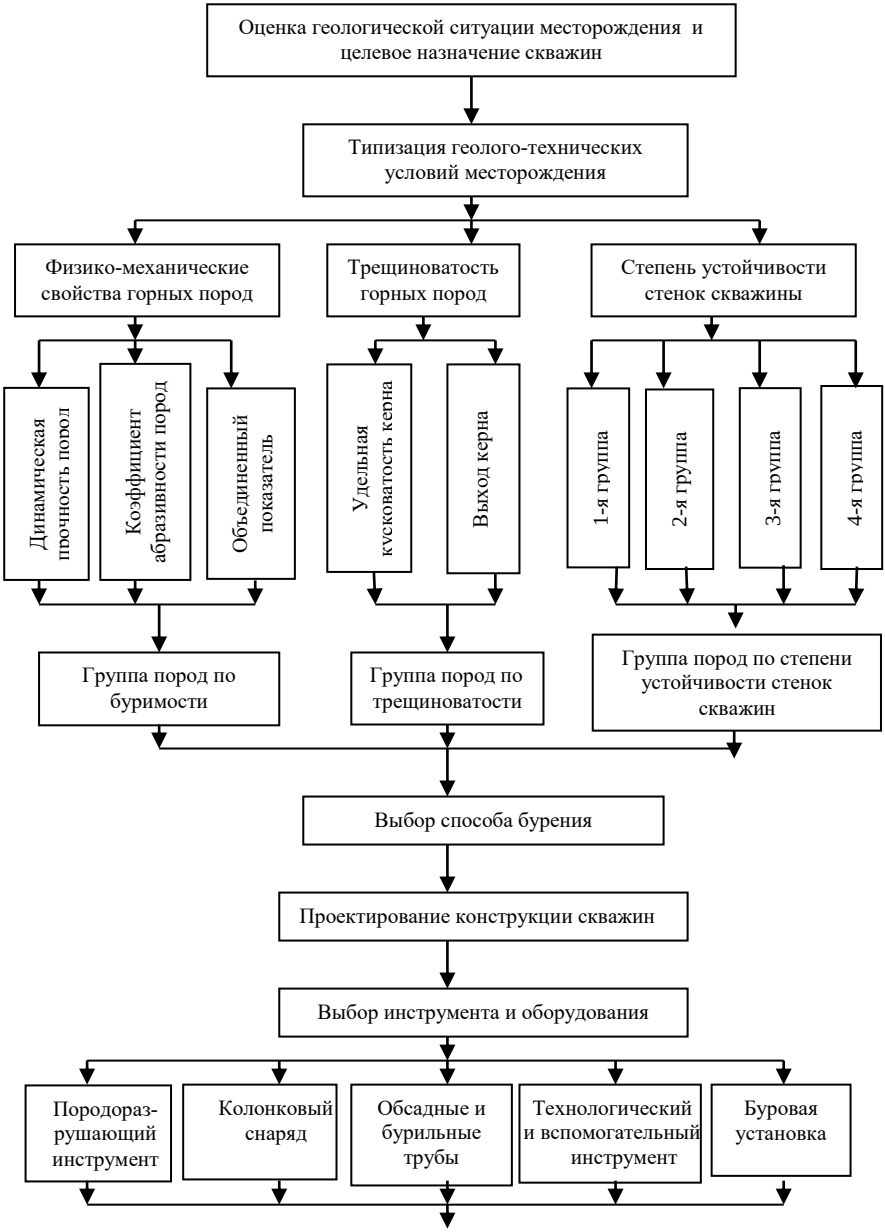

Оценка геологической ситуации месторождения и целевое назначение скважин
Типизация геолого-технических условий месторождения
Физико-механические свойства горных пород
Трещиноватость горных пород
Степень устойчивости стенок скважины
Динамическая прочность пород
Коэффициент абразивности пород
Объединенный показатель
Удельная кусковатость керна
Выход керна
1-я группа
2-я группа
3-я группа
4-я группа
Группа пород по буримости
Группа пород по трещиноватости
Группа пород по степени устойчивости стенок скважин
Выбор способа бурения
Проектирование конструкции скважин
Выбор инструмента и оборудования
Породораз-рушающий инструмент
Колонковый снаряд
Обсадные и бурильные трубы
Технологический и вспомогательный инструмент
Буровая установка

Рис. В2

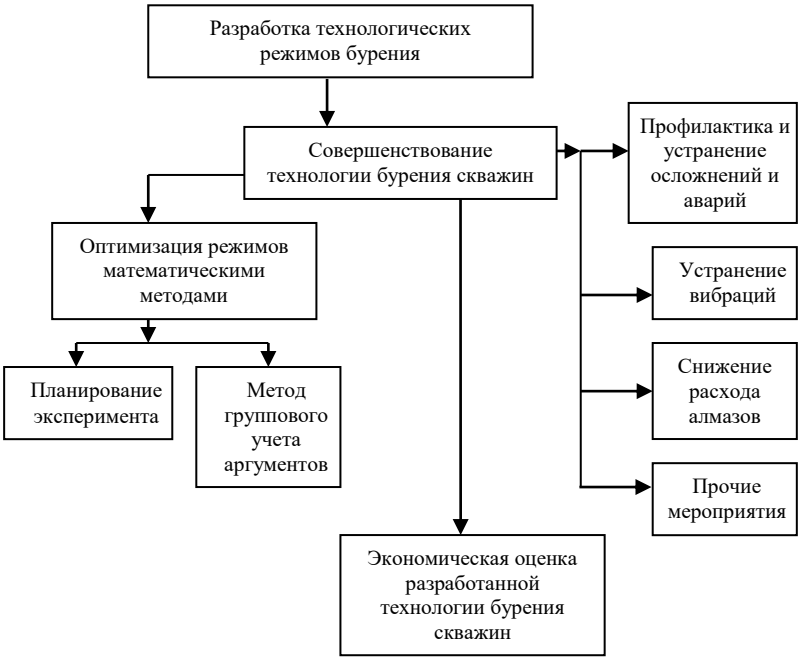


Рис. В2. Последовательность технологических работ в процессе бурения скважин на твердые полезные ископаемые (окончание)

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Научный эксперимент

Эксперимент (от латинского experimentum — проба, опыт) относится к эмпирическому уровню научного познания.

Под экспериментом понимают изучение природных явлений путем научного поиска при точно учитываемых условиях, которые дают возможность следить за ходом исследуемого процесса и повторять его каждый раз при воспроизведении тех же условий.

Эксперимент отличается от простого наблюдения своим активным характером, вмешательством в естественный ход событий. Это делает эксперимент формой практики. Эксперимент предполагает проведение всей совокупности действий и операций с помощью специальных экспериментальных средств, которые обеспечивают создание явлений и условий, совпадающих (или не совпадающих) с выводами и предсказаниями, полученными из проверяемой теории или гипотезы.

Исходя из этого можно дать следующее определение эксперимента: *эксперимент есть вид деятельности, предпринимаемой в целях научного познания, открытия объективных закономерностей и состоящей в воздействии на изучаемый объект (процесс) посредством специальных инструментов и приборов, благодаря чему удается: 1) изолировать исследуемый объект от влияния побочных, несущественных и затемняющих его сущность явлений и изучать его в «чистом» виде; 2) многократно воспроизводить ход процесса в строго фиксированных, поддающихся контролю и учету условиях; 3) планомерно изменять, варьировать, комбинировать различные условия в целях получения искомого результата.*

Из данного определения можно сделать вывод: эксперимент представляет собой органическое единство практического действия и теоретической работы мысли.

Постановка и проведение эксперимента не являются самоцелью. Эксперимент – всегда средство получения некоторой искомой информации, установления фактов, проверки гипотезы, словом, средство для решения определенной познавательной задачи или проблемы.

Эксперимент как вид практики характеризуется взаимосвязью трех его основных составляющих элементов: 1) экспериментатор и его деятельность; 2) средства (инструменты, приборы, экспериментальные установки), с помощью которых проводится эксперимент; 3) объект экспериментального исследования.

1.2. Планирование эксперимента

Рост объемов экспериментальных исследований сделал актуальной постановку вопроса об эффективности эксперимента. Возникли математическая теория эксперимента и планирование эксперимента как ее часть.

Проф. Налимов В. В. дает следующее определение планированию эксперимента: *«...планирование эксперимента — это оптимальное управление экспериментом при неполном знании механизма явлений. Эксперименты обычно ставятся небольшими сериями по заранее составленному алгоритму, оптимальному в некотором строго сформулированном смысле. После каждой небольшой серии опытов производится обработка результатов наблюдений и принимается строго обоснованное решение о том, что делать дальше. Планирование эксперимента можно рассматривать как одно из направлений кибернетики. Возможность управления сложными системами при неполном знании механизма явлений — это одно из основных положений кибернетики».*

Планирование эксперимента рассматривается еще и как процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. При этом существенно следующее: 1) стрем-

ление к минимизации общего числа опытов; 2) одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным правилам — алгоритмам; 3) использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора; 4) выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов.

Внешне планирование эксперимента выглядит как математическая дисциплина. Однако его логическая структура отличается от построений чистой математики. В планировании эксперимента роль аксиом играют критерии оптимального эксперимента. Их правомерность основывается на нашем интуитивном представлении о том, что есть хороший эксперимент. Критерии оптимальности, сформулированные на математическом языке, становятся теми исходными высказываниями, на которых строится вся дальнейшая теория. И когда мы говорим о математической теории эксперимента, то это не означает, что здесь строится новая математическая дисциплина. Речь идет о создании формально-логического подхода к изучению проблемы эксперимента, формулируемого на языке математики.

Планирование эксперимента - это раздел знаний, относящийся не только и не столько к математической статистике, сколько к логике. Применение планирования эксперимента требует высокой степени формализации. Это заставляет исследователя стремиться к четкому логическому осмысливанию всей процедуры исследования.

1.3. Система «черный ящик»

В связи с тем, что математические методы планирования эксперимента основаны на кибернетическом представлении об объекте исследования, наиболее подходящей моделью последнего является кибернетическая система, схематически изображенная на рис. 1.1 и называемая «черным, ящиком».

