

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01 Нефтегазовое дело
 ООП Технология строительства нефтяных и газовых скважин
 Отделение школы Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Особенности разрушения горной породы на забое скважины

УДК – 622.24:622.23

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К.М.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И. В.	д. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОБД	Сечин А. А.	к. т. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К. М.	к. х. н.		

Результаты освоения образовательной программы
Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК(У)-1. Способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.УК(У)-1.1. Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
		И. УК(У)-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению
		И.УК(У)-1.3. Разрабатывает стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и других современных междисциплинарных подходов; обосновывает выбор темы исследований на основе анализа явлений и процессов в конкретной области научного знания
		И.УК(У)-1.4. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций в своей предметной области
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	И.УК(У)-2.1. Определяет проблему и способ ее решения через реализацию проектного управления
		И.УК(У)-2.2. Разрабатывает концепцию проекта в рамках обозначенной проблемы: формулирует цель, задачи, обосновывает актуальность, значимость, ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
		И.УК(У)-2.3. Осуществляет мониторинг за ходом реализации проекта, корректирует отклонения, вносит дополнительные изменения в план реализации проекта
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способность организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	И. УК(У)-3.1. Планирует и корректирует свою социальную и профессиональную деятельность с учетом интересов, особенностей поведения и мнений людей, с которыми работает и взаимодействует
		И.УК(У)-3.2. Организует дискуссии по заданной теме и обсуждение результатов работы команды
		И.УК(У)-3.3. Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды
Коммуникация	УК(У)-4. Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на	И.УК(У)-4.1. Решает конкретные задачи профессиональной деятельности на основе академического и профессионального взаимодействия с учетом анализа мнений, предложений, идей отечественных и зарубежных коллег

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	И.УК(У)-4.2. Составляет, переводит и редактирует различные академические тексты (рефераты, эссе, обзоры, статьи и т.д.)
		И.УК(У)-4.3. Представляет результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
		И.УК(У)-4.4. Планирует и организывает совещания, деловые беседы, дискуссии по заданной теме; аргументированно и конструктивно отстаивает свою точку зрения, позицию, идею в академических и профессиональных дискуссиях на государственном и иностранном языках
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способность анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	И.УК(У)-5.1. Осуществляет профессиональную и социальную деятельность с учетом особенностей поведения и мотивации людей различного социального и культурного происхождения, в том числе особенностей деловой и общей культуры представителей других этносов и конфессий
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровье сбережение)	УК(У)-6. Способность определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.УК(У)-6.1. Анализирует использование рабочего времени в широком спектре деятельности: планирование, распределение, постановка целей, делегирование полномочий, анализ временных затрат, мониторинг, организация, составление списков и расстановка приоритетов
		И.УК(У)-6.2. Сочетает выполнение текущих производственных задач с повышением квалификации; корректирует планы в соответствии с имеющимися ресурсами
		И. УК(У)-6.3. Планирует профессиональную траекторию с учетом особенностей как профессиональной, так и других видов деятельности и требований рынка труда

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Применение фундаментальных знаний	ОПК(У)-1. Способность решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	И.ОПК(У)-1.1. Демонстрирует навыки физического и программного моделирования отдельных фрагментов процесса выбора оптимального варианта для конкретных условий И.ОПК(У)-1.2. Использует фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач нефтегазового производства И.ОПК(У)-1.3. Анализирует причины снижения качества технологических процессов и предлагает эффективные способы повышения качества производства работ при выполнении различных технологических операций
Техническое проектирование	ОПК(У)-2. Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	И.ОПК(У)-2.1. Использует знание алгоритма организации выполнения работ в процессе проектирования объектов нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-2.2. Формулирует цели выполнения работ и предлагает пути их достижения И.ОПК(У)-2.3. Выбирает соответствующие программные продукты или их части для решения конкретных профессиональных задач
	ОПК(У)-3. Способность разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	И.ОПК(У)-3.1. Анализирует информацию и составляет обзоры, отчеты И.ОПК(У)-3.2. Владеет навыками аналитического обзора при подготовке рефератов, публикаций и не менее 50 источников при подготовке магистерской диссертации
Работа с информацией	ОПК(У)-4. Способность находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	И.ОПК(У)-4.1. Определяет основные направления развития инновационных технологий в нефтегазовой отрасли И.ОПК(У)-4.2. Обработывает результаты научно-исследовательской, практической технической деятельности, используя имеющееся оборудование, приборы и материалы
Исследование	ОПК(У)-5. Способность оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизировать и обобщать достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	И.ОПК(У)-5.1. Определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов оборудования и выявление недостатков в его работе И.ОПК(У)-5.3. Интерпретирует результаты лабораторных и технологических исследований применительно к конкретным условиям
Интеграция науки и образования	ОПК(У)-6. Способность участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	И.ОПК(У)-6.1. Демонстрирует знания основ педагогики и психологии И.ОПК(У)-6.2. Демонстрирует умение общаться с аудиторией, заинтересовать слушателей

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта, форсайт	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1. Технологический контроль и управление процессами строительства скважин.	19.005 Профессиональный стандарт "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли" (Утвержден приказом Минтруда России от 27.11.2014 № 942н) ОТФ В «Технологический контроль и управление процессом бурения скважин на месторождениях»	ПК(У) -1. Способность осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами строительства скважин ТФ В «Обеспечение выполнения подрядными организациями проектных решений при бурении скважин на месторождениях»	И.ПК(У) -1.1. Осуществляет контроль и управление безопасного ведения технологических операций в соответствии с нормативными документами и отраслевыми регламентами.
				И.ПК(У) -1.2. Осуществляет контроль выполнения подрядными организациями проектных решений при строительстве скважины.
				И.ПК(У) -1.3. Определяет возможные риски при проведении технологических операций и применяет эффективные способы их предупреждения.
	2. Контроль, управление и выполнение работ по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации бурового оборудования.	19.005 Профессиональный стандарт "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли" Утвержден приказом Минтруда России от 27.11.2014 № 942н) ОТФ А «Технологический контроль и управление процессом бурения скважин»	ПК(У) -2. Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию бурового оборудования ТФ А «Технический контроль состояния, работоспособности бурового оборудования и условий хранения материалов на буровой площадке.	И.ПК(У) -2.1. Оценивает преимущества и недостатки применяемого бурового оборудования, определяет благоприятную область применения И.ПК(У) -2.2. Соблюдает требования инструктивно-нормативной документации по эксплуатации и обслуживанию бурового оборудования.
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа		Мнение экспертов, пожелания работодателей.	ПК(У)-3. Способность планировать и проводить аналитические,	И.ПК(У)-3.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, выбирает методики и средства решения поставленной задачи; планирует и проводит исследования; оценивает их результаты, делает выводы.

	1.Инициирование создания, разработка и проведение экспериментальной проверки инновационных технологий в области строительства скважин.		имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	И.ПК(У)-3.2. Создает новые и совершенствует действующие методики проведения расчетов, необходимых при проектировании технологических процессов и технических устройств
	2.Оценка возможности использования достижений научно-технического прогресса в области строительства скважин.	Мнение экспертов, пожелания работодателей.	ПК(У)-4. Способность проводить анализ и обобщение научно-технической информации в области строительства скважин.	И.ПК(У)-4.1. Владеет навыками проведения анализа и систематизации информации по теме исследований, а также патентных исследований. И.ПК(У)-4.2. Оценивает возможность применения наиболее совершенных на данный момент технологий строительства скважин.
Тип задач профессиональной деятельности: педагогический				
1 «Образование и наука» (в сфере научных исследований)	1. Разработка методических материалов для обеспечения подготовки и аттестации специалистов	01.004 Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования» (утвержден приказом Минтруда России от 08.09.2015 № 608н). ОТФ Г Научно-методическое и учебно-методическое обеспечение реализации программ профессионального обучения	ПК(У)-5. Способность разрабатывать методическое обеспечение для первичной периодической подготовки и аттестации специалистов в области строительства скважин. (ТФ Н/04.7 «Разработка под руководством специалиста более высокой квалификации учебно-методического обеспечения реализации учебных курсов, дисциплин (модулей) или отдельных видов учебных занятий программ бакалавриата и (или) ДПП»). ДПП»).	И.ПК(У)-5.1. Участвует в разработке методических документов, необходимых для подготовки и аттестации в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах в процессе строительства скважин

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результ.	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики), самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности.
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов.
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести ответственность за результаты работы.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности.
P9	Разрабатывать и внедрять инновационные решения при строительстве скважин
P10	Обеспечивать технологический контроль и управление процессом бурения скважин
P11	Разрабатывать проектную документацию на строительство скважин в осложненных горно-геологических условиях.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Технология строительства нефтяных и газовых скважин
 Отделение нефтегазового дела

магистерская диссертация (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) /вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05 марта 2023	1. Проведение литературного обзора по теме.	20
02 апреля 2023	2. Разработка методики проведения литературного обзора и обобщения отечественного и зарубежного опыта по тематике диссертации.	10
13 мая 2023	3. Проведение литературного обзора по тематике диссертации и анализ полученных результатов.	40
20 мая 2023	4. Формулирование выводов и рекомендаций.	25
25 мая 2023	5. Предварительная защита диссертации.	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К.М.	к.х.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Минаев К.М.	к.х.н		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Технология строительства нефтяных и газовых скважин
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя отделения
 _____ Лукин
 А.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Студенту:

Группа	Фамилия Имя Отчество
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич

Тема работы:

«Особенности бурения горной породы на забое скважины»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: Способы и инструменты разрушения горных пород
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. История развития разрушения горных пород в России и за рубежом 1.1. Зарождение процессов по разрушению горных пород 1.2. История бурения в России 2. Методы разрушения горных тел при бурении скважин 2.1. Свойства горных пород 2.2. Механические способы разрушения горных тел 2.3. Способ разрушения горных пород при вращательном и вращательно-ударном бурении 2.4. Гидромеханическая разработка горных масс с применением гидромониторов и землесосных установок 2.5. Метод шароструйного разрушения горных пород 2.1.1. Породоразрушающие инструменты 2.1.2. Классификация бурового инструмента по назначению 2.1.3. История развития инструментов для разрушения горных пластов 3. Немеханические способы разрушения горных пород 3.1. Термические способы разрушения горных пород 3.2. Плазменный способ 3.3. Разрушение горного пласта с использованием лазера 3.4. Взрывной способ бурения 3.5. Огнеструйный метод бурения 3.6. Термомеханический способ бурения горных масс

	3.7. Ультразвуковой способ 3.8. Электроимпульсно-механический способ 3.9. Гидродинамические способы разрушения горных пород 3.10. Гидромониторный способ
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Профессор ОНД, Шарф Ирина Валерьевна
Социальная ответственность	Доцент ОБД, Сечин Андрей Александрович
Часть на иностранном языке	Доцент ОИЯ, Айкина Татьяна Юрьевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	2 февраля 2023 года
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Минаев К.М.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело Технология строительства нефтяных и газовых скважин

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценка стоимости материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов на проведение мероприятий на нефтяном месторождении республики Саха (Якутия)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- ФЕР 01-02-099-06 - ФЕР 01-02-100-06 - СНиП IV-5-82 Сборник 49.

	• РД 39-0148052-537-87 • ВСН 39-86 • ГЭСН 04-01-005-06 • ГЭСН 04-02-002-12
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налоговый кодекс РФ (1 часть) ФЗ №146 от 31.07.1998 в ред. от 28.03.2023 Налоговый кодекс РФ (2 часть) ФЗ №117 от 05.08.2000 в ред. от 28.04.2023

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Обоснование перспективности строительства скважины на месторождении республики Саха (Якутия) с применением полимерсодержащего бурового раствора с полиакриламидом
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Расчет доходов и затрат при проведении операций по строительству эксплуатационной скважины на месторождении республики Саха (Якутия)
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности строительства скважины с применением бурового раствора с полимером на основе акриламида

Перечень графического материала

1. Сметная документация по обоснованию и общей оценке стоимости перечня операций по строительству скважины в табличной форме
2. Линейный календарный график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф Ирина Валерьевна	д.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич
Школа	Отделение (НОЦ)
Уровень образования	Направление/специальность
магистратура	21.04.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

Особенности разрушения горной породы на забое скважины
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение – Характеристика объекта исследования в нефтегазовой промышленности горных пород	Объект исследования: Перспективные способы разрушения горных пород Область применения: Бурение нефтяных и газовых скважин
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <u>при бурении нефтяных и газовых скважин</u>: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Описание правовых норм для проведения работ, связанных с эксплуатацией бурового оборудования согласно следующим документам: – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021). – Федеральный закон РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 01.01.2021) «О специальной оценке условий труда»;
2. Производственная безопасность <u>при разработке проектного решения</u>: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора	Вредные производственные факторы: 1. Несовершенство технологического процесса, рабочего инструмента или средств безопасности; 2. Повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов; 3. Повышенный уровень шума и вибраций на рабочем месте; 4. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; 5. Отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны. Опасные производственные факторы: 1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Опасность поражения электрическим током; 3. Аварии с открытыми фонтанами при строительстве и эксплуатации скважин.
3. Экологическая безопасность: – 3.1 Анализ воздействия объекта исследования на окружающую среду; – 3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.	Влияние объекта исследования на окружающую среду: 1. Загрязнение атмосферного воздуха; 2. Нарушение гидрогеологического режима; 3. Загрязнением поверхностных водных источников и подземных вод; 4. Повреждение почвенно-растительного покрова. Мероприятия по защите окружающей среды согласно нормативным документам:

	1. СанПиН 2.1.7.1322-03 Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления; 2. Постановление Правительства РФ от 28.12.2020 N 2314.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – 4.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – 4.2 Разработка действий в результате возникшей – ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Возможные чрезвычайные ситуации при разработке и эксплуатации проектируемого решения – газонефтеводопроявление (ГНВП), возгорание ГСМ, наводнение. Наиболее типичная ЧС: газонефтеводопроявление. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич		