При рассмотрении такой кибернетической системы различают входы и выходы. Охарактеризуем их.

x_1, x_2,... x_k, - управляемые факторы, которые можно фиксировать на определенном уровне или варьировать в процессе эксперимента (например, осевая нагрузка, частота вращения, расход промывочной жидкости);

z_1, z_2, …, z_m – контролируемые факторы, значение которых можно контролировать или поддерживать на определенных уровнях (например, тип породоразрушающего инструмента, промывочной жидкости и др.);

ω_1, ω_2, …, ω_n – неконтролируемые факторы. Они часто недоступны для измерения, а в некоторых случаях неизвестны исследователю (например, физико-механические свойства горных пород, трещиноватость пород и др.);

y_1, y_2, …, y_i – выходные параметры процесса. Они называются функциями отклика, целями или параметрами оптимизации. При исследовании процесса бурения чаще всего это механическая скорость, стоимость одного метра скважины, износ породоразрушающего инструмента и др.

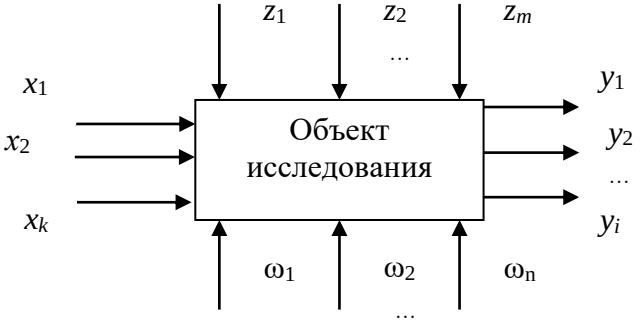


Рис. 1.1. Схема кибернетической системы

Такой кибернетический подход позволяет на основании экспериментальных данных не только построить математическую модель процесса, связывающую функцию отклика (параметр оптимизации) с варьируемыми факторами, но и управлять им при недостаточном знании самого происходящего явления.

1.4. Факторы

Фактором называется входная независимая переменная, принимающая в некоторый момент времени определенное значение и соответствующим способом воздействующая на объект.

Каждый фактор может принимать в опыте одно или несколько значений, называемых уровнями. Фиксированный набор уровней факторов определяет одно из возможных состояний кибернетической системы. Одновременно этот набор представляет условия проведения одного из возможных опытов.

Опыт - осуществление определенного воздействия на объект и регистрация получаемого результата.

Каждому фиксированному набору уровней факторов соответствует определенная точка в многомерном пространстве факторов, называемом факторным пространством. Опыты могут быть реализованы лишь в точках, принадлежащих допустимой области факторного пространства.

Факторы могут быть количественными и качественными. Количественными факторами являются переменные величины, которые можно оценивать количественно: измерять, взвешивать и т. д., качественными — переменные, характеризующиеся качественными свойствами (разные аппараты, исполнители и т. п.). Качественным факторам в отличие от количественных не соответствует числовая шкала. Однако и для них можно построить условную порядковую шкалу, которая производит кодирование, устанавливая соответствие между уровнями качественного фактора и числами натурального ряда.

При исследовании процесса необходимо учитывать все существенные факторы. Если по каким-либо причинам влияние некоторых факторов невозможно учесть в эксперименте, то эти факторы должны быть стабилизированы на определенных уровнях в течение всего эксперимента. Если число факторов велико, то необходимо отсеять те факторы, которые оказывают незначительное влияние на параметр оптимизации. Отсеивание

несущественных факторов производят на основе априорного ранжирования или с помощью постановки отсеивающих экспериментов (дисперсионный анализ, метод случайного баланса и др.).

Основные требования, предъявляемые к факторам:

1) управляемость, т. е. возможность установки и поддержания выбранного нужного уровня фактора постоянным в течение всего опыта или его изменение по заданной программе;

2) непосредственное воздействие на объект исследования, так как трудно управлять фактором, являющимся функцией других факторов;

3) операциональность - указание последовательности операций, с помощью которых устанавливаются конкретные уровни, размерность и точность фиксирования фактора;

4) совместимость - все запланированные комбинации уровней факторов должны быть осуществимы и безопасны;

5) независимость - возможность установления факторов на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов.

Каждый фактор имеет область определения - совокупность всех значений, которые он может принимать. Эта область имеет ограничения; принципиальные, технические, технологические, экономические.

1.5. Параметр оптимизации

Реакция (отклик) системы на воздействие факторов может быть весьма многогранна. Среди множества выходных параметров исследователь должен уметь выделить параметр, который нужно оптимизировать. Цель исследования должна быть сформулирована очень четко и допускать количественную оценку. Характеристику цели, заданную количественно, называют параметром оптимизации (критерием оптимизации, целевой функцией).

Параметры оптимизации бывают экономическими (прибыль, себестоимость и др.), технико-экономическими (производительность, надежность, долговечность и др.), технико-технологическими (выход продукта, физические характеристики продукта и др.), статистическими и т. д.

Из многих параметров, характеризующих объект исследования, только один может служить параметром оптимизации. Остальные рассматриваются как ограничения. Если параметров оптимизации несколько, то эксперимент проводится по каждому из них, а затем решается компромиссная задача.

К параметру оптимизации предъявляется ряд требований: эффективность с точки зрения достижения цели, универсальность, количественное выражение одним числом, статистическая эффективность, физический смысл, простота и доступность вычисления, существование для всех различных состояний.

Главным, определяющим корректность постановки задачи является требование эффективности с точки зрения достижения конечной цели. Параметр оптимизации должен оценивать функционирование системы в целом, а не отдельных ее подсистем. Под универсальностью параметра оптимизации понимают его способность всесторонней характеристики объекта исследования. Параметр оптимизации должен быть количественным, задаваться числом. Множество значений, которые может принимать параметр оптимизации, назовем областью его определения. Эти области могут быть непрерывными и дискретными, ограниченными и неограниченными. Исследователь должен уметь измерять параметр оптимизации при любой возможной комбинации выбранных уровней факторов. С количественной природой параметра оптимизации связаны требования его выражения одним числом, а также однозначность в статистическом смысле (заданному набору значений факторов должно соответствовать одно с точностью погрешности эксперимента значение параметра оптимизации).

Требование статистической эффективности сводится фактически к выбору параметра оптимизации, определяемого с наибольшей возможной точностью.

Требование физического смысла, связанное с последующей интерпретацией результатов эксперимента, а также требования простоты и легкости вычисления часто также оказываются весьма существенными.

1.6. Объект исследования

Для определения параметра оптимизации и выбора схемы планирования эксперимента предварительно изучают объект исследования на основе априорной информации, которую получают, изучая литературные источники и анализируя результаты ранее проведенных работ. При планировании эксперимента к объекту исследования предъявляют следующие требования.

1. Объект исследования должен удовлетворять требованию воспроизводимости. При многократном повторении опыта его результат имеет разброс значений, который характеризует воспроизводимость результата. Считается, что объект исследования удовлетворяет требованию воспроизводимости, если многократно повторенные опыты дают результаты с разбросом значений, не превышающим некоторой заданной величины.

2. Объект должен быть управляемым, но практически нет абсолютно управляемых объектов. На реальный объект обычно действуют как управляемые, так и неуправляемые факторы. Последние влияют на воспроизводимость результатов эксперимента и являются причиной ее нарушения.

Если требование воспроизводимости удовлетворяется, выявляют возможность проведения активного эксперимента. Объект, на котором возможен активный эксперимент, называется управляемым.

Если требование воспроизводимости не выполняется, приходится обращаться к активно-пассивному эксперименту.

Возможно, что плохая воспроизводимость объясняется действием фактора, систематически изменяющегося (дрейфующего) во времени. Тогда необходимо обращаться к специальным методам планирования.

Наконец, возможно, что все факторы неуправляемы. В этом случае возникает задача установления связи между параметром оптимизации и факторами по результатам наблюдений за поведением объекта, или, как говорят, по результатам пассивного эксперимента.

В учебном пособии рассматриваются только такие объекты, для которых требование воспроизводимости выполняется.

1.7. Модель

Результаты эксперимента используют для получения математической модели исследуемого процесса. Математическая модель - система математических соотношений, описывающих изучаемый процесс или объект. При планировании эксперимента под математической моделью часто понимают уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами. Такое уравнение называется также функцией отклика, а геометрический образ, соответствующий функции отклика, - поверхностью отклика.

Для выбора конкретной модели необходимо сформулировать конкретные требования. К ним относятся адекватность, содержательность, простота и др. Под адекватностью понимается способность модели предсказывать результаты эксперимента в некоторой области с требуемой точностью. Содержательность модели должна хорошо объяснять множество уже известных фактов, выявлять новые, незамеченные явления, в какой-то степени предсказывать их дальнейшее развитие и выдвигать перед исследователем новые проблемы. Одним из главных достоинств модели должна быть ее простота.

В зависимости от постановки задачи могут применяться различные модели. Так, для планирования экстремального эксперимента нашли применение полиномиальные модели - модели в виде алгебраических полиномов.

В общем виде функция отклика, являющаяся и параметром оптимизации, может быть представлена выражением

$$y = f(x_1, x_2, ..., x_k), \qquad (1.1)$$

где $x_1, x_2, ..., x_k$ – независимые переменные факторы.

При решении экстремальных задач при неполном знании механизма процессов функцию отклика представляют в виде полиномиального уравнения

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + \sum_{i \neq j}^{k} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{k} \beta_{ii} x_i^2 + \dots , \qquad (1.2)$$

где $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$ – коэффициенты, характеризующие свободный член уравнения, линейные, квадратичные эффекты и эффекты взаимодействия.

Пользуясь данными эксперимента, исследователь находит лишь оценки коэффициентов уравнения регрессии $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}, \beta_{ii}$. После этого уравнение принимает вид:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i \neq j}^{k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{k} b_{ii} x_i^2 + \dots \qquad (1.3)$$

где $\hat{y}$ — оценка выходного параметра оптимизации.

Такая математическая модель является наиболее простой и удобной при решении задач оптимизации. Она удобна и в том смысле, что в случае неадекватности (т. е. несоответствия с экспериментом) порядок ее можно увеличить, продолжив исследования с использованием результатов уже ранее проведенного эксперимента.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение научному эксперименту.
2. Что понимается под термином «планирование эксперимента»?
3. Охарактеризуйте систему «черный ящик»,
4. Какие требования предъявляются к факторам?
5. Понятие «параметр оптимизации». Какие требования предъявляются к нему?
6. Что такое «воспроизводимость» и «управляемость» объекта исследования?
7. Какие математические модели применяются при планировании экстремального эксперимента?