Оглавление

РЕФЕРАТ	17
ABSTRACT	18
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	19
Введение	20
1.История развития разрушения горных пород в России и за рубежом	21
1.1 Зарождения процессов по разрушению горных пород	21
1.2 История бурения в России	23
2 Методы разрушения горных тел при бурении скважин	24
2.1 Свойства горных пород	27
2.2 Механические способы разрушения горных тел	29
2.3Способ разрушения горных пород при вращательном и вращательно-ударном бурении	31
2.4 Гидромеханическая разработка горных масс с применением гидромониторов и землесосных установок	33
2.5 Метод шароструйного разрушения горных пород	35
2.1.1 Породоразрушающие инструменты	36
2.1.2 Классификация бурового инструмента по назначению	37
2.1.3 История развития инструментов для разрушения горного пласта ...	40
3 Немеханические способы разрушения горных пород	41
3.1 Термические способы разрушения горных пород	42
3.2 Плазменный способ	44
3.3 Разрушение горного пласта с использованием лазера	47
3.4 Взрывной способ Бурения	48
3.5 Огнеструйный метод бурения	50
3.6 Термомеханический способ бурения горных масс	51
3.7 Ультразвуковой способ	52
3.8 Электроимпульсно-механический способ	53
3.9 Гидродинамические способы разрушения горных пород	56
3.10 Гидромониторный способ	56
3.11 Химические методы разрушения горных пород	57

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	58
4.1 Расчет сметной стоимости подготовительных работ	59
4.2 Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ.....	59
4.3 Расчет продолжительности строительства скважины.....	60
4.4 Расчет сметной стоимости бурения и крепления скважины	64
4.4.1 Расчет стоимости освоения скважины	66
4.4.2 Сводный сметный расчет	66
5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
5.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	69
5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	70
5.1.1 Производственная безопасность	70
5.1.2 Анализ вредных производственных факторов, обоснование мероприятий по защите персонала от их воздействия.....	70
5.1.3 Анализ показателей климата и метеоусловий на открытом воздухе	71
5.1.4 Повышенный уровень шума	72
5.1.5 Повышенный уровень вибрации	73
5.1.6 Повышенная загазованность воздуха рабочей среды	73
5.1.7 Недостаточная освещённость	74
5.1.8 Повреждения в результате контакта с живыми организмами	75
5.1.9 Физические и нервно-психические перегрузки.....	75
5.2.1 Анализ опасных производственных факторов, обоснование мероприятий по их устранении.	76
5.2.2 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	76
5.2.3 Электрический ток.....	77
5.2.4 Расположение рабочего места на значительной высоте, падение предметов с высоты.	79
5.2.5 Пожаровзрывоопасность.....	80
5.3 Экологическая безопасность.....	82
5.3.1 Анализ влияния процесса строительства скважины на	82
окружающую среду.....	82

5.3.2 Обоснование решений по обеспечению экологической безопасности	82
5.4.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
5.4.2 Анализ возможных ЧС, возникающих при строительстве скважин	83
5.4.3 Обоснование мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС	83
Заключение.....	83
Список литературы	84

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация включает 89 страниц текстового материала, 3 рисунка, 11 таблиц, 72 источника, 7 приложений.

Ключевые слова. Способы разрушения горных пород, механические способы, немеханические способы, вращательное бурение, буровые инструменты.

Объект исследования. Способы и инструменты разрушения горных пород.

Цель работы. Обзор и анализ способов разрушения горных пород и порода разрушающего инструмента.

Результаты исследования. Выявление способов разрушения горных пород и вектор развития индустрии в целом.

Методы проведения исследования. Был проведен сбор данных существующих и развивающихся способов разрушения горных пород и произведен сравнительный анализ. Выделены наиболее перспективные из развивающихся способов.

ABSTRACT

The master's thesis includes 89 pages of text material, 3 figures, 11 tables, 72 sources, 7 appendixes.

Keywords. Methods of rock destruction, mechanical methods, non-mechanical methods, rotary drilling, drilling tools.

Object of research. The object of the study. Methods and tools of rock destruction.

Results of research. Review and analysis of methods of destruction of rocks and the rock of the destructive tool.

Methods of conducting the research. Data was collected on existing and developing methods of rock destruction and a comparative analysis was carried out. The most promising of the developing methods are highlighted.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения с соответствующими расшифровками:

ВЗД – винтовой забойный двигатель;

ГЗД – гидравлический забойный двигатель;

КНБК – компоновка низа бурильной колонны;

СПО – спуско-подъемные операции;

КПД – коэффициент полезного действия;

PDC – polycrystalline diamond bits;

ЗТС – забойные телеметрические системы;

РУС – роторные управляемые системы;

ИСМ – институт сверхтвёрдых материалов;

сплавы типа

ВК – вольфрамокобальтовые сплавы;

ВВ – взрывчатые вещества;

ЭИ – электрический импульс;

ГИН – генератор импульсных напряжений;

ПРИ – породоразрушающий инструмент;

РГП – разрушение горных пород;

ГП – горные породы;

ПЖ – промывочная жидкость.

При многократном упоминании устойчивых словосочетаний могут быть дополнительно установлены сокращения, применяемые только в данном тексте.

Введение

С развитием человечества, мир не стоит на месте, с каждым годом появляются новые технологии, которые находят свое применение в различных сферах жизнедеятельности человека. Производится большое количество новых открытий и технологий, без которых жизнь человечества кажется не мыслимой, все процессы жизнедеятельности стремятся к автоматизации, компьютеризации и нашу сферу нефтегазовой отрасли не обошел прогресс. Ежегодно по всему миру открываются несколько десятков новых месторождений, которые по своему оснащению и технологии разрушения горных пород, значительно отличаются от предыдущих. Все технологические и технические процессы стремятся к уменьшению затрат рабочего времени с применением автоматизированных, роботизированных технологий.

Нефтепродукты стали, неотъемлемой жизнедеятельно человека, ведь порядка 60-70% всего, что существует на данный момент времени, произведено из нефтепродуктов. В результате этого потребность в добычи природных ископаемых растет с каждым годом. Все это подталкивает, к более технологическим процессам, добычи нефти и газа, но основной проблемой является эффективное решение способов разрушения горных пород, которые позволили производить бурение, эффективнее, качественней и в то же время сохраняя низкую себестоимость.

В отечественной и зарубежной практике ведутся научные, практические, лабораторные и опытноисследовательские работы по способам разрушения горных пород. Анализы методов бурения горного тела (породы) показывают нам необходимость увеличения мощности подводимой к забою скважины.

Разрушение горных пород – это обширный процесс, изучающий физико-механические свойства горных масс, влияющих на процессы бурения. Методов по разработке горного пласта множество, некоторые из них находят свое применение и получают развитие в наши дни, хоть и не в значительном объеме, на стадии испытаний и проверок.

Целью данной выпускной квалификационной работы служит проведение анализа способа и вида разрушения горных пород при бурении скважин, а также рассмотрение особенностей пород на забое скважины.

Задачи для реализации целей рассматриваемой проблемы:

1. Проанализировать историю и хронологию развития разрушения горных пород
2. Произвести обзор литературных источников
3. Разобрать способы и методы воздействий на горное тело
4. Рассмотреть породоразрушающие инструменты
5. Обобщить результат перспективных методов

1. История развития разрушения горных пород в России и за рубежом

1.1 Зарождения процессов по разрушению горных пород

Бурение берет свои истоки со времен древних цивилизаций, когда египтяне применяли примитивные инструменты в виде палки, на конце которой находился острый камень, для так называемого бурения в поисках воды. Однако с течением времени орудия труда усовершенствовались и глубины скважин росли, так ссылаясь на литературные источники, первое появление скважины, из которой производили извлечение полезных ископаемых началось 4000 тысячи лет назад. В стране под названием Китай. В дальнейшем технологии усовершенствовались, народы Китая стали делать бурильные трубы из бамбука, объем добычи постепенно набирал обороты[1].

Затем стали популярны соляные промыслы на которых использовали штанговое разрушение горного массива, начало соляного промысла приходится на девятый век в городах старой Руси, в дальнейшем метод штангового бурения перенимают в Балахне приблизительно в двенадцатом

веке, а в Соликамске в шестнадцатом веке. Скважины при этом делали из деревянных труб.

Широкое распространение бурения на нефть, произошло в результате опытов французского инженера М. Фовелля, который предложил используемое и в настоящее время понятие, циркуляция жидкости в скважине. Достоинство метода заключалось в том, что можно было разбуривать горную породу без остановки процессов бурения. Благодаря французу технология была доработана и первая современная нефтяная скважина появилась в Азербайджане на месторождении Биби-Эйбат, которая располагается на Апшеронском полуострове. Четырнадцатого июля в 1848 году была запущена и введена в эксплуатацию нефтяная скважина, с которой и началась промышленная добыча нефти[2].

В США принято считать началом нефтяной промышленности 1859 год, когда американец Эдвин Дрейк, пробурил скважину ориентировочной глубиной порядка 25 метров и из нее фонтаном начала извергаться нефть, в дальнейшем за 1859-1860 годы было пробурено и открыто более полутора тысяч нефтяных месторождений. Американцы стали активно переходить от угля на нефть, экономика начала расцветать. В отрасль бурения производили огромные инвестиционные вложения.

Рождение отечественной нефтяной промышленности приходится на 19 век так как в 1864 году русские рабочие плавно начали переход от ручного привода- станков для разрушения горной породы к механическому ударному способу бурения (машинному бурению). Полковник Ардальон Н.Н впервые использовал машинное бурение. По рассказам свидетелей, разрушение горного пласта производилось на глубине 55 метров и нефть хлынула с невиданной силой, в результате которого получились первые нефтяные фонтаны, приносящие в сутки по 20 тон нефти[3].

В данном разделе были рассмотрены истоки начала бурения скважин, продемонстрированы важные этапы становления нефтяной промышленности в России и крупных зарубежных странах.

1.2 История бурения в России

Как было рассмотрено ранее, бурение началось в России в 1886 году и постепенно набирало обороты. Второй известной датой, связанной с нефтяной индустрией в России, принято считать 1899 год, тогда инженер Делов В.И. совместно с группой по буровым работам, запатентовал забойную машину (электробур), выглядела данная установка следующим образом, электродвигатель, к нему подсоединялось долото и вся эта конструкция была подвешена на канат. По прошествии 39 лет, данную разработку доработали и у нее появился современный внешний вид. В 1938 году был подан патент на использование электробура с редуктором. Прогресс не стоял на месте и нефтяных продуктов требовалось с каждым годом все больше и больше, тогда начали разрабатывать и исследовать метод наклонного контроля буровых труб, в результате этого в 1941 году было предложено многозабойное бурение, а уже в 1970 году в работу запущены безредукторные турбобуры. Оснастка бурового инструмента шла в ногу со временем и в те же 70-е годы, в долота стали внедрять алмазные наконечники, которые бы позволяли бурить горные тела повышенной прочности, так и по химическому направлению, буровые растворы вышли на новый уровень, сырье используемое для бур растворов стало намного качественнее. Разрабатывались и конструировались современные проектные решения по низу буровой колонны[4].

Несмотря на бурный рост привлекательности нефтяных продуктов, бурение на несколько десятков лет остановило свое развитие и на протяжении тридцати лет объемов роста бурения не отмечалось. Третьей точкой бурного роста бурения и нефти добычи можно считать начало 2005-2006 годов. Переняв опыт зарубежных технологий в области породоразрушающих инструментов, появляются новые технологии и инструменты, такие как ВЗД

(Винтовой забойный двигатель) с возможностью регуляции и выбором угла наклона, системы роторного управления, телесистемы с использованием гидравлического канала связи, а так же долота, которые были произведены из прочной стали и на конце имели алмазные поликристаллические резцы, по-другому называемые долота PDC. Данное оборудование активно внедрялось в отечественное бурение и дало новое, свежее дыхание добычи нефти и газа. Скважины стали буриться глубже, намного быстрее, а самое главное качество пробуренной горной породы несоизмериморосло. Зброшенные ранее скважины то же выбуривали, на тот момент новыми, наклонно направленными способами. С ростом добываемой нефти и газа, появилось множество льготных программ от государства для нефтяных месторождений, поставки нефти по анализу графиков возрастали с каждым годом. Россия стала продавать огромное количество нефти зарубежным партнерам и выбилась в лидирующие страны по добычи и сбыту нефтяной продукции.

Стоит отметить, что 2018 год продемонстрировал прогресс в нефтяной сфере России. Внедрили новые технологии и автоматизировали большинство процессов, которые раньше выполнялись рабочими не посильным трудом, а именно применили бурение TDDirect CD – это бурение которое обеспечивает герметизацию и позволяет извлекать КНБК из скважины с дальнейшей возможностью смены долота, благодаря, замку фиксатору[5].

В разделе «история бурения в России» были рассмотрены технические решения и методы развития нефтяной отрасли начиная с 19 века заканчивая нашим временем. Познакомившись с историей бурения, в дальнейших разделах подробно рассмотрим способы и методы бурения горных тел.

2 Методы разрушения горных тел при бурении скважин

Добыча природных полезных ископаемых, таких как вода, нефть, газ, не возможна без разрушения горных пород. В наше время известно множество различных методов разрушения горных масс, которые могут быть использованы в зависимости от типа породы, ее физико-механических

свойств, глубины залегания, состава и объема разрушаемого материала и многих других свойств. Например, для мягких глинистых пород могут быть использованы механические методы разрушения, такие как роторные буры, молотковые буры, шнековые буры, гидромолоты и другие. Для твердых горных пород, таких как гранит, диабаз, базальт, используют методы термического разрушения, которое происходит при помощи термического разрушения, в результате использования термических инструментов, под названием алмазные (шнековые) буры с охлаждением, плазменные резки и т.д

Однако, любой способ разрушения пород может привести к нежелательным процессам, в результате которых может возникнуть аварийная ситуация, а в дальнейшем и остановка буровых работ, что экономически и технологически не выгодно. Именно поэтому любой из рассмотренных методов по разламыванию горных тел стоит использовать, рационально соотнося инструмент по воздействию на массу разрушаемого продукта. Важным аспектом в бурении горных пород, выступает показатель энергоемкость. Она показывает результативность процесса разрушения горной массы к его объему за определенный временной отрезок времени[6].

Вторым и не менее важным понятием является такой показатель, как буримость. Буримость – это показатель невосприимчивости горной массы к натеску породоразрушающего инструмента в процессе пробуривания скважины. Ниже в таблице (1) приведена классификация горных слоев по буримости.

Категория пород по буримости	Породы	Скорость бурения, м/ч
I	Торф, песок без гальки	23—30
II	Глина средней плотности	11—15
III	Плотная глина	5,7—10
IV	Слабые песчаники;	3,5—5,0
V	Аргиллиты	2,5—3,5
VI	Полевошпатовые песчаники	1,5—2,5
VII	Окварцованные известняки	1,9—2,0
VIII	Песчаники кварцевые	1,3—1,9
IX	Крупнозернистые граниты	0,7—1,2
X	Гранодиориты	0,5—0,7
XI	Кварциты,	0,3—0,5
XII	Роговики	0,15—0,25

Таблица-1, классификация пород по буримости

Просмотрев таблицу (1), важно отметить, что буримость может сильно варьироваться в зависимости от типа горной породы и ее физико-механических свойств. Например, при бурении песчаника, который обладает низкой прочностью и высокой абразивностью, буримость будет выше, чем при бурении гранита, который обладает высокой прочностью и низкой абразивностью.

Повышение буримости может достигаться различными способами, например, изменением конструктивных параметров бурового инструмента, применением специальных добавок к буровой, изменением и настройкой параметров процесса бурения.

Высокая буримость позволяет увеличивать эффективность бурения и сокращает время выполнения буровых работ на месторождении, что в свою очередь положительно влияет на экономическую составляющую.

2.1 Свойства горных пород

Петрология – это раздел науки изучающей горные породы, их свойства, структуру, физические и прочие характеристики. На основе данной науки рассмотрим важные свойства и способности горных масс.

Устойчивость – это способность горного тела образовывать устойчивы связи и сохранять равновесии при обнажении (разрушении). Принято выделять несколько основных факторов, влияющих на устойчивость горных пород:

- Структура породы. Различные типы пород имеют разную структуру, которая может влиять на их устойчивость. Например плотные и однородные породы, такие как гранит, чаще всего более устойчивы, чем мягкие и пористые породы, такие как песчаник.

- Физико-механические свойства породы. Различные типы пород имеют различные свойства, такие как прочность, твёрдость, упругость и т.д. Эти свойства могут влиять на способность породы выдерживать напряжения и деформации, а следовательно на ее устойчивость.

- Величина напряжений в горном массиве. Нагрузки, действующие на породу, как правило, вызывают появление напряжений в породной массе.

Учитывая все эти факторы, инженера могут выбирать наиболее подходящие методы и техники для обеспечения безопасного, безаварийного разрушения горного пласта[6].

Устойчивость горной породы классифицируется на пять основных групп:

1. Очень устойчивые – это когда при отклонении от положения равновесия порода стремится вернуться в первичное положение. Не обрушается по истечению нескольких десятков лет

2. Устойчивые – это приближено к очень устойчивым, но по времени может стоять в течении нескольких лет

3. Средней устойчивости – при небольшом воздействии теряет равновесие и возникают силы стремящиеся увеличить отклонение от прежних форм.

4. Неустойчивые – при малом воздействии теряет всякое крепление и требует упрочнения

5. Весьма неустойчивые – без каких либо воздействий теряет форму и требует применение упрочняющих решений.

Горные породы имеют еще ряд основных свойств влияющих на процессы разрушения. Одно из таких свойств. «Прочность – свойство горных пород воспринимать воздействие механических, термических, электрических и других нагрузок, не разрушаясь»[5], затем идет Упругость – это свойство восстанавливать прежнюю форму после снятия нагрузки. Твердость – подразумевает под собой оказывать воздействие при попытке проникновения (внедрения) породоразрушающего инструмента[7].

«Прочность – свойство горных пород воспринимать воздействие механических, термических, электрических и других нагрузок, не разрушаясь» [5].

Плотность породы – это ее масса в единицы объема за минусом пустот, трещин и пор (измеряют в кг/м³). Плотность часто встречаемых горных пород, песчаников 2548-2799, торфяников 1650-1780, доломитов 1900-3000.

Пористость горного тела – выражается как объем пустот, находящихся в породе, принято считать в процентах. От данного показателя вытекают такие определения как:

- Водопроницаемость – данный показатель зависит от пустот в теле, чем больше пустот тем соответственно выше проницаемость, так же этот показатель отвечает за коэф. фильтрации.

- Водопоглощение – способность поглощать воду при полном погружении в водное пространство.

- Набухание – свойство породы увеличиваться в результате наполнения водой

В разделе были рассмотрены основные свойства горных пород, далее перейдем к анализу способов механического воздействия.

2.2 Механические способы разрушения горных тел

Основная масса процессов бурения, основана на физико-механическом воздействии на горный массив, в результате которого порода делится на частицы малого размера.

Механическое разрушение – это разобщение сцепления горных масс от массива измельчения (крошения) путем воздействия фрезы, коронки или резца. Принято считать микроскопические разрушения (размеры зоны разрушения до одного миллиметра) происходит в месте соединения разрушающего элемента с телом (породой) и сопровождается распадом соединений между зёрнами или нарушением химических связей в кристалле, микротрещинами, отклонением вдоль поверхностей скольжения. Макроскопическое разрушение (размеры зоны разрушения 1 см и более) описываются развитием одной или многих трещин, нарушающих сплошность массивов в значительных объёмах. Во всех случаях распад начинается с процесса на микроскопическом уровне, при определённых условиях приобретающего макроскопические масштабы[8].

Механический способ разламывания (разрушения) описан тремя главнейшими видами: ударным, вращательным и ударно-вращательным бурением. Под ударным понимается процесс при котором горное тело раскалывается за счет воздействия ударов бур клиновыми инструментами, так называемыми долотами. Под вращательным методом бурения подразумевается разрушение горного пласта с использованием долот истирающего, режущего, раздавливающего характера. Так же эти два метода встречаются совместно, тогда это называют – ударно-вращательный бурением.

Вращательно бурение скрывает под собой множество разновидностей, на сегодняшний день в работе используют такие способы бурения как:

- Роторное бурение (происходит вращение бурового инструмента через колонну бурильных труб, которую в свою очередь вращает ротор, установленный на бур вышки)
- Турбинное бурение (в данном случае вращение происходит от специальной машины турбобура. Отличием от роторного является, то что в роторном вращается вся колона, а при турбинном вращается только вал турбобура с прицепленным к нему долотом)
- роторно-турбинное бурение (в таком случае происходит совмещение двух выше описанных случаев)
- реактивно-турбинное бурение (метод с использованием нескольких совмещенных турбобуров и совершающих планетарные движения)
- электробурение (здесь же вращение осуществляет электромотор непосредственно где-то на забое скважины)
- Бурение объемным двигателем (вращение за счет ВГД (винтового гидравлического двигателя))

К достоинствам механического бурения стоит отнести, что есть возможность сбора натуральных горных пород для составления и дальнейшего изучения геологического разреза, при бурении водоносных и нефтегазоносных горизонтов складываются благоприятные условия, так же к достоинствам можно отнести возможность бурения нефтяных и газовых скважин в закладываемом (предполагаемом) направлении.

Недостатки механического воздействия на горный пласт, в первую очередь стоит отметить высокий износ соприкасаемых элементов с горной массой, вторым не маловажным минусом является уменьшение КПД с увеличением глубины скважины).

В результате главной особенностью механического бурения является, сила (мощь) переходящая породоразрушающему снаряду, с увеличением частоты вращения бурового инструмента, осевой нагрузки и способность сопротивления разрушающейся горной породы. Граничными условиями выступает: прочность всего КНБК с одной стороны, и физико-механических свойств горной породы – с другой.

Следует выделить тот факт, что возможности механических способов разбуривания в настоящее время до конца не исчерпаны. В связи с прогрессом и разработкой новых сверх твердых материалов, технологий их обработки, усиления металлов и упрочнение сплавов, новых конструкторских решений бурового инструмента, современных мощных и надежных забойных приводов, автоматизированных управляемых систем, рост производительности процессов бурения не перестает снижаться[9].

2.3 Способ разрушения горных пород при вращательном и вращательно-ударном бурении

В процессе разрушения горных масс не всегда достаточно преодоления сопротивления горной породы, в результате этого было внедрено использование высокочастотных ударных импульсов при вращении бурового инструмента, что позволяет преодолеть это сопротивление, ускорить процесс бурения, сокращает затраченное время и снижает затраты на добычу залежей нефти.

Высокочастотные ударные импульсы создают в специальной гидравлической установке, которая передает импульсы на инструмент через буровую штангу. Процесс бурения с использованием ударных импульсов позволяет добиваться значительных результатов в условиях высоких напряжений и сложных геологических условий, что делает его привлекательным для промышленного использования.

В наше время для бурения горных пластов в вертикальной или наклонно горизонтальной плоскости активно применяют rotary steerable system (RSS) –

в переводе на русский, роторные управляемые системы, сокращенно (РУС), в которых разрушение горной массы осуществляется с использованием вращения долота с бурильной колонной верхним приводом буровой установки или ротором, а также отклоняющие системы, сочетающие применение винтовых забойных гидродвигателей и системы РУС. Данные технологии приходится наиболее совершенными, они можно сказать «превратились в совершенные беспилотные средства дистанционного управления направлением буримых скважин»[10]. «Возможности данных систем поражают, высочайшая точность и оперативность данной системы, способная разрушать горные породы на любом пространстве протяженностью до 13 км непрерывными рейсами, протяженность которых может составлять более 1000м. Современная отклоняющая система представляет собой беспилотный электро-механический агрегат, управляемый дистанционно»[10]. Встречаются даже такие системы, которые питаются за счет автономного источника электроэнергии подобные системы отклонения управляются с поверхности оператором через персональный компьютер. Сигналы в такой системе передаются через электромагнитные излучения, которые проходят через буровой раствор. Телеметрическая система 24/7 ведет и передает на компьютер данные, угловых параметров, глубины бурения, давление. Ниже рассмотрим основные достоинства и недостатки вращательного бурения.

Достоинства:

- увеличение механической скорости проходки и, соответственно, уменьшение времени бурения скважины за счет более равномерной отработки долота и исключение подъема работоспособного долота для изменения геометрии забойного двигателя;
- улучшение очистки скважины от шлама, сокращение времени на промывку перед наращиванием и СПО;

- уменьшаются динамические скачки давления, снижается вероятность гидроразрыва пород;

- улучшается качество ствола с минимальной микрокривизной, отсутствие спиральной выработки за счет постоянного контроля положения режущей поверхности долота, что позволяет провести успешное ее заканчивание;

- позволяет проводить сложные трехмерные профили с большим отходом.

Недостатки:

- необходимость использования верхнего привода;
- высокие требования к очистке бурового раствора, низкому содержанию твердой фазы и материалов для ликвидации поглощений;
- сложность обслуживания на буровой, необходимость привлечения персонала подрядчика;
- внедрение дополнительных датчиков в систему буровой;
- ограничения к расходу бурового раствора и буровым насосам;
- использование специализированных долот.

Ниже рассмотрим породоразрушающие инструменты, способные в результате взаимодействия с горной породой разрушать его.[11]

2.4 Гидромеханическая разработка горных масс с применением гидромониторов и землесосных установок

Гидромеханический метод в своей основе использует воду для переработки грунта. Применение данного метода имеет смысл при больших

нормах работ, необходимости устройства насыпей с минимальной осадкой, при наличии достаточных ресурсов воды и электроэнергии.

Технический процесс гидромеханики включает в себя выемку (отверстие) и превращение грунта в полужидкую массу (шлам) в забое, транспортировку и укладку шлама в сооружение или отвал (намыв).

Гидромеханические методы выемки включают гидромониторинг (размыва грунта струями воды) и дноуглубительные работы (всасывание грунта струями воды) и дноуглубительные работы (всасывание грунта из-под воды). Первый метод используется для выемки грунта на поверхности воды, а второй – на подводной поверхности.

Метод гидромониторинга - мощные струи воды размывают сухой забой и впоследствии транспортируют разжиженный грунт (шлам). Используется для вскрыши (разработка вскрышных пород для свободного доступа к полезным ископаемым при последующей добыче открытым способом) и разработки выемок в песках, суглинках и глинах[15].

Гидромеханическая выемка грунта является наиболее удобным и экономичным методом, так как не требует наличия дорог, железнодорожных путей или транспортных средств. Увлажнение, выравнивание и уплотнение грунта, неизбежное при сухом способе, здесь также не требуется, поскольку работы ведутся с помощью воды. Стоимость земляных работ на 30-40% ниже, чем при выемке грунта буровым инструментом, а производительность в 1,5-2 раза выше. Учитывая стоимость всего цикла земляных работ, затраты на гидромеханизацию в 10-18 раз выше, чем при других методах - в 18 раз[11].

При Разработки грунта гидромониторами основным техническим средством является гидравлический пистолет, со стальным отверстием (50.175 мм). Основным техническим средством является гидравлический пистолет, с соплом (50 ... 175 мм) и стальной трубой с шарнирами, позволяющими поворачивать ствол в вертикальной и горизонтальной плоскости для нанесения

струи воды. Вода подается в водоструйный аппарат по трубопроводу под значительным напором (60-80 м), создавая на выходе из сопла скорость струи 10-35 м/с. Ударное воздействие струи разрушает грунт и образует суспензию. В зависимости от типа грунта и высоты забоя расход воды на 1 м³ вынутаго грунта составляет 3. .15 м³[12].

Разработка грунта может производиться встречным забоем, когда гидромонитор располагается на подошве забоя, и размыв ведут снизу вверх или попутным забоем – с расположением гидромонитора над фронтом забоя и размывом грунта сверху вниз.

2.5 Метод шароструйного разрушения горных пород

Данный метод не нашел своего применения, но имеет положительный экономический эффект, в результате чего ведется множество исследовательских работ на данную тему. Принцип изобретения относится к шарошечно-струйному бурению скважин, которое может быть использовано при бурении разведочных, технических, геотермальных и других скважин в пластах твердых пород.

Известен способ шарошечно-струйного бурения скважин, выбранный в качестве прототипа, при котором с помощью шарошечного бурового инструмента осуществляют серию предварительных циркуляционных спусков над торцевым шаром. При этом расстояние между снарядом и забоем скважины поддерживается за счет возвратно-поступательного движения бурового инструмента, а в процессе бурения инструмент через равные промежутки времени опускается на забой скважины, а затем поднимается на необходимое расстояние[16].

Такой способ приводит к интенсивной деформации бурового долота и шарошки под действием осевых нагрузок при их контакте с забоем скважины.

Согласно изобретению, с помощью датчиков акустических колебаний, установленных в колонне бурильных труб, можно непрерывно регистрировать

акустические сигналы, генерируемые шаром в результате отскока от забоя скважины и удара о долото, и по максимальной амплитуде акустических сигналов определять расстояние между долотом и забоем скважины.

2.1.1 Породоразрушающие инструменты

Буровое долото — специализированный инструмент для бурения скважин. Оборудование создает дробящий или режущий эффект, формируя отверстие нужного диаметра. Конструкция имеет сложное строение. Основным элементом корпуса является ротор со специальной насадкой, который обеспечивает работу механизма. Долота производят на промышленных станках, в качестве сырья используют высококачественную сталь[22].