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Рассмотрим один из возможных вариантов схемы разветвленной классификации экспериментов, в которой приняты за основу следующие обобщенные признаки: структура, стадия научных исследований, организация, способ проведения и планирование.

2.1. Подразделение экспериментов по структуре

По структуре эксперименты подразделяются на натурные, модельные и модельно-кибернетические (машинные).

В натурном эксперименте средства экспериментального исследования взаимодействуют непосредственно с объектом исследования.

В модельном эксперименте экспериментируют не с самим объектом, а с его заменителем — моделью. Модель здесь играет двоякую роль: она является непосредственно объектом экспериментального исследования и по отношению к изучаемому объекту выступает в качестве средства экспериментального исследования.

Модельно-кибернетический эксперимент является разновидностью модельного эксперимента, при котором соответствующие характеристики изучаемого объекта вычисляются с помощью моделирующего алгоритма на ПК. Данный вид эксперимента отличается универсальностью и имеет широкую область применения.

2.2. Виды экспериментов по стадии научных исследований

По стадии научных исследований эксперименты делятся на лабораторные, стендовые и промышленные.

К лабораторным относятся эксперименты по изучению общих закономерностей различных явлений и процессов, по проверке научных гипотез и теорий.

Стендовые испытания (исследования) проводят тогда, когда необходимо изучить вполне конкретный процесс, протекающий в исследуемом объекте, с определенными свойствами. По результатам стендовых испытаний судят о различных недоработках при расчетах или конструировании объекта (изделия, технологического процесса и др.), а также вырабатывают рекомендации относительно серийного выпуска изделий и условий его эксплуатации.

Промышленный эксперимент проводят при создании нового изделия или процесса по данным лабораторных или стендовых испытаний, при оптимизации действующего процесса, при проведении контрольно-выборочных испытаний качества выпускаемой продукции.

2.3. Эксперименты с точки зрения их организации

С точки зрения организации можно выделить обычные (рутинные), специальные (технические), уникальные и смешанные эксперименты.

Обычные эксперименты проводятся в лабораторных условиях, как правило, по несложным методикам с использова-

нием сравнительно простого экспериментального оборудования и сопряжены с однообразными измерениями и вычислениями, многократно повторяющимися в течение длительного промежутка времени.

Специальные эксперименты связаны с созданием и исследованием разных приборов и аппаратов (средства автоматики, элементы и узлы ПК).

Уникальные эксперименты проводятся на сложном экспериментальном оборудовании (типа ядерного реактора, радиоэлектронного комплекса и др.). Такие эксперименты отличаются большими объемами экспериментальных данных, высокой скоростью протекания исследуемых процессов, широким диапазоном измерения характеристик объектов исследования. Основные области применения уникальных экспериментов — исследование космоса, новых судов, самолетов и др.

Смешанные эксперименты содержат совокупность разнотипных экспериментов, объединенных единой программой исследования и связанных друг с другом результатами исследований.

2.4. Эксперименты по способу их проведения

По способу проведения различают пассивные, активные, активные с программным управлением, активные с обратной связью и активно-пассивные эксперименты.

Пассивный эксперимент основан на регистрации входных и выходных параметров, характеризующих объект исследования (без вмешательства в эксперимент в процессе его проведения, с применением математико-статистических методов только после окончания эксперимента для обработки собранных экспериментальных данных. Исследование влияния совокупности факторов на объект производится при условии, что изменяется только один из факторов и фиксируются значения всех остальных. В сложных системах, в которых большое число воздействий не может контролироваться или управляться, это условие не выполняется.

В отличие от пассивного неуправляемого активный эксперимент предполагает возможность активного воздействия на исследуемый объект. При использовании методов активного эксперимента математическое описание строится в виде совокупности статических и динамических выходных характеристик объекта, которые регистрируются при подаче на его входы специальных возмущающих воздействий. При активном эксперименте можно оценить дисперсию погрешности, строго проверить адекватность модели и принять необходимые меры для выполнения условий, необходимых для применения метода множественного регрессионного анализа, используемого для обработки результатов эксперимента.

Активный эксперимент с программным управлением проводится по заранее составленному плану. В соответствии с этим планом экспериментатор воздействует на входные параметры исследуемого процесса, а выходные параметры, отражая реакцию исследуемого объекта на управляющие воздействия, позволяют выяснить природу происходящих процессов в объекте исследования.

В случае активного эксперимента с обратной связью, интерпретируя результаты на каждом этапе эксперимента, можно выбрать оптимальную стратегию управления экспериментом – такие эксперименты можно проводить автоматически (без участия экспериментатора).

Активно-пассивный эксперимент характеризуется тем, что при его проведении одна часть данных просто регистрируется, а другая, кроме того, обрабатывается в процессе эксперимента' и участвует в выработке управляющих воздействий. В таком эксперименте одна часть информации, получаемой от объекта, соответствует характеристикам, изменяющимся в соответствии с приложенными управляющими воздействиями, а другая отражает характеристики, не подверженные управляющим воздействиям.

2.5. Типы экспериментов по планированию

В связи с планированием принято выделять следующие типы экспериментов.

Экстремальный эксперимент, задача которого состоит в определении экстремальных значений функции регрессии (или комбинации факторов, при которых функция отклика принимает экстремальные значения). Методы его планирования тесно связаны с методами планирования регрессионного и факторного экспериментов, с одной стороны, и методами стохастического программирования – с другой.

Эксперимент по проверке конкретной статистической гипотезы (дискриминирующий эксперимент). Это сравнительно изученный раздел, который также связан с планированием в регрессионных и факторных моделях.

Отсеивающий эксперимент, задача которого состоит в выделении значимых факторов. Теория его планирования активно развивается в последнее время.

Имитационный эксперимент, который, как правило, связан с имитацией изучаемого явления на ЭВМ или другом устройстве, позволяющем воспроизводить это явление с приемлемой точностью. Ряд результатов по его планированию получен в связи с использованием метода Монте-Карло, а также исследованием сложных систем (типа моделей ядерного реактора).

Контрольные вопросы

1. Какие обобщенные признаки положены в основу классификации экспериментов?
2. Как можно подразделить эксперименты по структуре?
3. На какие виды по стадии научных исследований делятся эксперименты?
4. Дайте характеристику экспериментам с точки зрения их организаций.

5. Охарактеризуйте классификацию экспериментов по способу их проведения.

6. Назовите типы экспериментов по планированию.

3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЯ

Планирование эксперимента существенным образом изменило отношение исследователя к стратегии эксперимента. Это изменение связано с появлением ряда методологических концепций современного подхода к эксперименту. Рассмотрим их.

3.1. Рандомизация

Термин «рандомизация» происходит от английского слова random — случайный.

При проведении эксперимента исследователь сталкивается, как правило, с действием так называемых мешающих факторов, которые трудно поддаются учету и контролю. Но если при этом план многофакторного эксперимента составить таким образом, чтобы рандомизировать, т. е. сделать случайными в пространстве и во времени эти систематически действующие мешающие факторы, то их можно рассматривать как случайные величины и, следовательно, учитывать статистически. Иными словами, в противоположность традиционному подходу к эксперименту со стремлением стабилизировать или не обращать внимание на мешающие факторы, рандомизация внесла концепцию случая в эксперимент и оформилась в виде процедуры планирования эксперимента.

Случайный порядок проведения опытов в большой мере исключает влияние мешающих факторов, тем самым уменьшая систематическую погрешность.

Для рандомизации можно воспользоваться таблицей случайных чисел или применить метод «попугая и морской свинки», который заключается в следующем. Номера опытов записываются на карточках, которые тщательно перемешиваются и затем извлекаются.

Однако далеко не во всех случаях рандомизацию удается осуществить так просто. Часто на рандомизацию приходится налагать ограничения, обусловленные особенностями той или иной экспериментальной ситуации. Как, например, рандомизировать во времени эксперимент, если исследователю нужно последовательно выполнить несколько циклов, состоящих из четырех опытов, а в день он может поставить только три опыта? Появилась потребность в создании экспериментальных планов с ограничениями, наложенными на рандомизацию. Так появились неполноблочные сбалансированные планы, латинские и греколатинские квадраты, латинские кубы и параллелепипеды.

3.2. Получение устойчивых результатов

Одним из важнейших условий экспериментирования является устойчивость получаемых результатов в том смысле, что многократное повторение опыта или измерения дает совершенно строгую картину распределения результатов. Другими словами, желательно, чтобы результаты подчинялись известным статистическим закономерностям.

Обычно предполагают, что среднее значение результатов параллельных опытов стремится к математическому ожиданию, погрешности опытов распределены нормально и т. п. Это позволяет экспериментатору: 1) использовать определенные приемы обработки результатов; 2) делать статистические выводы и принимать решения.

Устойчивости поведения случайной величины обычно добиваются путем сохранения постоянства условий при проведении эксперимента и применением рандомизации.

3.3. Математическое моделирование

Кибернетика внесла свои понятия и методы в процессы изучения и управления исследуемых объектов. Важнейшим из них является понятие математической модели, наиболее широко используемое как средство описания исследуемого объекта в виде математических зависимостей и уравнений.

Математические модели, полученные при исследовании технологических объектов, позволяют решать ряд задач, среди которых особое место занимает задача поиска оптимальных условий исследуемого объекта. Говорят, что в таком случае рассматривается экстремальный эксперимент, где все действия направлены на поиск оптимума (экстремума) технологического объекта. Математическая модель, описывающая исследуемый объект, позволяет эффективно определить его оптимальный режим.

3.4. Последовательность экспериментирования

Каждый экспериментатор в своей практике широко использует идею последовательного экспериментирования, согласно которой эксперимент осуществляется не сразу, а последовательно, этапами. После каждого этапа производится анализ полученных результатов, и на основании этого анализа принимается решение о дальнейшей деятельности.

Эта концепция наиболее ярко проявилась в задачах планирования экстремальных экспериментов, когда исследователь, варьируя многие переменные, пытается найти оптимальные условия протекания некоторого технологического процесса. Поиск экстремума производится последовательно с помощью различных методов: линейного приближения, движения по градиенту, описания полиномами второго порядка и т. д.