В корпусе имеются подшипники. Это небольшие элементы дробильного назначения в форме конуса с зубьями. Для изготовления нарезных зубьев используют станки, а сам подшипник выплавляют в печи. Подшипник располагается на лапе долота.

Интенсивное развитие промышленного и разведочного бурения в настоящее время связано с использованием различного оборудования и инструментов. Применение тех или иных технических средств или технологических мероприятий в конкретных геологических условиях, часто резко различающихся по физико-механическим свойствам пород, обуславливает сложность выбора буровых долот. Поэтому при бурении скважин следует строго соблюдать технику бурения и учитывать особенности типа бурового долота. При несоблюдении техники могут возникнуть осложнения в виде разрушений бурового долота, перегреве, смещения осей шарошечных долот, и вследствие этого, быстрое изнашивание инструмента и проведение дополнительных операций по извлечению поврежденного оборудования из скважины[23].

«Срок службы, стойкость, или долговечность, инструмента, его узла или детали зависит от условий применения и режима эксплуатации. С увеличением глубины бурения роль этих параметров растет и применение инструмента, характеризующегося небольшим сроком службы, оказывается экономически невыгодным»[16]

«Один из важнейших, наиболее универсальных параметров, общий для всех видов бурового инструмента — фактический срок его службы. Он обеспечивает возможность оценить практическую ценность конструкции инструмента каждого классификационного подразделения и входит в эксплуатационную характеристику в качестве ее основного компонента. Стойкость, или долговечность, инструмента характеризует работоспособность промышленного изделия» [19].

Главные особенности оборудования:

Основные характеристики оборудования включают:

- Создание глубоких проходов;
- Разрушение грунта;;
- Разравнивание стенок скважин;
- Высокая мощность;
- Эффективность при создании больших тоннелей;
- Надежность и эффективность.

2.1.2 Классификация бурового инструмента по назначению

В зависимости от метода выемки существует несколько типов камнедробильных инструментов:

- Для сплошной выемки. Инструменты используются для работы в одной плоскости.
- Для колонкового бурения: Инструменты, используемые для периферийного гидроразрыва.

- Специальные инструменты. Специальные инструменты выравнивают стенки уже сделанных туннелей и скважин и разбивают пробки из цементного камня.

- При ударном бурении эти устройства используются для постепенной деформации грунта сильными ударами инструмента. Типы долот включают плоские долота, I-образные долота, крестообразные долота и округлые долота. Все типы инструментов предназначены для работы с грунтом различной степени твердости. Диаметр шейки инструмента составляет 112, 140, 165, 188 и 220 мм.

- Для вращающихся сверл инструмент работает за счет вращения сверлильного механизма. Грунт деформируется при вращении ротора на буровой колонне вокруг оси. Этот механизм используется при бурении скважин на воду.

Существует также несколько типов долот, в зависимости от типа буримой породы. Существуют инструменты с алмазными вставками, которые используются для выемки породы средней твердости. Однако можно встретить почвы, чередующиеся между мягкими и твердыми породами. Поэтому инструмент лучше всего подходит для почв средней твердости. При долблении грунта почва растрескивается. Алмазные долота состоят из резцов, которые режут и срезают породу. Эффективность работы зависит от размера используемого алмаза. В зависимости от расположения алмазов инструмент можно разделить на два подтипа - однослойный и многослойный. Существует также классификация инструментов в зависимости от положения механизма: радиальные долота, спиральные долота и ступенчатые долота. Хотя это оборудование имеет отличные эксплуатационные характеристики, оно считается довольно жесткой машиной. Если во время работы элементы ударяются о слишком твердую поверхность земли, оборудование перестает работать. Алмазный элемент может разрушиться или отвалиться. Устройство с роликовым конусом, это устройство оснащено конусным подшипником[14]. Это конический или цилиндрический элемент, действие которого создает

ударный или ударно-скользящий эффект. Последний способ бурения является более эффективным. Скольжение подшипника может дополнительно разрушать грунт. Конусные долота классифицируются в зависимости от характера разрушения породы. Одноконусные долота используются для глубокого бурения, двухконусные - для геологической разведки, трехконусные - для создания нефтяных и газовых скважин, четырехконусные - для более сложных условий. Существуют также такие виды, как лопастные долота. Этот инструмент имеет простую конструкцию. Лопастное долото представляет собой корпус с несколькими лопастями. Они используются для выемки мягкого грунта. Оно характеризуется высокой скоростью и эффективностью. Этот инструмент можно разделить на три типа: однолопастные пикообразные долота, двухлопастные, трехлопастные и трехлопастные резцы-корчеватели и шестилопастные подтипы все типы, кроме однолопастного, используются для выемки рыхлых грунтов[20]. Последние три типа используются для создания нефтяных и газовых скважин благодаря характерному большому диаметру. Буровые долота характеризуются первозданной конструкцией, прочностью, устойчивостью и способностью выдерживать динамические нагрузки. Оборудование имеет монолитный внешний вид с механизмом гидроразрыва, обеспечивающим эффективность бурения. Подходят для твердых пород и не подвержены столкновению с металлическими элементами. Используется для пробивания цементных и бетонных пробок[21]. Это оборудование незаменимо при бурении нефтяных, газовых и водяных скважин. Несмотря на эффективность и высокую производительность, они также имеют ряд недостатков. Долота нельзя использовать для бурения в рыхлых породах. Высокоскоростная проходка также исключена. Инструмент отличается примитивной промывкой, что является еще одним незначительным недостатком. Чтобы избежать износа механизма, для каждого типа инструмента рассчитывается рациональный метод долбления. Формула учитывает скорость, нагрузку и давление насоса скважинной установки. Для правильной работы нагрузка должна составлять не менее 75% от веса колонны.

В противном случае возникнет перегрузка и преждевременный износ. Более низкая нагрузка приводит к снижению скорости проходки.

2.1.3 История развития инструментов для разрушения горного пласта

Стальные долота, также называемые долотами "рыбий хвост" из-за их характерного внешнего вида, использовались для вращательного бурения до 1900 года. Первое трехшарошечное долото с роликовым конусом было запатентовано Говардом Хьюзом в 1909 году, а К.С. Рид в 1916 и 1917 годах усовершенствовал долото с роликовым конусом, добавив сменные двойные диски и четыре вращающихся конуса. Эти первые шаги в эволюции долота вывели вращательное бурение за пределы глубины и срока службы долот со стальными лопастями. С тех пор были внесены усовершенствования в конструкцию конуса и резца. Эти усовершенствования включают приварку твердого металла к стальным зубьям для укрепления резца, использование подшипников качения с шариковым фиксатором для крепления резца, твердосплавных вставок, самосмазывающихся закрытых роликовых подшипников и подшипников скольжения. Природные алмазы впервые были использованы в специальных коронках для колонкового бурения около 1910 года. Это долото бурит скважину через кольцо и извлекает полученный столб породы (керна) в специальную керноприемную трубу для оценки породы. Алмазные буровые коронки для непрерывного бурения забоя скважины существуют с начала 20 века[22]. На основе технологии, разработанной компанией. 'General Electric разработала долото PDC, которое могло пропитывать карбид вольфрама синтетическим алмазом, и первые долота PDC поступили в коммерческое использование в начале 1970-х годов. Форсунки для промывочной жидкости впервые были использованы в 1950-х годах для улучшения очистки долота и скважины и увеличения скорости механического проходческого процесса с помощью мощной струи бурового раствора, направленной в забой скважины для отделения режущего мусора, удерживаемого гидростатическим давлением Твердосплавные наконечники,

представленные в 1951 году, стали большим достижением в области бурения твердых пород. стал большим достижением в бурении твердых пород[23]. При незначительной потере прочности наконечник из карбида вольфрама был более прочным и износостойким, чем лучшие стальные долота, что позволяло бурить более длительные интервалы времени до износа. Впервые режущие рычаги имели больший срок службы, чем подшипники. Однако буровой раствор и твердые частицы пагубно влияли на подшипники, особенно при бурении в сложных условиях. Износостойкость значительно улучшилась с 1994 года благодаря быстрому прогрессу в технологии материалов, но обратная корреляция между ударными и износостойкими характеристиками означала, что необходимо было искать компромиссы. Ударная и износостойкость зависят в основном от размера алмазного зерна и обработки. Более крупные абразивные зерна повышают ударопрочность алмазного элемента, но снижают его износостойкость. Более мелкие абразивные зерна повышают износостойкость, но снижают ударную стойкость. Программа анализа прочности горных пород (RSA) была разработана в 1993 году для выбора долот PDC и недавно была усовершенствована для выбора долот с роликовым конусом. Система RSA может определять твердость породы по прочности на сжатие породы под давлением, что позволяет получить значения, близкие к полученным на месте.

3 Немеханические способы разрушения горных пород

Разрабатываются новые методы бурения, которые не используют специальные инструменты для разрушения породы.

Напряжения в породе также могут быть вызваны давлением струй жидкости, взрывами и расширяющимися газами при взрывах, а также ударами под давлением воды.

Разрушение вызывается внутренними силами, возникающими под действием температурных градиентов в породе из-за струй раскаленного газа, электрических полей и низкочастотных электромагнитных волн в оптическом

диапазоне, создаваемых лазерами. Тепловое воздействие вызывает плавление породы и выделение газов. Соли растворяются водой. В бурении также используются сложные методы гидроразрыва горных пород, например, термомеханический, при котором инструменты для механического бурения нагреваются до температуры, достаточной для пластического размягчения породы в призабойном слое. Интенсификация процесса разрушения в этом случае достигается наложением поля механических напряжений и температурного поля. Нагрев инструментов для гидроразрыва горных пород осуществляется с помощью электричества, пара или различных горелок. Предварительные исследования показали, что скорость бурения при использовании термомеханических методов увеличивается в 2-100 раз по сравнению с механическими методами, хотя значительной корреляции со степенью износа резца не наблюдается [25].

Разработка новых типов инструментов для разрушения горных пород привела к появлению новых принципов и перспектив разрушения горных пород. Все известные методы гидроразрыва имеют недостатки, которые ограничивают эффективность их применения и технико-экономическую целесообразность, особенно при гидроразрыве твердых или очень прочных пород. Эти методы бурения находятся в основном на стадии исследований и разработок.

3.1 Термические способы разрушения горных пород

Термическое дробление горных пород является одной из развивающихся технологий. При термическом бурении горные породы дробятся под воздействием высокотемпературного источника тепла. Эти методы основаны на тепловых свойствах породы, ее теплопроводности, коэффициенте линейного расширения, коэффициенте объемного расширения и теплоотдаче. Также было отмечено, что хрупкие породы с низким коэффициентом Пуассона разрушаются быстрее при меньших удельных затратах энергии, чем породы, в которых преобладает пластическая деформация[26].

Опыт бурения показал, что скорость механического бурения снижается с увеличением твердости породы, в то время как при термообработке наблюдается обратная картина: скорость бурения возрастает с увеличением твердости породы. Это является основной тенденцией в поиске эффективных средств и оборудования для реализации принципа термического воздействия на горные породы[24].

При термическом разрушении в горных породах происходят следующие процессы: тепловое расширение, нарушение кристаллической решетки, полиморфное преобразование силикатизированной породы, химическое преобразование, изменение агрегатного состояния вплоть до плавления, изменение тепловых свойств породы, изменение прочностных свойств.

Твердые среды (порода, бетон, лед) при термобурении разрушаются в режимах хрупкого отслоения и плавления. При хрупком отслоении мелкие твердые частицы (1-20 мм) отделяются от торца разреза, нагретого до температуры 300-600°C. Разрушение происходит под действием термических напряжений из-за неравномерного нагрева поверхностного слоя среды. Режим отслаивания характерен для гранита, песчаника, безминерального и фельзитового кварцита[27].

В режиме плавления нагретая среда гидроразрыва переходит из твердого состояния в жидкое (плавление). В режиме расплавления разрушаются бетон, лед и некоторые горные породы (сланец, базальт и пестроцветные породы). Термическое бурение эффективно только для пород, склонных к хрупкому термическому разрушению. Она определяется сочетанием их физических свойств (тепловых, упругих и прочностных) и называется критерием термобуримости. Скважины обычно бурятся с максимальной линейной скоростью, а минимально допустимый диаметр определяется диаметром термического инструмента. Чистая скорость бурения в хрупких трещиноватых породах составляет от 4 до 25 м/ч.

Совершенствование термического способа разрушения горных пород может быть достигнуто сочетанием различных видов физического и

термического воздействия, повышением термодинамических параметров газовой струи и снижением температуры хрупких обломков.

Конкретные варианты реализации этого принципа многообразны, так как все они зависят от принятой схемы контакта источника тепла с породой. В настоящее время разработаны следующие схемы теплового воздействия на горные породы с целью их разрушения

- Плазменный
- Лазерный
- Взрывной;
- Огнеструйный.
- Термомеханический.

3.2 Плазменный способ

Эта разработка полностью переворачивает теорию бурения с ног на голову - вернее, наоборот.

Основным рабочим механизмом плазменного бурения является электрическая дуга, преобразующая водяной пар в плазму, конечным продуктом которой является чистый конденсат. Горные породы разрушаются под прямым воздействием высоких температур. Таким образом, по мнению автора, решающее отличие плазменного бурения от механического заключается в том, что решающую роль играют тепловые свойства породы (температура плавления, температура кипения, вязкость лавы, теплопроводность), а не механические свойства (твердость, прочность на сжатие и т.д.). И что интересно, некоторые из пород, которые труднее всего поддаются механической выемке (например, базальт, гранит, андезит), наиболее подходят для высокотемпературного гидроразрыва[44].

Поскольку бурение является бесконтактным, нет проблем с износом бурового долота или передачей нагрузки на долото для преодоления трения между бурильной колонной и стенкой скважины. И, конечно же, отсутствует вибрация. Встраивание спектрометра в плазменный забой также позволяет анализировать спектр излучения и быстро определять характеристики породы.

Авторы поясняют, что разработанная ими установка плазменного бурения существенно отличается от типичного промышленного оборудования для плазменной резки. Во-первых, она спроектирована таким образом, чтобы максимально передать температуру электрической дуги в десятки тысяч Кельвинов на поверхность породы и минимально нагреть разделяющие их газовые струи. Другое важное отличие заключается в том, что плазменная КНБК, благодаря спиральной форме дуги, создает относительно однородную большую площадь обработки породы, в отличие от узкой, концентрированной плазменной струи стандартного резака. Наконец, пароплазменные установки также обладают электрогидравлическим эффектом, создавая волны давления, которые способствуют разрушению породы и удалению дезинтегрированного материала[34].