3.5. Оптимальное использование факторного пространства

Одной из самых распространенных идей теории эксперимента является концепция многофакторного эксперимента. Суть ее заключается в том, что состояние исследуемого объекта (процесса) в каждом опыте определяется по результату одновременного варьирования факторов, изменяющих состояние этого объекта (процесса). Такое экспериментирование проводится в противовес поочередному изменению факторов, когда состояние объекта (процесса) определяется по результатам изменения вначале одного фактора, затем другого и т. д. Новая идея обладает значительными преимуществами по сравнению с традиционным экспериментированием: резко сокращается количество необходимых опытов, повышается точность расчета коэффициентов математической модели, оценивается доля влияния каждого фактора и влияние их взаимодействий.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методологические концепции экспериментирования.
2. В чем сущность концепции рандомизации?
3. Охарактеризуйте концепцию математического моделирования.
4. В каких задачах находит применение концепция последовательного эксперимента?
5. В чем суть концепции оптимального использования факторного пространства?

4. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

Для небольшого количества экспериментальных данных, полученных на предварительном этапе исследования объекта (процесса), могут быть рассчитаны его основные числовые характеристики выходных переменных как случайных величин. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем с наибольшей эффективностью, а главное, корректно использовать информацию, полученную на данном этапе, для планирования эксперимента и его проведения на последующих этапах исследования.

При статистической обработке группы результатов наблюдений необходимо выполнить следующие операции:

- исключить известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- вычислить среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;
- вычислить оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения;
- вычислить оценку среднего квадратического отклонения результата измерения;
- проверить гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению;
- вычислить доверительные границы случайной погрешности результата измерения;
- вычислить границы неисключенной систематической погрешности результата измерения;
- вычислить доверительные границы погрешности результата измерения.

Информацию о случайной погрешности получают, повторяя наблюдения; информацию о систематической погрешности из самих наблюдений получить нельзя. Для ее оценки необходимо знать свойства используемых средств измерений, метод и условия измерения.

Если систематическая погрешность результата каждого наблюдения известна, то, введя поправки, можно получить группу исправленных результатов наблюдений.

4.1. Исключение грубых погрешностей

Результаты наблюдений, содержащие грубые погрешности, часто бывают заметны, так как они сильно отличаются от других результатов наблюдений. В этих условиях наиболее целесообразный способ выявления и устранения грубых погрешностей — непосредственный анализ наблюдений, тщательная проверка неизменности условий проведения эксперимента, запись результатов «в две руки» и т. д. Необходимо всегда помнить, что статистические методы выявления грубых погрешностей следует применять лишь в сомнительных случаях, когда дополнительная информация о качестве наблюдений является либо неполной, либо ненадежной.

В литературе можно встретить большое количество различных рекомендаций по обнаружению и исключению грубых погрешностей наблюдений. Предложим для практического применения один из критериев оценки анормальности, используемый при обработке результатов наблюдений случайной величины, заведомо подчиняющейся нормальному закону распределения.

Анормальным называется результат наблюдения, резко отклоняющийся от группы результатов наблюдений, которые являются нормальными.

Критерий оценки анормальности результатов наблюдений при неизвестном генеральном среднем квадратическом отклонении σ и неизвестном генеральном среднем m_x заключается в том, что для упорядоченной выборки результатов наблюдений случайной величины (вариационного ряда значений) $x_1 \leq x_2 \leq \ldots \leq x_n$ подсчитывают выборочное среднее:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (4.1)$$

и выборочное среднее квадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}\ . \qquad (4.2)$$

Чтобы оценить принадлежность x_n или x_1 данной нормальной совокупности и принять решение об исключении или оставлении x_n (x_1) в составе выборки, находят отношение

$$U_n = \frac{x_n - \bar{x}}{S} \quad \text{или} \quad U_1 = \frac{\bar{x} - x_1}{S}\ . \qquad (4.3)$$

Результат сравнивают с величиной h, взятой из табл. 4.1 для данного объема выборки n и принятой вероятности α.

Таблица 4.1

Предельные значения *H* для случая неизвестного генерального среднего квадратического отклонения σ

Объем выборки *n*	Предельное значение *H* при вероятности α				Объем выборки *n*	Предельное значение *h* при вероятности α			
	0,100	0,075	0,050	0,025		0,100	0,075	0,050	0,025
3	1,15	1,15	1,15	1,15	12	2,13	2,20	2,29	2,41
4	1,42	1,44	1,46	1,48	13	2,17	2,24	2,33	2,47
5	1,60	1,64	1,67	1,72	14	2,21	2,28	2,37	2,50
6	1,73	1,77	1,82	1,89	15	2,25	2,32	2,41	2,55
7	1,83	1,88	1,94	2,02	16	2,28	2,35	2,44	2,58
8	1,91	1,96	2,03	2,13	17	2,31	2,38	2,48	2,62
9	1,98	2,04	2,11	2,21	18	2,34	2,41	2,50	2,66
10	2,03	2,10	2,18	2,29	19	2,36	2,44	2,53	2,68
11	2,09	2,14	2,23	2,36	20	2,38	2,46	2,56	2,71

Если $U_n \geq h$ ($U_1 \geq h$), то подозреваемый в анормальности результат наблюдения может быть исключен, в противном случае его не исключают.

Пример 4.1

При гидроударно-эжекторном бурении коронками СА5 диаметром 76 мм в определенных геолого-технических условиях были получены следующие значения углубки за рейс, м: 0,7; 1,1; 1,2; 1,2; 1,2; 1,8.

Требуется оценить результат 1,8 м при заданном α = = 0,050. Для критерия $U_n = \dfrac{x_n - \bar{x}}{S}$ вычисляем:

$$\bar{x} = \frac{0{,}7 + 1{,}1 + 1{,}2 + 1{,}2 + 1{,}2 + 1{,}8}{6} = 1{,}2 \text{ м};$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{6-1}[(0{,}7-1{,}2)^2 + (1{,}1-1{,}2)^2 + (1{,}2-1{,}2)^2 + (1{,}2-1{,}2)^2 + (1{,}2-1{,}2)^2 + (1{,}8-1{,}2)^2] = 0{,}35} \quad \text{м},$$

откуда $U_n = \dfrac{1{,}8 - 1{,}2}{0{,}35} = 1{,}71$.

В табл. 4.1 для $n = 6$ и α = 0,050 находим $h = 1{,}82$.

В этом случае U_n (1,71) < h (1,82), и, следовательно, для исключения результата 1,8 м нет оснований.

4.2. Результат измерения и оценка его среднего квадратического отклонения

За результат измерения принимают среднее арифметическое результатов наблюдений, в которые предварительно введены поправки для исключения систематических погрешностей. Стандарт допускает исключение систематической погрешности после вычисления среднего арифметического неисправленных результатов наблюдений, если в них содержится постоянная систематическая погрешность.

Среднее арифметическое результатов наблюдений

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \ , \qquad (4.4)$$

где x_1, x_2,... x_n – случайная выборка объема n.

Когда значения x_i (i = 1, 2, . .., n) большие, целесообразно избрать «круглое» число α (начало отсчета), близкое к x, и вместо формулы (4.4) пользоваться формулой

$$\bar{x} = a + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - a). \qquad (4.5)$$

Оценкой для генерального среднего квадратического отклонения σ нормального распределения является выборочное среднее квадратическое отклонение S результата наблюдения, определяемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \ . \qquad (4.6)$$

Для большинства практических случаев целесообразно привести формулу (4.6) к следующему виду:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left[\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]} . \qquad (4.7)$$

Если определяют несмещенную оценку $\hat{S}$ для генерального среднего квадратического отклонения σ нормального распределения, применяют формулу

$$\hat{S} = M(v)S \ , \qquad (4.8)$$

где S — выборочное среднее квадратическое отклонение результата наблюдения.

Значение коэффициента M (υ) дано в табл. 4.2 в зависимости от υ = n - 1 при неизвестной генеральной средней.

Таблица 4.2

Значения коэффициентов M (υ)

υ	M (υ)	υ	M (υ)	υ	M (υ)
1	1,253	8	1,032	15	1,017
2	1,128	9	1,028	16	1,016
3	1,085	10	1,025	17	1,015
4	1,064	11	1,023	18	1,014
5	1,051	12	1,021	19	1,013
6	1,042	13	1,019	20	1,013
7	1,036	14	1,018	25	1,010

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(\tilde{A})$ результата измерения оценивают по формуле

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \tilde{A})^2}{n(n-1)}} \quad , \qquad (4.9)$$

где x_i — *i-й* результат наблюдений; $\tilde{A}$ — результат измерения (среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений); n – число результатов наблюдений; $S(\tilde{A})$ –оценка среднего квадратического отклонения результата измерения.

Пример 4.2

При твердосплавном бурении с обратной призабойной циркуляцией промывочной жидкости в определенном интервале скважины в процессе наблюдений по девяти рейсам был получен ряд значений механической скорости, м/ч: 4,30; 5,37; 6,76; 8,23; 4,03; 5,35; 4,97; 5,60; 6,21.

Требуется вычислить значения выборочных среднего x, среднего квадратического отклонения S результата наблюдений, определить несмещенную оценку $\hat{S}$ и оценку среднего

квадратического отклонения результата измерения S ($\tilde{A}$). По формуле (4.4) находим выборочное среднее значение механической скорости бурения:

$$\bar{x} = \frac{1}{9}(4{,}30 + 5{,}37 + 6{,}76 + 8{,}23 + 4{,}03 +$$
$$+ 5{,}35 + 4{,}97 + 5{,}60 + 6{,}21) = 5{,}65 \text{м/ч}.$$

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдения определяется согласно формуле (4.6), а вспомогательные расчеты рекомендуется оформить, как показано в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Расчет оценки среднего квадратического отклонения

№ п. п.	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	- 1,35	1,8225
2	-0,28	0,0784
3	1,11	1,2321
4	2,58	6,6564
5	-1,62	2,6244
6	0,30	0,0900
7	-0,68	0,4624
8	-0,05	0,0025
9	0,56	0,3136
		Σ = 13,2823

$$S = \sqrt{\frac{1}{9-1}\sum_{1}^{9}(x_i - 5{,}65)^2} = \sqrt{\frac{1}{8} \cdot 13{,}2823} = 1{,}29 \text{ м/ч}.$$

Для определения несмещенной оценки воспользуемся формулой (4.8) и табл. 4.2, в которой для $\upsilon = 9 - 1 = 8$ значение коэффициента $M(\upsilon)$ принимаем равным 1,032:

$$\hat{S} = 1{,}032 \cdot 1{,}29 = 1{,}33 \text{ м/ч.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения вычисляется по формуле (4.9), где в числителе подкоренного выражения поставим уже вычисленное значение суммы и приведенное в табл. 4.3.