В зависимости от температуры облучения установки, для разрушения породы используется один из трех основных механизмов: дробление, плавление или испарение. Какой механизм предпочтительнее, зависит от тепловых свойств породы, которые анализируются в режиме реального времени с помощью спектроскопии.

Этот метод был опробован на различных типах пород, включая известняк, песчаник, галит и гранит. Например, галит (NaCl) имеет относительно низкую температуру кипения (1686 K), и наиболее эффективным механизмом разрушения плазмы является испарение. Кварцит, с другой стороны, легче разрушить деструктивными методами из-за высоких внутренних напряжений этой породы. Разрушительный эффект в данном случае вызывается импульсами давления с частотой в несколько наносекунд.

Авторы испытали прототип скважинной системы диаметром около 100 мм на полигоне в Словакии.

Помимо основной цели - плазменного бурения - в ходе разработки и совершенствования этой технологии авторы нашли ряд применений, связанных с модификацией растений. Одним из них является резка обсадных

труб при ликвидации тоннелей. Более того, по словам авторов, уже существует список побочных результатов, которые будут изучаться в течение многих лет.

Преимущества разработанной технологии в плане резки металлических труб по сравнению со стандартными плазменными резаками авторы объясняют усовершенствованием конструкции установки. Во-первых, большим сечением плазменной струи, образуемой вращающейся электрической дугой, а во-вторых, плазменным и термохимическим воздействием на металл, которое быстро разрушает материал и удаляет остатки, окруженные водяным паром. В этом процессе участвуют механизмы окисления, плавления и испарения. Однако, как подчеркивают авторы, окисление металла является экзотермическим процессом, что также способствует достижению цели[28]. Окисление включает процессы плавления и испарения, которые происходят при температурах до 3000 К. Ниже на рисунке 1 представлена КНБК с плазморезом на конце.



Рисунок 1 – Прототип скважинного плазменного инструмента

3.3 Разрушение горного пласта с использованием лазера

Механизмы разрушения горных пород лазерными лучами необычны и очень разнообразны, зависят от плотности энергии импульса. При низких плотностях поглощенное оптическое излучение нагревает породу, которая разрушается путем плавления. В других случаях при воздействии мощного лазерного луча порода реагирует по-другому. Это разрушение похоже на электрическое разрушение диэлектрических материалов. После образования узкого канала разрушения генерируется ударная волна.

Поскольку лазерный буровой инструмент не находится в механическом контакте с породой, его износостойкость теоретически неограниченна. Это одно из главных преимуществ лазерного бурения. Твердость породы не имеет значения для лазерного луча (в отличие от всех механических методов бурения). Однако необходимо учитывать твердость отдельных пород и минеральных включений, таких как графит и асбест. Все эти минералы имеют очень низкую микротвердость и считаются породами, которые можно легко извлечь обычным бурением. Сейчас возможно производство газовых лазеров непрерывного действия с мощностью 100 кВт и более. Эффективность газовых лазеров может достигать 20-60%. Одной из основных проблем конкурентоспособности лазерного бурения является высокое потребление энергии при бурении глубоких скважин. Если эта проблема будет решена, то лазерное бурение будет явно превосходить механические методы бурения по многим параметрам[29].

Большая часть исследований по лазерному бурению сосредоточена исключительно на использовании лазеров для испарения породы. Считается, что этот метод имеет различные преимущества перед используемыми в настоящее время методами вращательного бурения, в том числе

- Можно достичь более высокой скорости проходки;
- Установки временных обсадных труб;
- Увеличение срока службы породоразрушающего инструмента;

- меньшая зависимость от таких параметров, как нагрузка на долото, скорость циркуляции раствора, скорость вращения и конструкция долота;

- Лазер является когерентным электромагнитным источником с высокой направленностью, что повышает точность бурения;

- Обеспечивает расширенные возможности управления скважиной;

Основным недостатком лазерного бурения является его высокое энергопотребление. Энергопотребление и эффективность конкретного лазера зависят от выходной мощности и рабочих параметров. Это зависит от типа лазера и от того, насколько хорошо лазер адаптирован к работе. Мощность, необходимая для лазерного бурения, зависит от типа буримой породы, используемого процесса (реактивный/инертный) и желаемой скорости бурения. К недостаткам можно отнести следующее:

- Глубокие отверстия, пробуренные с помощью лазера, в некоторой степени сужаются с глубиной;

- Невозможно просверлить отверстия на точную глубину.

- Скорость сверления зависит от требуемого диаметра;

Технология лазерного бурения имеет потенциал для обеспечения более высокой скорости бурения, а правильно спроектированная лазерная система может сократить время установки и стоимость буровой установки, что приведет к уменьшению объема самого бурения[30].

Разрушение горных пород с помощью лазера - очень сложный процесс, и для реализации внедрения лазеров в реальные системы бурения нефтяных и газовых скважин еще необходимо провести много исследовательских работ.

3.4 Взрывной способ Бурения

Взрывное бурение - это метод бурения с помощью закладки взрывчатых веществ на дно скважины. Этот метод в основном используется для очень твердых пород, которые невозможно разрушить механически, когда другие альтернативы не работают. Взрывное бурение можно разделить на две группы: струйное бурение и ампульное бурение.

При ампульном взрывном бурении специальная ампула, заряженная двумя компонентами (горючим и окислителем) и разделенная перегородкой, подается в скважину через канал в бурильной колонне, достигает дна скважины, детонирует и взрывается при ударе о дно. В результате взрыва порода в забое разрушается[31].

Заполнение, окончательная сборка и отправка ампулы в скважину осуществляется специальным автоматическим оборудованием. Ампула имеет обтекаемый корпус и хвостовик-стабилизатор. Бурильная труба, используемая для взрывных работ, имеет гладкую канавку, позволяющую ампуле плавно проходить через нее. Нижняя часть внутреннего канала бурильной колонны сконструирована таким образом, что при прохождении ампулы через нее происходит сжатие и разрушение перегородки, в результате чего горючий материал и окислитель смешиваются. В результате смешивания образуется взрывчатая смесь. Эта взрывчатая смесь детонирует с помощью запального праймера, который активируется, когда ампула попадает в скважину. Оптимальное расстояние между соплом и забоем скважины составляет 0,2-0,4 м[33].

Разрушенная взрывом порода в основном вымывается буровым раствором и выносится из скважины. Взрывное бурение имеет ряд преимуществ перед другими методами бурения. Например, оно позволяет быстро и эффективно бурить скважины в очень твердых породах. Взрывное бурение также может быть более экономичным, чем механическое, особенно при бурении скважин большого диаметра[32].

Однако у взрывного бурения есть и недостатки. Это то, что это опасный процесс, который требует большой подготовки и надлежащих мер безопасности. Далее будет продемонстрирован рисунок(2) с так называемой взрывной ампулой

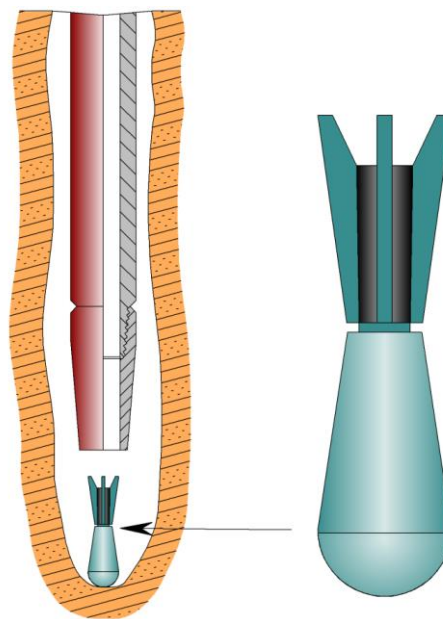


Рисунок 2 – Взрывная ампула

3.5 Огнеструйный метод бурения

Пирокластическая порода образуется, когда высокотемпературная газовая струя из струйной горелки при большом расходе мгновенно нагревает небольшие слои породы на забое скважины, вызывая температурный перепад напряжений, который разбивает породу на мелкие кристаллы из-за неравномерного нагрева, которые выбрасываются из скважины вместе со струей газа. Этот метод подходит для бурения в твердых монолитных породах с высоким содержанием кварца (гранит, песчаник и кварцит). В мягких или неконсолидированных породах каркасный гидроразрыв неэффективен из-за низких напряжений в массиве породы. В настоящее время гидроразрыв этим методом используется редко, но есть случаи, когда выемка грунта может быть проведена только этим методом[35].

На рисунке (3) показан медный струйный факел со стальным кожухом, прикрепленным к трубчатому стержню. Из этого стержня вода подается в рубашку горелки для ее охлаждения; кислород под давлением 15-20 бар и парафин под давлением 8-12 бар поступают в горелку через две трубки, проходящие внутри стержня. Смесь кислорода и мелкодисперсного

парафинового газа вводится в камеру сгорания. Эта смесь сжигается в струйной горелке при давлении 20-40 атмосфер, достигая температуры до 3500°C.

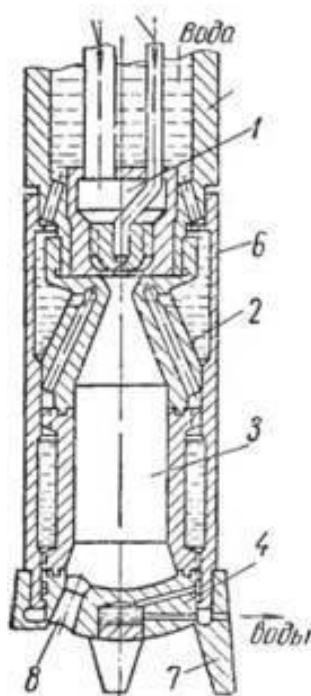


Рисунок 3 – Схема трёхсопловой реактивной горелки: 1 – форсунка; 2 – корпус горелки; 3 – камера сгорания; 4 – головка горелки; 5 – переходник; 6 – кожух; 7 – башмак; 8 – сопло

Термическое бурение было предложено в США в конце 40-х годов и применялось в СССР с середины 50-х годов в основном для бурения шпуров в железорудных карьерах в железосодержащих кремнистых породах. С середины 70-х годов термическое бурение используется в основном для термического расширения (от 250 мм до 500 мм) дна взрывных скважин. Этот метод применялся и в прошлом.

В настоящее время этот метод не используется для бурения нефтяных и газовых скважин.

3.6 Термомеханический способ бурения горных масс

Согласно российскому патенту 2416708 от 09.04.2009, при бурении через твердые породы разрушение осуществляется лазерным лучом,

сфокусированным вокруг забоя скважины, который разрушает породу у поверхностного слоя путем нагрева. Упрочнение происходит за счет тепловых напряжений, вызванных быстрым нагревом поверхности забоя скважины. В патенте РФ 2436926 от 12.02.2010 г. указано, что при бурении твердых пород лазерное излучение, подаваемое на забой скважины по оптоволоконному кабелю, соединяющему вытяжной прибор лазерного излучения и цилиндрическое буровое долото, вызывает слои разрушаются. Кабель устанавливается и крепится к колонковой трубе перед долотом, так что поверхность скважины облучается по периферии при вращении долота. Усиление слоя твердой породы в забое скважины вызывается термическими напряжениями, возникающими в результате быстрого нагрева материала забоя скважины [44].

Этот принцип использует основные механизмы разрушения горных пород, такие как термическое разрушение, испарение, плавление, химические реакции и механические напряжения. Было замечено, что при увеличении интенсивности лазерного луча наблюдаются различные изменения, такие как фазовые изменения в породе, дегидратация глины, выделение газа и термические напряжения.

3.7 Ультразвуковой способ

Ультразвуковое бурение - это метод проникновения в недра и получения высококачественных, недеформированных образцов почвы и горных пород на глубине до 30 метров. Помимо отбора проб грунта, ультразвуковое бурение может использоваться для решения различных экологических, геологических, геотехнических и разведочных задач[35].

Технология высокочастотного резонанса усиливает проникновение бурового долота, позволяя ему врезаться в большинство пластов и извлекать валуны, слои породы и даже глыбы.

Процесс бурения также позволяет брать пробы грунта на глубине, недоступной при использовании других методов.

Ультразвуковое бурение сочетает в себе преимущества вибрации, удара и вращения для извлечения очень прямых, длинных и ненарушенных образцов грунта. С помощью этого метода можно достичь отклонений всего в 0,5 мм через каждые 10 м.

Ультразвуковое бурение очень эффективно и имеет очень высокую скорость проникновения в рыхлый материал. Оно может проникать в коренные породы, железобетон и другие плотные материалы.

Преимущества ультразвукового бурения

Этот вид бурения имеет значительные преимущества перед традиционными методами отбора проб и бурения глубоких пород:

- Неповрежденные, высококачественные образцы почвы и породы могут быть взяты на различной глубине как в сухих, так и во влажных слоях.
- Производительность в три-четыре раза выше, чем при других методах бурения, что снижает затраты на каждую точку бурения и образец керна.
- Более чистое бурение, сокращение отходов до 70%.
- Значительно ниже порог шума.
- Снижение риска срыва проекта из-за непредвиденных геологических обстоятельств на этапе бурения.

3.8 Электроимпульсно-механический способ

Бурение горных пород электроимпульсным методом - это принципиально новый метод гидроразрыва горных пород и бурения скважин диаметром 300 мм и более.

При подаче высокого импульсного напряжения длительностью порядка микросекунд на породу в электроизолирующей жидкости (включая воду) в

породе образуется дорожка электрического разряда. Далее электрическая энергия, накопленная во внешнем высоковольтном генераторе импульсного напряжения (ВИГН), высвобождается в этом разрядном пути в течение периода от 10^{-6} до 10^{-5} секунд. Это приводит к электрическому взрыву в породе. Рабочим органом (инструментом), разрушающим породу, является плазма в разрядном тракте, и ее свойства не меняются с каждым разрядом, **т.е.** она не изнашивается и не стареет[36].

Почти все породы могут быть разрушены электрическими импульсами, кроме тех, которые имеют очень высокую (металлическую) электропроводность.

Преобразование электрической энергии в механическую разрушительную работу происходит непосредственно в породе, без промежуточных этапов преобразования. Разрушение породы происходит путем грубого скалывания. Это обеспечивает высокоэффективное преобразование накопленной энергии в работу гидроразрыва, низкое энергопотребление и высокую производительность гидроразрыва породы на забое скважины.

Особенностью электроимпульсного метода бурения является то, что эффективность проходки значительно возрастает с увеличением диаметра ствола (буровой головки) при условии оптимизации режима бурения.

Электроимпульсный метод бурения позволяет бурить скважины с отбором керна и может быть использован для бурения скважин любой формы. Практическое применение получило бурение скважин с квадратным или овальным сечением. Априори возможно эффективное искривление ствола скважины и бурение нескольких стволов[38].

Метод очистки ствола скважины при электроимпульсном бурении не имеет существенных отличий от традиционных механических методов бурения. На устье скважины устанавливается кондукторная линия.

Циркуляция жидкости обеспечивается насосами. Буровой шлам удаляется той же жидкостью, которая разрушает породу на дне скважины. Буровой шлам либо помещается в отстойник, либо удаляется с помощью циклона. В качестве промывочных жидкостей используются различные растворы на основе нефти. Промышленные и водные растворы также могут быть использованы для бурения.

Бурение горных пород электроимпульсным методом - это принципиально новый метод разрушения горных пород и бурения скважин диаметром 300 мм и более.

При подаче микросекундного импульсного высокого напряжения на породу в электроизолирующей жидкости (включая воду) в породе возникает электрический разряд. Кроме того, между 10^{-6} и 10^{-5} секундами в этом пути разряда высвобождается электрическая энергия, накопленная во внешнем высоковольтном импульсном генераторе напряжения (ВГИН). Это приводит к электрическому взрыву в породе. Рабочим органом (инструментом), разрушающим породу, является плазма в разрядном тракте, и ее свойства не меняются с каждым разрядом, т.е. она не изнашивается и не стареет[39].

Почти все породы могут быть разрушены электрическими импульсами, кроме тех, которые имеют очень высокую (металлическую) электропроводность.

Преобразование электрической энергии в механическую разрушительную работу происходит непосредственно в породе, без промежуточных этапов преобразования. Разрушение породы происходит путем грубого скалывания. Это обеспечивает высокоэффективное преобразование накопленной энергии в работу гидроразрыва, низкое энергопотребление и высокую производительность гидроразрыва породы на забое скважины.

Особенностью электроимпульсного метода бурения является то, что эффективность проходки значительно возрастает с увеличением диаметра ствола (буровой головки) при условии оптимизации режима бурения.

Электроимпульсный метод бурения позволяет бурить скважины с отбором керна и может быть использован для бурения скважин любой формы. Практическое применение получило бурение скважин с квадратным или овальным сечением. Априори возможно эффективное искривление скважин и бурение многоствольных скважин.

Схемы очистки скважин при электроимпульсном бурении существенно не отличаются от традиционных механических методов бурения. На входе в шахту проложены кабелепроводы. Циркуляция жидкости обеспечивается насосами. Буровой шлам удаляется той же жидкостью, которая разрушает породу на дне скважины. Выбуренную породу либо помещают в отстойник, либо удаляют с помощью циклона. В качестве промывочных жидкостей используются различные растворы на нефтяной основе. Техническая вода и растворы на водной основе также могут использоваться для бурения.

3.9 Гидродинамические способы разрушения горных пород

При гидродинамическом бурении горная порода разрушается струями жидкости высокого давления, которые растворяют породу в забое. Эффективность разрушения породы струями высокого давления в основном связана с пределом прочности породы при одноосном сжатии.

В зависимости от воздействия сил на забой различают два способа гидродинамического разрушения породы: -Гидромониторное (эрозия); - абразивно-ударное.

3.10 Гидромониторный способ

При гидравлическом струйном методе разрушение породы происходит из-за нормального давления, создаваемого при контакте высоконапорной струи с забоем в результате гидравлического удара и тангенциальных

напряжений, вызванных радиальным потоком жидкости. Для эрозионного метода также характерно растворение породы в промывочной жидкости. Гидроимпульсный и гидроударный методы эрозии различают также по характеру подачи и мощности струи[40].

Основными преимуществами струйного бурения являются

- простота конструкции породоразрушающего инструмента (ГНБ),
- отсутствие быстроизнашивающихся деталей;
- К преимуществам струйного бурения относятся простота конструкции буровой установки; отсутствие изнашиваемых деталей; отсутствие необходимости в высоких осевых нагрузках.
- Бурение может осуществляться даже при низких скоростях вращения бурового долота (а также при невращательных скоростях).

Однако этот метод очень энергоемкий. Поэтому для эффективного разрушения забоев эрозионным методом необходимы высокие скорости движения жидкости 200-1000 м/с и соизмеримые давления (80-400 МПа и выше). Поэтому для его реализации необходим целый комплекс высоконапорного оборудования (насосы, вертлюги, бурильные трубы, уплотнения и т.д.) [42].

3.11 Химические методы разрушения горных пород

При разрушении горных пород химическими методами используется специальная смесь, называемая термитом. Она выпускается в виде порошка или брикетов. Брикет диаметром 30 мм, высотой 60 мм и весом около 100 г состоит из 95 г основного состава и 5 г зажигательного состава. Основной состав включает алюминиевую пудру, металлическую окалину и бакелитовый лак. Оксид железа должен содержать не менее 25% кислорода и 70% железа, а алюминиевая пудра должна содержать не менее 90% неокисленного алюминия. Воспламенитель содержит нитрат бария в дополнение к

вышеперечисленным компонентам. Порошкообразный термит склонен к растрескиванию при транспортировке, в то время как брикеты термита этого не делают. Поэтому предпочтительнее использовать последний[45].

Разрыв горной породы происходит, когда термит горит на поверхности породы или в скважинах, пробуренных на глубину 0,1-0,4 м, и порода нагревается. Количество термита, расходуемого при гидроразрыве твердых пород, составляет 0,8-1,2 кг на м² вновь образованной поверхности.

Отбор проб термитом можно производить путем засыпания порошка в существующие трещины или путем непрерывного добавления брикетов или порошка и его сжигания.

Температура горения термита, по наблюдениям, достигает 2500-3000°С, при этом выделяется 2300-4600 кДж тепла на кг химического состава. Сухой, хорошо перемешанный термит горит без искр. При горении влажного термита образуются искры, которые могут вызвать ожоги у работников. По этой причине использование термита во влажных или обводненных скважинах строго запрещено. Стоимость разрушения породы с помощью термита на 30-40% ниже, чем стоимость взрывных работ[43].

Преимущество использования термита в том, что по сравнению со взрывными методами работы более безопасны, а отбор проб возможен без всех ограничений Госгортехнадзора, характерных для буровзрывных методов. Экспедиционные группы и экспедиции могут быть обеспечены необходимым количеством термита для отбора проб сырья в полевой сезон, при этом дополнительное оборудование не требуется.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В современных экономических условиях ещё более актуальными стали вопросы, связанные с сокращением затрат на строительство скважин в этом разделе выпускной квалификационной работы, проводится расчет сметной стоимости строительства наклонно-направленной эксплуатационной

скважины, глубиной 2600 м Якутского месторождения, расположенного в республике Саха. Данная скважина была выбрана для расчета, так как она может быть отождествлена со средними значениями основных параметров для скважин Якутии. Расчет сметной стоимости включает расчет стоимости подготовительных и монтажных-демонтажных работ, бурения и крепления скважины, а также ее освоения. Помимо стоимости строительства скважины производится расчет времени на строительство скважины.

4.1 Расчет сметной стоимости подготовительных работ

Подготовительные работы являются первым этапом в цикле строительства скважины и включают в себя: строительство подъездных путей, линий электропередач, линий связи, трубопроводов, кустового основания, бурение скважины на воду и т.д. Стоимость подготовительных работ зависит от площади земельного участка, который необходим для строительства скважины. Данные о размере отводимого участка выбираются согласно СН-462-74 «Нормы отвода земель для сооружения геологоразведочных скважин». На основании площади отводимого земельного участка под строительство скважины определяем стоимость подготовительных работ: валки и трелевки деревьев. Расценку для валки деревьев мягких пород с корнями, диаметром стволов до 16 см принимаем согласно ФЕР 01-02-099-01 [63], а для трелевки древесины – ФЕР 01-02-100-01 [64]. Количество деревьев определяем исходя из густоты леса и рассчитанной площади земельного участка. Коэффициент пересчета принимаем в соответствии с региональными индексами изменения сметной стоимости строительства. Результаты расчета представлены в разделе 4.4.2 в таблице 5.7.

4.2 Расчет сметной стоимости монтажных-демонтажных работ

Следующим этапом в цикле строительства скважины являются строительно-монтажные работы, включающие в себя сборку буровой установки и привышечных сооружений. Расчет сметной стоимости

монтажных-демонтажных работ производился согласно СНиП IV-5-82 Сборник 49, РД 39-0148052-537-87 и ВСН 39-86 [66].

Исходя из того, к какому субъекту РФ относится месторождение, на котором будет производиться строительство скважины в соответствии с частью I разделом I СНиП IV-5-82 Сборник 49 определяем номер района для строительства скважины. Выбранная скважина относится к району 5Б. По части II разделу II вышеуказанного СНиП (Подразделы 1,2) определяем коэффициенты для расчета расценок на подготовительные (монтажные) работы при строительстве нефтяных и газовых скважин: 0,97 для прямых затрат и 0,94 – для основной заработной платы рабочих, также по данному разделу определяем коэффициенты к расценкам на строительство (монтаж) для расчета стоимости разборки (демонтажа) в соответствии с расценками, т.е (к.р. и к.р.з.). Стоимость строительства и основную заработную плату рабочих определяем согласно СНиП IV-5-82 Сборник 49 согласно выбранному району для строительства скважины и соответствующим расценкам на монтажные (демонтажные) работы. Результаты расчетов приведены в разделе 4.4.2 – Сводный сметный расчет в таблице 7.

4.3 Расчет продолжительности строительства скважины

Для расчета продолжительности строительства скважины необходимо произвести стандартный расчет конструкции скважины: количество обсадных колонн, диаметры долот и обсадных колонн, глубины спуска обсадных колонн. Помимо этого, необходимо выбрать оборудование, с помощью которого будет осуществляться строительство скважины (буровая установка, оснастка талевого системы, производительность насосов) и способ бурения под каждую колонну (роторный, с помощью забойного двигателя, комбинированный).

По результатам произведенного расчета была выбрана одноколонная конструкция скважины и были получены следующие данные по обсадным колоннам:

– Направление: диаметр колонны – 323,9 мм, диаметр долота – 393,7 мм, глубина спуска – 40 м.

– Кондуктор: диаметр колонны – 244,5 мм, диаметр долота – 295,3 мм, глубина спуска – 1000 м по вертикали (1018 м по стволу)

– Эксплуатационная колонна: диаметр колонны – 146,1 мм, диаметр долота – 215,9 мм, глубина спуска – 2600 м по вертикали (2650 м по стволу).

На основе выбора оборудования, а также по полученным, в результате расчета конструкции скважины, данным, составляем сводную таблицу с исходными данными для расчета временных затрат на строительство скважины (таблица 2).

Таблица 2 – Данные для расчета продолжительности строительства скважины

Наименование показателей	Величины показателей
Буровая установка (тип)	БУ 3000/200 ЭУК – 1М
Проектная глубина, м	2600
Способ бурения: - под направление - под кондуктор, эксплуатационную колонну	роторный комбинированный забойный двигатель
Конструкция скважины - направление - кондуктор - эксплуатационная колонна	d 323,9 мм на глубину 40м d 244,5 мм на глубину 1018м d 146,1 мм на глубину 2600м
Оснастка талевой системы	5'6
Производительность насосов, л/с	до 1018 – 45, далее до проектной глубины – 30
Утяжеленные бурильные трубы (УБТ)	203 – 24м 178 – 72м 146 – 8м
Бурильные трубы: диаметр, мм длина свечи, м	127 25
Забойный двигатель (тип) - в интервале 0-40 м - в интервале 40-148 м - в интервале 148-1018 м - в интервале 1018-1925 м - в интервале 1925-2600 м	не требуется ТО-240 ЗТСШ1-240 ЗТСШ1-195 Д2-195

Продолжительность строительства скважины формируется из совокупности производственных процессов:

- подготовка к строительству;
- монтажные работы;
- подготовка к бурению;
- бурение и крепление скважины;
- испытание на продуктивность.

Продолжительность строительно-монтажных работ формируется на основе наряда на производство работ. Продолжительность подготовительных работ к бурению и самого процесса бурения рассчитывается при составлении нормативной карты. Основными документами для расчета нормативного времени для сооружения скважины являются «Единые нормы времени на бурение скважин на нефть, газ и другие полезные ископаемые» [68] и «Единые нормы времени на монтаж и демонтаж вышек и оборудования для бурения» [67].

Нормативное время на сборку оснований вышечно-лебедочного блока – 64 часа; на монтаж оборудования и приспособлений вышечного блока – 153,1 часа; на сборку вышки – 305,5 часов; на монтаж бурового, силового оборудования привышечных сооружений – 219,8 часов; на сборку оснований насосного блока – 258 часов; на монтаж буровой установки – 79,6 часов. Суммарное время на строительно-монтажные работы составляет 1080 часов или 45 суток. Норматив времени на подготовительные работы к бурению определяется также по единым нормам и составляет 96 часов или 4 суток.

На следующем этапе производится расчет нормативного времени на механическое бурение. Для дальнейшего расчета необходимо определить нормативное количество долблений, оно рассчитывается как отношение количества метров в интервале бурения к нормативной проходке на долото, при этом результат необходимо округлить в большую сторону до целого числа.

Следующим этапом производился расчет временных затрат на наращивание. Для этого необходимо рассчитать количество труб для каждого интервала, поэтому необходимо определить длину неизменяемой части в процессе бурения (15,5 м для бурения под направления, 70 м для бурения под кондуктор и 12,1 м для бурения под эксплуатационную колонну), а также длину разбуриваемого интервала. В неизменяемую часть входит квадрат (ведущая труба), винтовой забойный двигатель, переводник на долото. Норма времени для наращивания 1 трубы диаметром 127 мм составляет 0,2 часа.

Время на осуществление спуско-подъемных операций определяется как произведение количества свечей (две трубы) и нормативного времени на спуск/подъем одной свечи. Нормативное время на спуск одной свечи составляет 1,1 мин, а на подъем – 1,2 мин, так как оснастка талевой системы 5*6.

Следующим этапом определяется нормативное время на прочие работы: время на смену долота, время на промывку скважины, время на подготовительно-заключительные работы, время на проверку превентора, время на опрессовку бурильных свечей, время на сборку-разборку УБТ. Помимо этого, необходимо определить затраты времени на ремонтные работы, на прием и сдачу вахты, а также время, необходимое для осуществления операций по заканчиванию скважины. В таблице 5.2 представлены результаты расчета временных затрат на строительство скважины.