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{9}(x_i - 5{,}65)^2}{9(9-1)}} = \sqrt{\frac{13{,}2823}{72}} = 0{,}43 \text{ м/ч.}$$

Таблица 4.4

К выбору класса точности

Класс точности	I	II	III	IV	V
Коэффициент вариации, %	<8	8-15	15-25	25-33	>33

4.3. Коэффициент вариации и точность измерений

Дисперсия и среднее квадратическое отклонение - величины абсолютные, именованные и выражаются в тех же единицах, что и характеризуемый ими признак. Поэтому, когда возникает необходимость сравнивать изменчивость признаков, выраженных разными единицами, приходится пользоваться относительными показателями вариации. Одним из таких показателей является коэффициент вариации, который представляет процентное отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической, т. е.

$$V = \frac{S}{\bar{x}} 100 \ \% \qquad (4.10)$$

При небольшом количестве наблюдений в формуле (4.10) используется несмещенная оценка $\hat{S}$ для генерального

среднего квадратического отклонения σ, определяемая по формуле (4.8).

В зависимости от величины коэффициента вариации можно принять к руководству следующие пять классов точности технологических показателей и расчетов в бурении (табл. 4.4).

Измерения по первому классу точности могут быть получены только при работе с точными измерительными приборами в лабораторных условиях. Ко второму классу относится большинство величин, получаемых при измерениях приборами в стволе скважины, а также при расчетах по формулам, которые принято считать точными. Точность этих расчетов всегда соответствует той, с которой были получены параметры, входящие в расчетные формулы. Третьему классу соответствуют данные, получаемые при расчете по большинству формул технологических процессов в стволе скважины. Четвертый класс точности соответствует грубым ориентировочным расчетам. Производственные данные, относящиеся к пятому классу точности, пригодны лишь для подтверждения той или иной качественной зависимости.

Пример 4.3

По данным примера 4.2 вычислить коэффициент вариации и определить класс точности.

В формулу (4.10) подставим вычисленные в примере 4.2 значения несмещенной оценки среднего квадратического отклонения S = 1,33 м/ч и среднего арифметического $\bar{x}$ = 5,65 м/ч.

Тогда

$$V = \frac{1{,}33}{5{,}65} \cdot 100\ \% = 23{,}5\ \%.$$

По табл. 4.4 определяем класс точности - третий.

4.4. Проверка гипотезы о принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению

1. Наиболее простым, но весьма приближенным методом оценки согласия результатов наблюдений с тем или иным законом распределения является графический метод. Опытные данные наносят на вероятностную бумагу и сравнивают с графиком принятой функции распределения, которая на вероятностной сетке изображается прямой линией. Если экспериментальные точки ложатся вблизи прямой со случайными отклонениями влево и вправо, то опытные данные соответствуют рассматриваемому закону распределения. Систематическое и значительное отклонение экспериментальных точек от аппроксимирующей прямой свидетельствует об ошибочности принятой модели для обоснования закона распределения исследуемой случайной величины.

2. Для приближенной проверки гипотезы о нормальности распределения могут быть использованы выборочные показатели асимметрии и эксцесса, которые определяются по формулам:

$$A_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3}{nS^3}; \qquad (4.11)$$

$$E_x = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^4}{nS^4} - 3\ , \qquad (4.12)$$

где n — количество наблюдений; S – среднее квадратическое отклонение результата наблюдения.

При небольшом числе наблюдений n несмещенные оценки для показателей асимметрии A_S и эксцесса E_x определяют по формулам

$$\tilde{A}_s = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n-2} A_s; \qquad (4.13)$$

$$\hat{E}_x = \frac{n-1}{(n-2)(n-3)}\left[(n+1)E_x + 6\right]. \qquad (4.14)$$

При нормальном распределении обе эти вычисленные по формулам (4.13) и (4.14) оценки показателей асимметрии и эксцесса должны быть малы и, кроме того, сравнимы с их средними квадратическими отклонениями:

$$S_{\hat{A}_S} = \sqrt{\frac{6n(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}}\ ; \qquad (4.15)$$

$$S_{\hat{E}_x} = \sqrt{\frac{24n(n-1)^2}{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}}\ . \qquad (4.16)$$

Если выполняются условия

$$\left|\hat{A}_s\right| \le 3S_{\hat{A}_s} \text{ и } \left|\hat{E}_x\right| \le 5S_{\hat{E}_x}, \qquad (4.17)$$

то гипотеза нормальности исследуемого распределения может быть принята.

Пример 4.4

Проверить гипотезу о нормальности распределения механической скорости бурения с помощью показателей асимметрии и эксцесса на основании данных, приведенных в примере 4.2.

По формулам (4.11) и (4.12) определяем выборочные показатели асимметрии и эксцесса:

$$A_s = \frac{\sum_1^9 (x_i - 5{,}65)^3}{9 \cdot 1{,}29^3} = \frac{11{,}695}{9 \cdot 2{,}147} = 0{,}61;$$

$$E_x = \frac{\sum_{1}^{9}(x_i - 5{,}65)^4}{9 \cdot 1{,}29^4} - 3 = \frac{55{,}361}{9 \cdot 2{,}769} - 3 = -0{,}78.$$

Вычисляем несмещенные оценки для показателей асимметрии и эксцесса по формулам (4.13) и (4.14):

$$\hat{A}_s = \frac{\sqrt{9(9-1)}}{9-2} 0{,}61 = \frac{\sqrt{9 \cdot 8}}{7} 0{,}61 = 0{,}74;$$

$$\hat{E}_x = \frac{9-1}{(9-2)(9-3)}\left[(9+1)0{,}78 + 6\right] = \frac{8}{7 \cdot 6}[10 \cdot 0{,}78 + 6] = 2{,}63.$$

По формулам (4.15) и (4.16) вычисляем средние квадратические отклонения показателей асимметрии и эксцесса:

$$S_{\hat{A}_S} = \sqrt{\frac{6 \cdot 9(9-1)}{(9-2)(9+1)(9+3)}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 9 \cdot 8}{7 \cdot 10 \cdot 12}} = 0{,}72;$$

$$S_{\hat{E}_x} = \sqrt{\frac{24 \cdot 9(9-1)^2}{(9-3)(9-2)(9+3)(9+5)}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 9 \cdot 8^2}{6 \cdot 7 \cdot 12 \cdot 14}} = 1{,}4.$$

Проверяем условия (4.17). В данном примере 0,74<2,16 и | - 2,63| < 7,0, что свидетельствует о выполнении указанных условий, и гипотеза нормальности распределения может быть принята.

3. Рассмотрим методику проверки согласия опытного распределения с нормальным или логарифмически нормальным распределением по критерию W для числа наблюдений $3 \le n \le$ ≤ 50.

Результаты наблюдений случайной величины располагают в порядке их возрастания, т. е. получают упорядоченную выборку $x_1 \le x_2 \le ... \le x_n$.

Для вычисления статистики критерия

$$W = \frac{b^2}{\varphi^2} \tag{4.18}$$

определяют величины

$$b^2 = \left[\sum_{j=1}^{l} a_{n-j+1} (x_{n-j+1} - x_j) \right]^2 \tag{4.19}$$

и

$$\varphi^2 = \sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} x_i \right)^2}{n}, \tag{4.20}$$

для чего дополнительно составляется таблица по следующей форме (табл. 4.5). В графу 1 записывают значения порядкового индекса i для i= 1, 2. ..., n. В графу 2 табл. 4.5 заносят соответствующие значения упорядоченной выборки x_i, i = 1, 2, ..., n, а в графу 3 – значения их квадратов x_i^2. В графу 4 записывают значение порядкового индекса j для j = 1, 2, ..., e в обратном порядке, чем индекс i. При этом $e = n / 2$, если n четное и $e = (n - 1)/2$, если n нечетное. Далее, в графу 5 записывают к индексу j соответствующие величины коэффициентов a_{n-j+1}. Эти коэффициенты для данного n и e находят по табл. 4.6. В графу 6 табл. 4.5 записывают вычисленные разности чисел $x_{n-j+1} - x_j$ для j = 1, 2, …, e, а в графу 7 – значения произведений $a_{n-j+1}(x_{n-j+1} - x_j)$ для j = 1, 2, ..., e.

Гипотезу проверяют на основании неравенства

$$W \geq W^*, \tag{4.21}$$

где W^* — критическое значение критерия для данного уровня значимости α и числа наблюдений n (табл. 4.7).

Если выполняется неравенство (4.21), то гипотеза принимается.

Таблица 4.5

Данные для построения проверки согласия распределения с теоретическим по критерию W

i	x_i	x^2_i	j	a_{n-j+1}	$x_{n-j+1}-x_j$	(5)·(6)
1	2	3	4	5	6	7
1	x_1	x_1^2	-	-	-	-
2	x_2	x_2^2	-	-	-	-
…	…	…	…	…	…	…
$n-e+1$	x_{n-e+1}	x^2_{n-e+1}	e	a_{n-e+1}	$x_{n-e+1}-x_e$	$a_{n-e+1}(x_{n-e+1}-x_e)$
…	…	…	…	…	…	…
$n-1$	x_{n-1}	x^2_{n-1}	2	a_{n-1}	$x_{n-1}-x_2$	$a_{n-1}(x_{n-1}-x_2)$
n	x_n	x_n^1	1	a_n	x_n-x_1	$a_n(x_n-x_1)$
-	$\sum_{i=1}^{n} x_i$	$\sum_{i=1}^{n} x^2_{ii}$	-	-	-	$\sum_{j=1}^{l} a_{n-j+1}(x_{n-j+1}-x_j)$

Пример 4.5

По результатам наблюдений, приведенных в примере 4.2, проверить с помощью критерия W гипотезу о нормальном распределении значений механической скорости бурения. Принять $\alpha = 0{,}05$.

Результаты наблюдений за механической скоростью бурения приводим в форме упорядоченной выборки в графе 2 табл. 4.8, а в третьей графе — их вторые степени. Так как $n = 9$, то $e = 4$, и, следовательно, в графу 4 запишем индекс j, который находится между 1 и 4. В табл. 4.6 находим коэффициенты a_{n-j+1} для $n = 9$ и четырех значений j (1, 2, 3, 4) и записываем их в графу 5. Далее вычисляем разности x_{n-j+1}-x_j для j=1, 2, 3, 4 (графа 6) и значения a_{n-j+1} (x_{n-j+1}-x_j), которые записываем в графу 7.