Таблица 3 – Нормативная продолжительность строительства скважины

	Интервал бурения, м		Время на бурение, сут	Время на заканчивание, сут	Время на прочие работы, сут	Время на ремонтные работы, сут	Время на прием и сдачу вахты, сут	Итого по скважине, сут
	от	до						
Направление	0	40	0,15	0,54	12,67	42,78	0,38	25,47
Кондуктор	40	1018	2,15	1,25				
Эксплуатационная колонна	1018	2950	3,24	2,17				

После определения продолжительности цикла строительства скважины производится расчет показателей скорости бурения (таблица 4).

Таблица 4 – Механическая, рейсовая и коммерческая скорость бурения

Параметр	Результат расчета
Механическая скорость, м/час	22,83
Рейсовая скорость, м/час	12,23
Коммерческая скорость, м/ст.мес.	3475,3

Следующим этапом является составление линейного календарного графика выполнения работ (таблица 5), на основе расчетной продолжительности строительства скважины.

Таблица 5 – Линейный календарный график проведения работ

Вид работ	Продолжительность		Месяцы			
	часов	суток	1	2	3	4
Выскомонтажные работы	1327	55,3				
Бурение скважины	589	24,55				
Испытание скважины	248,4	10,35				

4.4 Расчет сметной стоимости бурения и крепления скважины

В стоимость бурения скважины включается стоимость следующих операций: непосредственно само бурение скважины, крепление, спуск и подъем обсадных труб и ряд других операций. На данном этапе производится расчет сметной стоимости бурения и крепления скважины на основании государственных элементных сметных норм на строительные работы. Результаты расчета стоимости бурения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сметная стоимость бурения скважины

Шифр ресурса	Наименование элемента затрат	Ед. измер.	Расход	Стоимость за ед, руб.	Итого, руб.
ОПЛАТА ТРУДА РАБОЧИХ					
	Затраты труда рабочих-строителей	чел.-ч	451,44	9,62	4342,852 8
	Затраты труда машинистов	чел.-ч	224,05	12,83	2874,561 5
МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ					

21141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	7,23	7,21	52,128
60337	Экскаваторы одноковшовые дизельные на пневмоколесном ходу при работе на других видах строительства 0,25 м³	маш.-ч	3,23	3,23	10,433
70149	Бульдозеры при работе на других видах строительства 79 кВт (108 л.с.)	маш.-ч	2,4	2,4	5,76
100203	Установки и агрегаты буровые на базе автомобилей для роторного бурения скважин на воду глубина бурения до 500 м, грузоподъемность 12,5 т	маш.-ч	132,25	60,31	7975,998
110501	Глиномешалки, 4 м³	маш.-ч	78,94	78,94	6231,524
400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	10,85	10,81	117,289
МАТЕРИАЛЫ					
103-0592	Трубы бурильные из стали группы Д с высаженными внутрь концами и муфты к ним наружный диаметр 89 мм, толщина стенки 7 мм	м	3,1	183,68	569,408
103-9211	Трубы бурильные утяжеленные	м	0,18	0	0
109-9031	Долота трехшарошечные	шт.	3,32	0	0

Шифр ресурса	Наименование элемента затрат	Ед. измер.	Расход	Стоимость за ед., руб.	Итого, руб.
ОПЛАТА ТРУДА РАБОЧИХ					
	Затраты труда рабочих-строителей	чел.-ч	14,49	9,62	139,394
	Затраты труда машинистов	чел.-ч	3,49	14,3	49,907
МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ					
21141	Краны на автомобильном ходу при работе на других видах строительства 10 т	маш.-ч	0,16	111,99	17,918
40202	Агрегаты сварочные передвижные с номинальным сварочным током 250 - 400 А с дизельным двигателем	маш.-ч	1,1	14	15,4
100203	Установки и агрегаты буровые на базе автомобилей для роторного бурения скважин на воду глубина бурения до 500 м, грузоподъемность 12,5 т	маш.-ч	3,33	340	1132,2
400001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,23	87,17	20,049
МАТЕРИАЛЫ					
101-0782	Поковки из квадратных заготовок, масса 1,8 кг	т	0,0003	5989	1,797
101-1518	Электроды диаметром 4 мм Э50А	т	0,0011	11524	12,676
103-9001	Трубы	м	0	0	0
109-9058	Башмаки колонные для обсадных труб	шт.	0	0	0
109-9180	Центраторы пружинные для обсадных труб	шт.	0	0	0

4.4.1 Расчет стоимости освоения скважины

Процесс освоения скважины является неотъемлемой и важной процедурой в процессе строительства скважины, так как от качества выполнения освоения скважины зависит эффективность работы скважины. Сметная стоимость освоения скважины включает в себя стоимость выполнения операций по вторичному вскрытию пласта и вызову притока. Сметная стоимость освоения скважины представлена в разделе 4.4 – Сводный сметный расчет в таблице 6.

4.4.2 Сводный сметный расчет

Смета на строительство скважины является неотъемлемой частью проекта на сооружение скважины, она определяет предельную стоимость выполнения всех операций, которые в совокупности формируют процесс строительства и освоения скважины. При составлении сводного сметного расчета необходимо применить к стоимости выполнения операций следующие коэффициенты:

- 1,4 (нефтяная скважина) для перевода цен из 2004 г. в цены 2022г.;
- 51,69 для перевода цен из 2004 г. в цены 2022 года.

Сводный сметный расчет строительства скважины, включающий подготовительные работы, строительство и разбор вышки, монтаж и демонтаж бурового оборудования, процесс бурения и заканчивания скважины, освоение скважины и ряд других работ и затрат представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Сводный сметный расчет

№ п/п	№ сметных расчетов и др. обосновывающие источники	Наименование работ или затрат	Сметная стоимость выполнения операции в ценах 2022г., руб.	Заработная плата рабочих, руб.
1	2	3	4	5
Часть 1				
		Подготовительные работы к проведению мероприятий по строительству скважины		
1	1.1.	Подготовка площадки (валка, трелевка древесины)	162383,12	15456,58

		ИТОГО по главе 1:	162383,12	15456,58
		ИТОГО по главе 1 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости (К1=1,4, К2=51,69) Кп=72,366:	11751016,86	1118530,86 8
Часть 2				
		Строительство и разборка вышки, привышечных сооружений, монтаж и демонтаж бурового оборудования, монтаж и демонтаж установки для испытания скважины		
2	2.1.	Строительство и монтаж	21695	1603
3	2.1.	Разборка и демонтаж	1690	459
		ИТОГО по главе 2:	23385	2062
		ИТОГО по главе 2 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости:	1692278,91	149218,692
Часть 3				
4	3.1.	Работы по строительству скважины	31237171,00	3320527,23
5	3.2.	Работы по креплению скважины	661663,02	55390,73
		ИТОГО по главе 3:	31898834,02	3375917,96
		ИТОГО по главе 3 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости:	31898834,02	3375917,96
Часть 4				
		Освоение скважины на продуктивность		
6	4.1.	Освоение скважины на продуктивность в эксплуатационной колонне	7363,99	1557,77
		ИТОГО по главе 4:	7363,99	1557,77
		ИТОГО по главе 4 с учетом коэффициента перерасчета сметной стоимости:	532902,5003	112729,583 8

Продолжение таблицы 7

№ п/п	№ сметных расчетов и др. обосновывающие источники	Наименование работ или затрат	Сметная стоимость выполнения операции в ценах 2022 г., руб	Заработная плата рабочих, руб
Часть 5				
		Дополнительные затраты при строительстве скважины в зимнее время		

	пп.6.1., 6.2. (ВСН 39-86) приложение 2 зона к=1	Дополнительные затраты при производстве строительных и монтажных работ в зимнее время		
7		Зимнее удорожание при СМР от суммы 1,6%х1,0*1,08	203057,5714	19328,2134
		ИТОГО по главе 5:	203057,5714	19328,2134
		ИТОГО по частям 1-5	46078089,87	4775725,32
Часть 6				
		Накладные расходы		
8	Пояснительная записка	Накладные расходы на итог прямых затрат по главам 1-5 (20%)	9215617,973	955145,0643
		ИТОГО по частям 1-6	55293707,84	5730870,39
Часть 7				
9	Пояснительная записка	Плановые накопления (8%) на итог прямых затрат по главам 1-5 и главы 6	4423496,627	458469,6309
		ИТОГО по частям 1-7	59717204,47	6189340,02
Часть 8				
		Прочие работы и затраты		
10	Расчет-обоснование ООО "Геосервис"	Затраты на выплату премий, льготы и надбавки за работу в районах, приравненных к районам Крайнего Севера, полевое довольствие - 23,5%	14033543,05	1454494,904
11	П. 9.6. (ВСН 39-86) Пояснительная записка	Лабораторные работы (0,15%) по итогам глав 3 и 4 ССР	48647,60479	5232,971322
		ИТОГО по главе 8	14082190,65	1459727,875
		ИТОГО по частям 1-8	73799395,12	7649067,89
Часть 9				
		Авторский надзор		
12	п. 10 пр. 12 ВСН 39-86	Авторский надзор - 0,2%	147598,7902	
Часть 10				
		Проектные и изыскательные работы		
		Проектные работы, без НДС в ценах 1985 г.		
		ИТОГО по частям 1-10	73946993,91	7649067,89
Часть 11				
13	ВСН 39-86	Резерв средств на непредвиденные работы и затраты - 2%	1478939,878	152981,3578
		Всего с учетом резерва	75425933,79	7802049,25
	Мин. нефт. пром-ти.	Возврат материалов - всего	533017,5623	
		Прочие работы и затраты в текущих ценах		
14	Коммерческое предложение от	Промыслово-геофизические работы	2924576	

	ООО "Геофизсервис"			
15	Локальный сметный расчет	Обустройство скважины	3072737	
		ИТОГО прочих работ и затрат в текущих ценах	5997313	
		ВСЕГО по сводному сметному расчету	81956264,35	7802049,25
		Кроме НДС 18%	14752127,58	
		Всего с НДС	96708391,94	7802049,25

Таким образом, по результатам произведенного расчета, сметная стоимость строительства эксплуатационной наклонно-направленной скважины глубиной 2600 м Якутского месторождения составляет 96,71млн руб.

5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

5.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

При осуществлении трудовой деятельности между работником и работодателем заключается трудовой договор, в котором прописываются обязанности сторон, ответственность, а также права работника. Документом, определяющим трудовые отношения между работником и работодателем, является трудовой кодекс.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, N 197-ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Работа буровой бригады выполняется стоя, рабочие места необходимо оборудовать в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» [55].

Исключение составляют работы на буровых установках, оборудованных автоматизированным оборудованием, где место работы бурильщика оборудовано сиденьем. В таком случае рабочее место бурильщика должно оборудоваться в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда

(ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [55].

5.1.1 Производственная безопасность

5.1.2 Анализ вредных производственных факторов, обоснование мероприятий по защите персонала от их воздействия

В соответствии с действующими законами, постановлениями и положениями на месторождениях реализуются основные организационно-технические и технологические мероприятия, обеспечивающие безопасность жизнедеятельности, охрану недр и окружающей среды от возможных вредных воздействий, связанных с дальнейшей эксплуатацией месторождения.

Данные мероприятия предусматриваются:

— в лицензии на использование недр;

- в рабочих проектах на строительство скважин;
- в перспективных и годовых планах по охране окружающей среды производственных объединений и предприятий.

Основные возможные источники опасных и вредных факторов, характерных для бурения скважины, представлены в приложении Д, в таблице Д.1.

5.1.3 Анализ показателей климата и метеоусловий на открытом воздухе

Работы, связанные со строительством скважин, часто осуществляются на открытых площадках или в неотапливаемых помещениях. Температура воздуха и скорость ветра рабочей зоны, а также фактор их совместного воздействия оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека и его работоспособность.

В большинстве регионов проведения буровых работ на территории Российской Федерации климат резко континентальный, поэтому согласно МР 2.2.7.2129-06 [49] можно определить допустимую продолжительность (ч) однократного пребывания и число перерывов для обогрева в смену на открытой территории для данного климатического региона в холодное время. Режимы труда и отдыха в холодное время года представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Режимы труда и отдыха в холодное время года

Температура воздуха, °С	Продолжительность пребывания на открытом воздухе, ч	Число перерывов для обогрева в смену
-30	3,4	6
-35	2,0	9
-40	1,4	9

К коллективным средствам защиты относится укрытие рабочей площадки, к средствам индивидуальной защиты в зимний период – комплект СИЗ X с теплоизоляцией (спецодежда, обувь, рукавицы, головной убор). При температуре ниже -40°C предусматривается защита лица и верхних дыхательных путей.

В летний период времени при проведении полевых работ и длительном пребывании человека на открытом воздухе существует большая вероятность получения солнечного удара. С целью профилактики перегревания организуют рациональный режим труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом. К средствам индивидуальной защиты в летний период относятся головные уборы.

5.1.4 Повышенный уровень шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источником шума при бурении скважин и на месте строительства трубопровода являются машины для производства земляных работ: буровая установка, бульдозер, экскаватор, вспомогательное оборудование.

Шум приводит к необратимым изменениям в органах слуха человека, увеличивает утомляемость, отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии. Предельные допустимые значения шума регламентируются ГОСТ 12.1.00383 [54]. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Допустимый уровень звукового давления и эквивалентного уровня звука

Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
		3	5	0	0	0	0	0	0	

										уровни звука, дБА
Уровни звука и эквивалентные уровни звуча, дБА	10 8	9 5	87	82	78	75	73	71	69	80

Уровень шума при работе буровой установки, а также вспомогательного оборудования обычно колеблется в диапазоне 95 до 114 дБ. В связи с этим для борьбы с шумом включают следующие мероприятия:

- использование средств и методов коллективной защиты;
- использование средств индивидуальной защиты (противошумные наушники, шлемы и каски).

5.1.5 Повышенный уровень вибрации

Источниками вибрации бурения являются: механизмы, машины, механизированный инструмент. В основе шума и вибрации лежит одно физическое явление - механические колебания, создаваемые при работе машин и механизмов из-за неуравновешенности вращающихся частей, трения и соударения деталей.