Определяем величины

$$b^2=3{,}54^2= 12{,}53;$$

и

$$\varphi^2 = 50{,}82 - \frac{300{,}24}{9} = 17{,}46\,.$$

Таблица 4.6

Значения коэффициентов a_{n-j+1}

	Коэффициент a_{n-j+1} для вычисления критерия W при n									
i	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,7071	0,6872	0,6646	0,6431	0,6233	0,6052	0,5888	0,5739	0,5601	0,5475
2	—	0,1677	0,2413	0,2806	0,3031	0,3164	0,3244	0,3291	0,3315	0,3325
3	—	—	—	0,0875	0,1401	0,1743	0,1976	0,2141	0,2260	0,2347
4	—	—	—	—	—	0,0561	0,0947	0,1 224	0,1429	0,1586
5	—	—	—	—	—	—	—	0,0399	0,0695	0,0922
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0303
	Коэффициент a_{n-j+1} для вычисления критерия W при n									
i	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	0,5359	0,5251	0,5150	0,5056	0,4968	0,4886	0,4808	0,4734	0,4643	0,4590
2	0,3325	0,3318	0,3306	0,3290	0,3273	0,3253	0,3232	0,3211	0,3185	0,3156
3	0,2412	0,2460	0,2495	0,2521	0,2540	0,2553	0,2661	0,2565	0,2578	0,2571
4	0,1707	0,1802	0,1878	0,1939	0,1988	0,2027	0,2059	0,2085	0,2119	0,2131
5	0,1099	0,1240	0,1353	0,1447	0,1524	0,1587	0,1641	0,1686	0,1736	0,1764
6	0,0539	0,0727	0,0880	0,1005	0,1109	0,1197	0,1271	0,1334	0,1399	0,1443
7	—	0,0240	0,0433	0,0593	0,0725	0,0837	0,0932	0,1013	0,1092	0,1150
8	—	—	—	0,0196	0,0359	0,0496	0,0612	0,0711	0,0804	0,0878
9	—	—	—	—	—	0,0163	0,0303	0,0422	0,0530	0,0618
10	—	—	—	—	—	—	—	0,0140	0,0263	0,0368
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0122

На основании (4.18) вычисляем статистику критерия:

$$W = \frac{12{,}53}{17{,}46} = 0{,}718$$

и сопоставляем с критическим значением, взятым из табл. 4.7 для $n = 9$ и $\alpha=0,05$, $W^* = 0,829$. Условие (4,21) не выполняется, т. е. эмпирическое распределение не соответствует нормальному распределению.

4.5. Вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерения

Получив оценку результата измерения и проверив рассмотренными критериями гипотезу о принадлежности результатов наблюдений нормальному распределению, необходимо выяснить, насколько эта оценка может изменяться при повторных измерениях, выполняемых в тех же условиях.

Таблица 4.7

Значение критерия W^*

n	Квантиль распределения критерия W при α			n	Квантиль распределения критерия W при α		
	0,01	0,05	0,10		0,01	0,05	0,10
3	0,753	0,767	0,789	17	0,851	0,892	0,910
4	0,687	0,748	0,792	18	0,858	0,897	0,914
5	0,686	0,762	0,806	19	0,863	0,901	0,917
6	0,713	0,788	0,826	20	0,868	0,905	0,920
7	0,730	0,803	0,838	21	0,873	0,908	0,923
8	0,749	0,818	0,851	22	0,878	0,911	0,926
9	0,764	0,829	0,859	23	0,881	0,914	0,928
10	0,781	0,842	0,869	24	0,884	0,916	0,930
11	0,792	0,850	0,876	25	0,888	0,918	0,931
12	0,805	0,859	0,883	26	0,891	0,920	0,933
13	0,814	0,866	0,889	27	0,894	0,923	0,935
14	0,825	0,874	0,895	28	0,896	0,924	0,936
15	0,835	0,881	0,901	29	0,898	0,926	0,937
16	0,844	0,887	0,906	30	0,900	0,927	0,939

Этот вопрос выясняется с помощью построения доверительного интервала. Так называется вычисленный по выборочным значениям интервал, который с заданной вероятностью, называемой доверительной, накрывает истинное, но не известное нам значение измеряемой величины.

Построение доверительного интервала основано на *t*-распределении Стьюдента с числом степеней свободы $\upsilon = n-1$, при этом доверительная вероятность принимается равной 0,95 или 0,99 и лишь иногда 0,90.

При большом числе степеней свободы ($\upsilon>30$) *t* – распределение сходится к нормальному. Чем меньше число степеней свободы, тем сильнее расхождение между *t* – распределением и нормальным.

Таблица 4.8

Данные для вычисления критерия

i	x_i	x_i^2	*j*	a_{9-j+1}	x_{9-j+1}-x_j	(5)·(6)
1	2	3	4	5	6	7
1	4,03	16,24	—	—	—	—
2	4,30	18,49	—	—	—	—
3	4,97	24,70	—	—	—	—
4	5,35	28,62	—	—	—	—
5	5 37	28,84	—	—	—	—
6	5 60	31,36	4	0,0947	5,60-5,35=0,25	0,023675
7	6 21	38,56	3	0,1976	6,21-4,97=1,24	0,245024
8	6 76	45,70	2	0,3244	6,76-4,30=2,46	0,798024
9	8,23	67,73	1	0,5888	8,23-4,03=4,20	2,472960
Σ	50,82	300,24				3,539683≈3,54

Доверительные интервалы для генерального среднего m_x при неизвестном значении σ^2 находят из выражения

$$\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}}t \le m_x \le \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}}t, \qquad (4.22)$$

где $\bar{x}$ и *S* – выборочные характеристики; *t* – коэффициент Стьюдента, который в зависимости от доверительной вероятности *P* и числа результатов наблюдений *n* находят по табл. 4.9.

Таблица 4.9

Значение коэффициента *t* для случайной величины, имеющей распределение Стьюдента с $\upsilon = n$-1 степенями свободы

n- 1	P=0,95	P=0,99	*n*- 1	P=0,95	P=0,99	*n*- 1	P=0,95	P=0,99
3	3,182	5,841	13	2,160	3,012	23	2,069	2,807
4	2,776	4,604	14	2,145	2,977	24	2,064	2,797
5	2,571	4,032	15	2,131	2,947	25	2,060	2,787
6	2,447	3,707	16	2,120	2,921	26	2,056	2,779
7	2,365	3,499	17	2,110	2,898	27	2,052	2,771
8	2,306	3,355	18	2,101	2,878	28	2,048	2,763
9	2,262	3,250	19	2,093	2,861	29	2,045	2,756
10	2,228	3,169	20	2,086	2,845	30	2,043	2,750
11	2,201	3,106	21	2,080	2,831	40	2,021	2,704
12	2,179	3,055	22	2,074	2,819	60	2,000	2,660

Имея в виду, что $\frac{S}{\sqrt{n}} = S(\tilde{A})$, доверительный интервал для генерального среднего m_x можно выразить так:

$$\bar{x} - tS(\tilde{A}) \le m_x \le \bar{x} + tS(\tilde{A}), \qquad (4.23)$$

где S (Ã) – оценка среднего квадратического отклонения результата измерения, полученная по формуле (4.9). В компактной форме границы доверительного интервала можно записать следующим образом:

$$\bar{x} \pm tS(\tilde{A}). \qquad (4.24)$$

Величина $e = tS(\tilde{A})$ выражения (4.24) определяет доверительные границы случайной погрешности результата измерения.

Пример 4.6

По данным из примера 4.2 ($\bar{x}$ = 5,65 м/ч и S(Ã) = = 0,43 м/ч) вычислить доверительные границы случайной погрешности результата измерения механической скорости бурения при доверительной вероятности P = 0,95.

По табл. 4.9 для υ = 9 - 1 = 8 и P = 0,95 находим t = 2,306.

На основании формулы (4.23) имеем:

$$5,65 - 2,306 \cdot 0,43 \le m_x \le 5,65 + 2,306 \cdot 0,43;$$

$$4,66 \text{ м/ч} \le m_x \le 6,64 \text{ м/ч}$$

или в компактной форме (4.24): 5,65 м/ч±0,99 м/ч.

4.6. Определение необходимого количества наблюдений

Со значительными затратами времени и средств связано получение большого количества экспериментальных данных в бурении. Поэтому важно уметь определять необходимое количество наблюдений с целью получения среднего значения интересующего нас признака с требуемой точностью при заданной надежности (доверительной вероятности).

Минимально необходимое число наблюдений рассчитывается из выражения (4.22), в котором

$$e = \frac{S}{\sqrt{n}} t \text{, и тогда } n = \frac{S^2 t^2}{e^2} \text{ .} \qquad (4.25)$$

Если представить величину доверительного интервала ε в долях от среднего квадратического отклонения S, т. е. q = ε/S, то формула (4.25) по определению необходимого числа наблюдений будет иметь вид

$$n = \frac{t^2}{q^2} \text{ .} \qquad (4.26)$$

Для удобства решения этой задачи можно воспользоваться, например, табл. 4.10. В ней приведены величины количества наблюдений, которое необходимо иметь, чтобы при заданных значениях вероятности P доверительный интервал ε исследуемого признака был не более доли q среднего квадратического отклонения S.

Таблица 4.10

Минимальное необходимое количество наблюдений

q	Доверительная вероятность P							
	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,99	0,999
1,0	2	2	3	4	5	7	11	17
0,5	3	4	6	9	13	18	31	50
0,4	4	6	8	12	19	27	46	74
0,3	6	9	13	20	32	46	78	127
0,2	13	19	29	43	70	99	171	277
0,1	47	72	109	166	273	387	668	1089

Из табл. 4.10 видно, как быстро растет количество наблюдений с уменьшением q и с увеличением P. Поэтому для достижения требуемой точности значений исследуемого признака необходимо больше уделять внимания точности отдельных наблюдений, отражающихся на величине среднего квадратического отклонения S, а не их числу; задаваться чрезмерным значением P нецелесообразно. Величина надежности (доверительной вероятности) в зависимости от характера поставленной задачи может быть принята равной 0,99; 0,95; 0,90 и т. д. При технологических исследованиях в бурении обычно принимают P = 0,95; при испытаниях бурового оборудования и инструмента – 0,95 - 0,8.

Так как при $q > 1$ величины $\bar{x}$ и S не могут устойчиво характеризовать генеральную совокупность, то при решении рассматриваемой задачи не следует брать q больше 1. При q=1 минимальное необходимое количество наблюдений должно быть: а) для ориентировочных расчетов (P = 0,90) не менее 5; б) для инженерно-технических расчетов (P = 0,95) не менее 7; в) для научно-экспериментальных расчетов (P = 0,99) не менее 11. Из табл. 4.10 видно, что чем сильнее рассеивание (колебание) значений исследуемого признака и чем большая требуется точность, тем больше необходимо иметь наблюдений.

4.7. Проверка однородности наблюдений

Измерения с большими случайными погрешностями требуют настороженного внимания. Необходимо удостовериться в том, что получаемые результаты статистически подконтрольны, устойчивы, т. е. что результаты наблюдений группируются вокруг одного и того же центра и имеют одну и ту же дисперсию. Если метод измерения и объект исследования изучены мало, то наблюдения при таком измерении нужно повторять до тех пор, пока не появится уверенность в устойчивом характере этих результатов. Тем самым определяются продолжительность исследования и необходимое число наблюдений.

Устойчивость измерений часто оценивается интуитивно на основе длительных наблюдений. Однако известны математические методы, полезные для решения рассматриваемой задачи, так называемые методы проверки, однородности. Применительно к измерениям рассматривается однородность групп наблюдений. Необходимые признаки однородности групп наблюдений состоят в том, что оценки средних арифметических и дисперсий не должны иметь значимых смещений относительно друг друга.

Выбор групп для контроля однородности остается задачей специалиста-экспериментатора, так же как и ограничение одной группы от другой. Обычно наблюдения, выполненные через интервалы времени, большие, чем время для получения какой-то совокупности результатов наблюдений, относят к разным группам. Целесообразно иметь в группе порядка 5-10 наблюдений и лучше — несколько таких групп, чем одну группу с большим числом наблюдений.

Приведем некоторые из числа наиболее часто применяемых методов проверки допустимости различия между оценками дисперсий и различия между средними арифметическими групп наблюдений. Предполагается при этом,

что распределения наблюдений предварительно проверены на нормальность.

1. Проверка допустимости различия между оценками дисперсий выполняется с помощью критерия Фишера в случае двух групп наблюдений и критерия Бартлетта, если групп больше. Приведем критерий Фишера.

Пусть несмещенные оценки дисперсий этих групп S_1^2 и S_2^2, причем $S_1^2 > S_2^2$. Число наблюдений в группах n_1 и n_2, так что степени свободы равны соответственно $\upsilon_1=n_1-1$ и $\upsilon_2=n_2-1$.

Составляем отношение двух дисперсий S_1^2 и S_2^2 и получаем статистику:

$$F_{\text{р}} = \frac{S_1^2}{S_2^2}. \qquad (4.27)$$

Затем из табл. 4.11 при заданном уровне значимости и для степеней свободы υ_1 и υ_2 выбираем значение $F_{\text{т}}$.

Гипотеза принимается, т. е. оценки дисперсий можно считать отвечающими одной и той же дисперсии, если выполняется неравенство $F_{\text{р}}<F_{\text{т}}$. Уровень значимости при этом удваивается.

Табл. 4.11 содержит верхние границы значимости F-распределения для дисперсионного анализа при одностороннем критерии. Как правило, нас интересуют отклонения в обе стороны, и мы применяем двусторонний критерий. Если, например, мы проверяем гипотезу при уровне значимости 0,1 (10 %-ные границы), то необходимо использовать таблицу при уровне значимости 0,05 (5 %-ные границы).

Пример 4.7

В процессе наблюдений были получены два ряда значений средней механической скорости бурения в двух соседних интервалах скважины (по девяти и десяти рейсам соответственно):

1. 6,90; 8,96; 6,80; 5,20; 3,80; 4,20; 8,00; 6,80; 9,80 м/ч.
2. 8,57; 9,42; 8,96; 7,17; 9,09; 8,78; 4,44; 5,00; 9,57; 7,44 м/ч.

Проверить гипотезу об однородности (равенстве) дисперсий при уровне значимости 0,1.

Определяем статистические характеристики:

$n_1 = 9$; $\bar{x}_1 = 6{,}72$ м/ч; $S_1^2 = 4{,}17$ м/ч.

$n_2 = 10$; $\bar{x}_2 = 7{,}84$ м/ч; $S_2^2 = 3{,}33$ м/ч.

Составляем отношение $F_р = 4{,}17/3{,}33 = 1{,}25$.

По табл. 4.11 для уровня значимости 0,05 при $\upsilon = 9 - 1$ и $\upsilon_2 = 10 - 1 = 9$ степеней свободы находим $F_т = 3{,}23$.

Так как $F_р = 1{,}25 < F_т = 3{,}23$, то гипотеза об однородности дисперсий принимается.

2. Проверка допустимости различий между средними арифметическими для двух групп наблюдений производится с помощью критерия Стьюдента. При большом числе групп допустимость различия между средними арифметическими проверяется с помощью критериев Фишера и Аббе.

Рассмотрим сравнение средних арифметических для двух групп наблюдений (табл. 4.12).

Таблица 4.11

Верхние доверительные границы *F*-распределения при уровнях значимости 0,05 (верхняя строка) и 0,01 (нижняя строка)

$\upsilon_2=n_2-1$	$\upsilon_1=n_1-1$ (для большей дисперсии)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,9	238,9	240,5	241,9	243,9	245,9	248,0
	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209
2	18,51	19,00	9,16	9,25	9,30	19,33	9,35	9,37	9,38	9,40	9,41	9,43	9,45
	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39	99,40	99,42	99,43	99,45
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,74	8,70	8,66
	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,35	27,23	27,05	26,87	26,69
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,86	5,80
	21,20	18,00	16,69	15,98	5,52	15,21	4,98	4,80	14,66	4,55	4,37	4,20	14,02
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68	4,62	4,56
	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	0,16	10,05	9,89	9,72	9,55
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,94	3,87
	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,72	7,56	7,40
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,57	3,51	3,44
	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,47	6,31	6,16
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28	3,22	3,15
	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,67	5,52	5,36
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07	3,01	2,94
	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,11	4,96	4,81
10	4,96	4,10	3,71	3 48	3,33	3,22	3,14	3 07	3,02	2,98	2,91	2,84	2,77
	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,71	4,56	4,41

Продолжение таблицы 4.11

$\upsilon_2=n_2$-1	$\upsilon_1=n_1$- 1 (для большей дисперсии)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,79	2,72	2,65
	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63	4,54	4,40	4,25	4,10
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69	2,62	2,54
	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30	4,16	4,01	3,86
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,60	2,53	2,64
	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19	4,10	3,96	3,82	3,66
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,53	2,46	2,39
	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03	3,94	3,80	3,66	3,51
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48	2,40	2,33
	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67	3,52	3,37
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,35	2,28
	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78	3,69	3,55	3,41	3,26
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,38	2,31	2,23
	8,40	6,11	5,18	4.67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68	3,59	3,46	3,31	3,16
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,27	2,19
	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	13,60	3,51	3,37	3,23	3,08
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,31	2,23	2,16
	8,18	5,93	5,01	4,50	4, 17	3,94	3,77	3,63	3,52	3,42	3,30	3,1E	3,00
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,7	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28	2,20	2,12
	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37	3,23	3,09	2,94

Таблица 4.12

Сравнение двух средних значений из приближенно нормально распределенных генеральных совокупностей

Объемы выборок	Дисперсии	
	равны: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	неравны: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$
Равны $n_1 = n_2 = n$	$t_p = \dfrac{\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert}{\sqrt{\dfrac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$ $\nu = 2n - 2$ (1)	$t_{\text{р}} = \dfrac{\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert}{\sqrt{\dfrac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$ $\nu = n - 1 + \dfrac{2n-2}{\dfrac{S_1^2}{S_2^2} + \dfrac{S_2^2}{S_1^2}}$ (2)
Неравны $n_1 \neq n_2$	$t_p = \dfrac{\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert}{\sqrt{\left[\dfrac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}\right]\left[\dfrac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right]}}$ $\nu = n_1 + n_2 - 2$ (3)	$t_{\text{р}} = \dfrac{\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert}{\sqrt{\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}}}$ $\nu = \dfrac{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1} + \dfrac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\dfrac{\left(\dfrac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 + 1} + \dfrac{\left(\dfrac{S_2^2}{n_1}\right)^2}{n_2 + 1}} - 2$ (4)

Если вычисленное по приведенным формулам в табл. 4.12 значение *t*-критерия окажется меньше табличного ($t_{\text{р}} < t_{\text{т}}$) при выбранной доверительной вероятности и числе степеней свободы υ (определяется по формулам в табл. 4.12), то различие между средними арифметическими считается допустимым.

Значения *t*-критерия при различных доверительных вероятностях для двустороннего критерия приведены в табл. 4.13.

Пример 4.8

По данным, приведенным в примере 4.7, сравните два средних значения при доверительной вероятности 0,95.

Таблица 4.13

Распределение Стьюдента

Число степеней свободы υ	Доверительная вероятность			Число степеней свободы υ	Доверительная вероятность		
	0,90	0,95	0,99		0,90	0,95	0,99
1	6,314	12,706	63,657	16	1,746	2,120	2,921
2	2,920	4,303	9,925	17	1,740	2,110	2,898
3	2,353	3,182	5,841	18	1,734	2,101	2,878
4	2,132	2,776	4,604	19	1,729	2,093	2,861
5	2,015	2,571	4,032	20	1,725	2,086	2,845
6	1,943	2,447	3,707	21	1,721	2,080	2,831
7	1,895	2,365	3,499	22	1,717	2,074	2,819
8	1,860	2,306	3,355	23	1,714	2,069	2,807
9	1,833	2,262	3,250	24	1,711	2,064	2,797
10	1,812	2,228	3,169	25	1,708	2,060	2,787
11	1,796	2,201	3,106	26	1,706	2,056	2,779
12	1,782	2,179	3,055	27	1,703	2,052	2,771
13	1,771	2,160	3,012	28	1,701	2,048	2,763
14	1,761	2,145	2,977	29	1,699	2,045	2,756
15	1,753	2,131	2,947	30	3,697	2,042	2,750

Так как гипотеза об однородности дисперсий принята (дисперсии равны), объемы выборок неравны, то вычисление *t*-критерия и v проводятся по формулам (3) табл. 4.12.

$$t_{\text{р}} = \frac{|6{,}72 - 7{,}84|}{\sqrt{\left[\frac{9+10}{9\cdot 10}\right]\left[\frac{(9-1)\cdot 4{,}17 + (10-1)\cdot 3{,}33}{9+10-2}\right]}} = 1{,}263;$$

$$v = 9 + 10 - 2 = 17.$$

По табл. 4.13 находим значение $t_{\text{т}}$ при заданной доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы

υ=17, $t_т$=2,110 и сравниваем с $t_р$= 1,263.

Поскольку $t_р < t_т$ (1,263<2,110), то различие между средними значениями механической скорости бурения в двух интервалах скважины считается допустимым (незначимым).

Контрольные вопросы

1. Какие операции необходимо выполнить при статистической обработке группы результатов наблюдений?
2. Как можно исключить грубую погрешность?
3. Что принимается за результат измерения и как оценивается его среднее квадратическое отклонение?
4. Дайте характеристику классов точности в зависимости от величины коэффициента вариации.
5. Какие методы используются для проверки гипотезы о принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению?
6. Как вычисляются доверительные границы случайной погрешности результата измерения?

5. ПОЛНЫЙ ФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Одной из основных задач эксперимента является задача идентификации, т. е. построение с помощью полученных экспериментальных данных математической модели.

Эта задача играет большую роль при автоматизации технологических процессов (объектов), так как отсутствие работоспособной математической модели не позволяет осуществлять их оптимальное управление и оптимизацию.

Построение математического описания (идентификация) сложного объекта предполагает, с одной стороны, глубокое теоретическое изучение механизма протекающих в нем явлений, с другой — четко спланированный эксперимент для проверки гипотез относительно структуры модели и оценки ее коэффициентов.

При проведении экстремальных экспериментов необходимо найти область оптимума и описать ее математической моделью при наименьшем количестве опытов. Чтобы избежать полиномов высокого порядка, используется шаговый метод изучения поверхности отклика. При этом методе исследователь вначале ставит небольшую серию опытов для локального описания малого участка поверхности отклика полиномом первой степени. На этом этапе используется полный факторный эксперимент (ПФЭ) или планы дробных реплик.

Под полным факторным экспериментом понимается такой эксперимент, в котором реализуются все возможные, неповторяющиеся комбинации уровней факторов.

Если число факторов равно k, а число уровней каждого из них равно p, то число комбинаций N при полном факторном эксперименте соответствует количеству независимых опытов и равно p^k, т. е. $N= p^k$. Чаще встречаются планы эксперимента типа 2^k, реже 3^k и очень редко при $p>3$, в связи с резким увеличением числа опытов N.

Сущность полного факторного эксперимента первого порядка состоит в одновременном варьировании всех факторов при его проведении по определенному плану, представлении математической модели (функции отклика) в виде линейного полинома и его исследовании методами математической статистики.

Полный факторный эксперимент типа 2^k позволяет описать исследуемый процесс (объект) математической моделью вида

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i \neq j}^{k} b_{ij} x_i x_j \quad . \tag{5.1}$$

Планирование и реализация полного факторного эксперимента состоит из следующих основных этапов: выбора параметра оптимизации, факторов и уровней их варьирования; кодирования факторов; составления матрицы эксперимента; рандомизации опытов; реализации плана эксперимента и

статистической проверки результатов эксперимента. Рассмотрим эти этапы подробнее.

5.1. Выбор области определения, основного уровня и интервалов варьирования факторов

С учетом требований, предъявляемых к параметру оптимизации и факторам (см. 1.4 и 1.5), производят их выбор, после чего приступают к определению локальной области факторного пространства.

Вначале оцениваются границы областей определения факторов, задаваемые либо принципиальными ограничениями, которые не могут быть нарушены ни при каких обстоятельствах, либо технико-экономическими соображениями (стоимость, время ведения процесса и др.), либо конкретными условиями проведения процесса (существующая аппаратура, технология и др.). Установление области определения факторов связано с тщательным анализом априорной информации, т. е. информации, полученной до начала эксперимента.

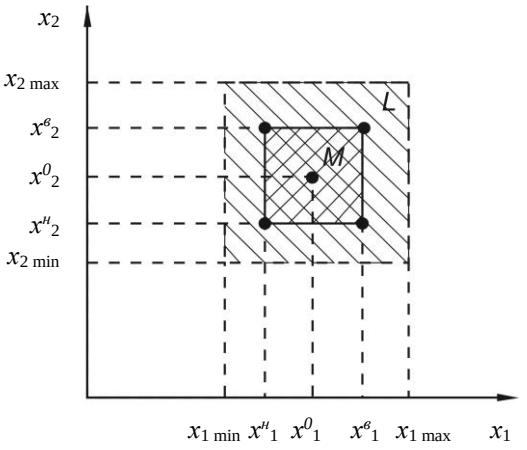


Рис. 5.1. Геометрическая интерпретация области определения факторов и подобласти для планирования эксперимента

Априорную информацию получают из литературных источников, с оценкой результатов исследования аналогичных объектов, на основании опроса специалистов, работающих в области исследуемых процессов. Каких-либо специальных требований к сбору априорной информации не существует, хотя у каждого экспериментатора есть своя система и методика. Основную часть информации об объекте исследования получают из опытов, которые проводятся при наладке лабораторной установки (стенда) и при постановке в последующем небольшого числа опытов по определенным планам с применением отсеивающих экспериментов.

После выбора области определения факторов необходимо найти локальную подобласть, в которой будет проведена первая серия опытов. На рис. 5.1 представлена геометрическая интерпретация области определения факторов L и подобласти M для случая планирования эксперимента с двумя факторами – x_1 и x_2. Процедура выбора этой подобласти M включает выбор основных (нулевых) уровней x_i^0 и интервалов варьирования факторов. Заметим при этом, что правильный выбор основных (нулевых) уровней (центра эксперимента) и интервалов варьирования факторов имеет решающее значение для действенности математической модели.

Основным, или нулевым уровнем фактора, называют его значение, принятое за исходное в плане эксперимента. В качестве исходной точки обычно выбирают точку, соответствующую наилучшим значениям параметра оптимизации, определенным из анализа априорной информации. Если эта точка лежит на границе (или близко к границе) области определения факторов, то приходится выбирать основной уровень с определенным сдвигом от наилучших условий.

Дальнейшее построение плана эксперимента состоит в выборе экспериментальных точек, симметричных относительно исходной точки, или, что одно и то же, центра плана. Это достигается с помощью интервалов варьирования факторов.

Интервалом варьирования фактора называют число (свое для каждого фактора), прибавление которого к основному (нулевому) уровню дает верхний уровень фактора, а вычитание – нижний. Обозначим его $\Delta \tilde{x}_i$. При решении задач оптимизации интервал варьирования факторов должен составлять часть области определения факторов, чтобы была возможность осуществить движение к оптимуму в пределах этой области. В задачах же аппроксимации (или интерполяции) интервал варьирования охватывает всю описываемую область, т. е. для двухфакторной задачи верхними уровнями факторов x_1 и x_2 являются $\tilde{x}_{1max}$ и $\tilde{x}_{2max}$, а нижними уровнями – $\tilde{x}_{1min}$ и $\tilde{x}_{2min}$.

Тогда область L можно назвать интерполяционной, а область M — областью постановки экстремального эксперимента.

На выбор интервалов варьирования факторов накладываются естественные ограничения сверху и снизу. Например, интервал варьирования не может быть меньше погрешности фиксирования фактора, иначе верхний и нижний уровни окажутся неразличимыми. С другой стороны, интервал варьирования не может быть настолько большим, чтобы верхний или нижний уровни оказались за пределами области определения факторов.

Выбор интервалов варьирования отдельных факторов при решении оптимизационной задачи в большей степени субъективен, но в то же время это очень важный и ответственный момент в планировании эксперимента. Здесь нужно использовать априорную информацию о точности фиксирования факторов (определяется точностью приборов и стабильностью уровня в ходе опыта), о кривизне поверхности отклика (определяется по графикам однофакторных зависимостей, табличным данным, а также исходя из теоретических предположений) и диапазоне изменения параметра оптимизации, который считается узким, если незначительно превышает интервал рассеивания значений параметра в повторных (параллельных) опытах. В зависимости

от этой информации интервалы варьирования факторов бывают узкими, средними и широкими. Например, при высокой точности фиксирования уровней факторов и сильно выраженной кривизне поверхности отклика нужно выбрать узкий интервал варьирования. При высокой точности фиксирования уровней, нелинейной поверхности отклика и широком диапазоне изменения параметра оптимизации требуются узкие интервалы варьирования факторов и, наоборот, при низкой точности фиксирования уровней, поверхности с малой кривизной и узким диапазоном изменения параметра интервал варьирования факторов выбирается широким.

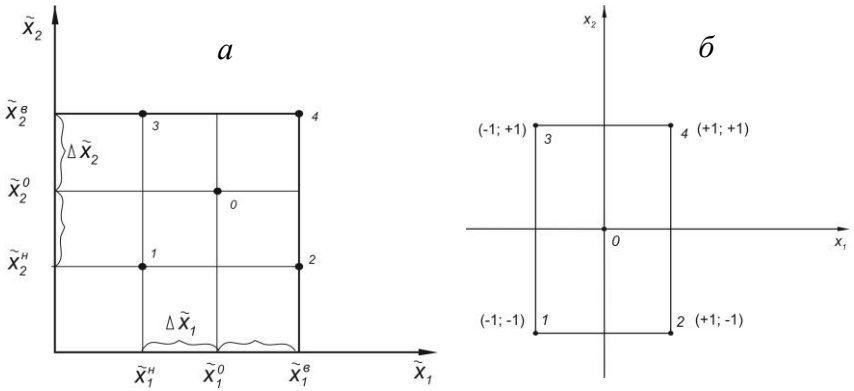


Рис. 5.2. Геометрическая интерпретация полного факторного эксперимента для двух факторов:
а – в натуральных единицах; *б* – в кодированной форме

Размер интервала варьирования составляет некоторую долю от области определения фактора. Ориентировочно можно считать, что узкие интервалы варьирования факторов должны составлять не более 10 % от области определения соответствующих факторов, средние интервалы варьирования – не более 30 %, широкие интервалы — в остальных случаях.

Выбрав основной уровень и интервалы варьирования факторов, приступают к построению плана проведения эксперимента.