Длительное воздействие вибрации является раздражителем общебиологического действия, вызывающим общее заболевание организма человека и оказывающим влияние на периферическую и центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему и опорно-двигательный аппарат. Тяжелые и необратимые изменения, вызванные длительным воздействием вибраций, превышающих допустимые уровни, являются признаком виброболезни, тяжелые формы которой ведут к частичной или полной потере трудоспособности.

5.1.6 Повышенная загазованность воздуха рабочей среды

Для соблюдения требований ГОСТ 12.1005-88 [Error! Reference source not found.] содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно

превышать предельно-допустимых концентраций (ПДК), указанных в таблице 10 [53].

Таблица 10 – ПДК вредных примесей в воздухе в рабочей зоне.

Наименование вещества	Величина ПДК _{рз} , мг/м ³	Наименование вещества	Величина ПДК _{рз} , мг/м ³
Выхлопные газы, в т.ч. содержащие: – Углеводороды – Диоксид серы – Диоксид углерода	-	Пары нефти, бензина	10
	100	Сероводород	3
	10	Оксиды серы	10
	9000	Меркаптаны	0,8

Мероприятия по устранению вредного воздействия включают в себя использование коллективных средств защиты (вентиляция) в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-91 [49]. При приготовлении бурового раствора необходимо использовать СИЗ (респираторы, очки и рукавицы) в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ [53].

5.1.7 Недостаточная освещённость

Нормы освещенности на буровой установке регулируются утвержденным приказом от 12.03.2013 г. №101 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности"» (далее ПБНГП) и приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Требования к освещению производственного объекта.

Пространство	Освещенность, лк	Пространство	Освещенность, лк
--------------	------------------	--------------	------------------

Роторный стол	100	Лестницы, марши, сходы, приемный мост	10
Превенторная установка	75	Аварийное освещение для продолжения работ	2
Путь движения талевого блока	30	Аварийное освещение для эвакуации людей	0,5

Освещение постоянно во времени, без пульсации, имеет спектр, близкий к естественному. В целях предотвращения негативного воздействия недостаточной освещенности на рабочем месте следует обеспечить своевременный контроль и замену неработающих ламп.

Недостаточная освещенность рабочего места является причинами: снижения продолжительности работы, повышенного утомления, развития близорукости.

5.1.8 Повреждения в результате контакта с живыми организмами

Наибольшую опасность на объекте представляют насекомые, как переносчики инфекционных заболеваний. К применению СИЗ относят использование специальной защитной одежды и репеллентных средств; к коллективным средствам защиты относятся оборудование и препараты для дезинсекции. Мероприятия проводятся в соответствии с Р 3.5.2.2487-09 [11].

5.1.9 Физические и нервно-психические перегрузки

Так как скважины могут иметь разную протяженность персоналу длительное время необходимо выполнять повседневную работу чему сопутствует тяжелый и напряженный физический труд. Физические и нервно-физические перегрузки влияют на самочувствие работника и могут привести к развитию разнообразных заболеваний.

5.2.1 Анализ опасных производственных факторов, обоснование мероприятий по их устранении.

Опасный производственный фактор - фактор способный стать причиной острого заболевания, резкого ухудшения здоровья или летального исхода.

При ведении буровых работ имеют место следующие опасные производственные факторы:

- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования;
- электрический ток;
- расположение рабочего места на значительной высоте, падение предметов с высоты;
- пожаровзрывоопасность.

5.2.2 Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования

Буровая установка и вспомогательное оборудование при бурении и строительстве скважин, могут являться причиной травмирования работников. Причем эти повреждения могут быть довольно серьезными для человека и могут привести к тяжелым телесным повреждениям и даже летальному исходу, а также материальным потерям.

Превентивные меры:

- монтаж ограждений по периметру работающего оборудования;
- применение работниками средств индивидуальной защиты;
- применение оборудования и установок, которые находятся в списке реестра используемых устройств организации. Движущиеся машины и механизмы как опасный фактор представлены в ГОСТ 12.0.003-74 [56].

Также множество несчастных случаев на производстве случается при производстве погрузочно-разгрузочных работ. Так как на буровой установке имеется кран-манипулятор для установки/снятия буровых труб с направляющей рамы. При выполнении погрузочно-разгрузочных работ запрещается: - стоять под стрелой во время поднятия и перемещения грузов; - поправлять стропы с поднятым грузом.

Во время выполнения работ по подъему, перемещению и укладке грузов следует следовать следующим правилам:

- работникам, не занятым данной работой, запрещено находиться в зоне выполнения такелажных работ;
- до подъема груз необходимо сначала поднять на высоту 20 - 30 см, чтобы убедиться в надежности строповки;
- недопустимо производить расстроповку груза, не удостоверившись в надежности закрепления груза в штабеле или на средстве передвижения.

5.2.3 Электрический ток

При работе на буровой установке высока вероятность повреждения персонала электрическим током, в частности во время бурения скважин методом горизонтально направленного бурения. Безопасным напряжением для человека считается напряжение равное 12 В [54].

Основными источниками являются силовые шкафы, установленные на буровой установке, цепи управления вспомогательным оборудованием (насосная установка, контролирующая аппаратура). Некоторое вспомогательное оборудование требует высокой мощности, поэтому к нему подведено линейное напряжение 380 Вольт, данное напряжения опасно для жизни обслуживающего персонала [54].

Требования, предъявляемые к электробезопасности к электрическому и электронному оборудованию до 1000 В и номинальными частотами до 200 Гц

изложены в ГОСТ 27487–87 «Электрооборудование производственных машин» [51].

Класс защиты от поражения электрическим током: 01 – Имеется только рабочая изоляция. Дополнительная изоляция металлических нетоковедущих частей не предусмотрена. Заземление металлических нетоковедущих частей обеспечивается присоединением специального провода к контуру заземления или непосредственным механическим контактом электрооборудования и контура заземления.

Защита от электрического тока подразделяется на коллективную и индивидуальную:

Коллективная защита включает:

- использование различных плакатов, знаков предупреждения персонала об опасности поражения электрическим током;
- изоляцию открытых зон токоведущих частей устройств и оборудования;
- использование заземления в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 [52].

Индивидуальная защита включает:

- использование работниками средств индивидуальной защиты (диэлектрические боты, перчатки);
- применение диэлектрических ковров при работах, которые связаны с монтажом, ремонтом, обслуживанием электроустановок и оборудования.

Производственные помещения буровой установки относятся к опасным и особо опасным помещениям в отношении опасности поражения электрическим током, так как помещения характеризуются наличием в них: сырости, токопроводящих полов и химически активной среды.

5.2.4 Расположение рабочего места на значительной высоте, падение предметов с высоты.

Работы непосредственно на буровой установке ведутся на определенном расстоянии от земли, которое зависит от применяемой установки. Падение работников недопустимо. Для этого необходимо проводить ряд мероприятий:

- работы, проводимые на высоте, проводятся с применением страховочного троса;
- в соответствии с «Правилами безопасности нефтяной и газовой промышленности» рабочее место верхового оборудовано ограждениями высотой не менее 1 м.

Буровая вышка обеспечена маршевыми лестницами (угол падения их не более 60°, ширина 0,7 м). Пол сделан из рифленого металла, исключающего возможность скольжения [56].

Также, падение предметов является причиной множества потенциальных и фактических случаев со смертельным исходом, травм, ущерба имущества и потери целостности оборудования.

Предупреждение травматизма, связанного с падением предметов с высоты, достигается выполнением следующих мероприятий:

1. При эксплуатации грузоподъемных механизмов использование блокировок;
2. Лестницы на буровой имеют уклон не более 60°, с высотой перил 1 метр.
3. Использование средств индивидуальной защиты (каска, сапоги с металлическим подноском, защитные очки) [56].
4. Снижение до минимума количества одновременных работ на разных высотах, при невозможности обеспечения данного условия — обязательно оповестить старшего смены.
5. Недопущение захламления рабочего пространства.

6. Страховка ручного инструмента и любого подвесного оборудования.

5.2.5 Пожаровзрывоопасность

При бурении скважин существуют риск пожаровзрывообразования. Особенно высока эта вероятность при проведении огневых и газоопасных работ. При сварке, образовании искр, нагреве материалов до высоких температур возможно возгорание горючих материалов, находящихся в зоне проведения работ, или возгорание газовой смеси при проведении газоопасных работ.

Основными факторами, увеличивающими риск пожаровзрывообразования, являются:

- нарушение технологии производства работ;
- отступление от проектного решения;
- умышленное повреждение оборудования и установок;
- нарушение правил пожарной безопасности и безопасности труда;
- террористический акт.

В целях предотвращения пожара на буровой установке, которые чаще всего возникают посредством ГНВП, проводятся следующие мероприятия:

- запрет на расположение электропроводки в местах возможного повреждения и хранение ГСМ ближе 20 метров от установки;
- отведение специальных мест для курения и разведения огня;
- установка защитного заземления для исключения возможного возгорания от статического электричества;
- оснащение буровой установки молниезащитой для предупреждения возгорания от удара молнии;

– оборудование буровой средствами пожарными щитами согласно ПП РФ от 21.03.2017 г №316 «О противопожарном режиме».

В целях предотвращения взрыва на буровой установке проводятся следующие мероприятия:

- исключение наличия источников возгорания;
- испытание сосудов, работающих под давлением, на давление, превышающее рабочее в полтора раза (согласно ПБНГП);
- установка контрольно-измерительных приборов (манометры и датчики), защитной аппаратуры и табличек;
- исключение вероятности достижения НПВ газами, поступающими из скважины, либо парами взрывоопасных веществ.

Нормы НПВ определяются согласно ГОСТ 12.1.044-84 ССБТ [59]:

- природный газ – не более 4% по объему;
- пары нефти, бензина – не более 1,25% по объему;
- сероводород – не более 4,3% по объему.

Меры по предотвращению достижения НПВ ограничиваются вентиляцией закрытых помещений, хранением нефтепродуктов в закрытой таре, и применением искробезопасного инструмента.

Категория пожаровзрывоопасности помещения и кустовой площадки согласно техническому регламенту: повышенная взрывопожароопасность (АН); класс пожароопасности –П–П.

На внешней стороне пожарного шкафа, на пожарном щите и соответственно на стенде должен быть указан порядковый номер и номер телефона ближайшей пожарной части. Пожарный инвентарь необходимо размещать на видных местах, иметь свободный доступ к ним и не препятствовать эвакуации во время пожара.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния процесса строительства скважины на окружающую среду

Результаты анализа вредных воздействий на окружающую среду и природоохранные мероприятия для устранения воздействий представлены в таблице Е. 1 приложения Е.

5.3.2 Обоснование решений по обеспечению экологической безопасности

С целью уменьшения объема подлежащего утилизации бурового раствора, предусмотрена четырехступенчатая система очистки от шлама.

При бурении скважин для сбора шлама и жидких отходов бурения и освоения скважины на кустовой площадке имеется шламовый амбар. Требования к сооружению амбаров регламентированы РД 51-1-96.

Сроки проведения этапа ликвидации отходов и рекультивации определяются органами, предоставившими землю и давшими разрешение на проведение работ, связанных с нарушением почвенного покрова, на основе соответствующих проектных материалов и календарных планов, согласно ПП РФ от 23.02.1994 №140.

Для обеспечения охраны недр и подземных вод настоящим проектом предусматривается строительство скважин в соответствии с действующими требованиями технологии бурения, крепления и испытания скважин в соответствии с ВРД 39-1.13-057-2002.

5.4.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.2 Анализ возможных ЧС, возникающих при строительстве скважин

Наиболее вероятным ЧС техногенного характера является ГНВП, возникающее при строительстве скважины при несоблюдении порядка проведения работ согласно ПБНГП. ГНВП опасно переходом в открытое

фонтанирование, которое чревато негативными последствиями, в том числе опасность для жизни и здоровья.

Причинами возникновения ГНВП в первую очередь принято считать нарушения трудовой и технологической дисциплины, халатность и некомпетентность. С технической точки зрения основной причиной возникновения ГНВП является внезапное или постепенное снижение противодавления на продуктивный пласт, создаваемого весом столба бурового раствора в скважине, ниже величины пластового давления.

5.4.3 Обоснование мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС

Мероприятия по предупреждению ГНВП включают в себя проведение работ согласно ПБНГП [106]. При появлении признаков поступления пластового флюида в скважину подается сигнал «Выброс». При этом буровая вахта обязана загерметизировать канал буровых труб, устье скважины, информировать об этом руководство бурового предприятия и действовать в соответствии с планом ликвидации аварий согласно пункту 5 РД 08-254-98 [49].

Заключение

В выпускной квалификационной работе магистра была поставлена цель – проанализировать виды и области разрушения горных пород при бурении скважин, произвести обзор современных и ранее использованных пород разрушающих инструментов, изучить историю развития буровых инструментов и способов их применения.

Для достижения поставленных целей, была рассмотрена хронология развития бурения, начиная с истоков, заканчивая нашим временем. Так же, мы проанализировали различные методы по разрушению горных пород, начиная с тех, что обширно используются на буровых, заканчивая теми, что интересны как предложения, но требуют еще механической, автоматической

и технологической доработки, для дальнейшего внедрения. В процессе рассмотрения современных методов бурения были выделены положительные, так и отрицательные качества различных методов разрушения горных масс, а так же проведен анализ, какие методы разрушения горных масс, более совместимы с теми или иными горно-геологическими породами. Рассмотрели физико-механические свойства горных пород, такие как прочность, твердость, упругость и разобрались в классификациях по устойчивости горных пород к механическим нагрузкам.

Подводя итоги, можно сказать, что есть множество современных решений, таких как лазерное, плазменное или электроимпульсное бурение, которые в будущем перевернут область разрушения горных пород, но в ходе изучения многочисленного количества информации связанной с разрушением горного пласта, был сделан вывод, что на текущий момент времени основная часть бурения приходится на механическое разрушение горного пласта.

Список литературы

1. Прозоровский Д.Н. Старинное описание солеваренного снаряда / Известия Императорского археологического общества, 1868. Т. 6. Вып. 3.
2. Краснов А.Ф. Истоки бурения/ А.Ф. Краснов, К.А Иванов – Бурение ; 2009. – 73с.
3. Басарыгин Ю.М. Большой справочник инженера нефтегазодобычи/ Бурение и заканчивание скважин. Профессия – М., 2009. – 211с.
4. Бурение и геофизические исследования скважин. Учебное пособие; Лань - М., 2018. - 707 с.
5. Аманат Чодри Гидродинамические исследования нефтяных скважин; Премиум Инжиниринг - М., 2011. - 380 с.
6. Булатов А. И. Детективная биография герметичности крепи нефтяных и газовых скважин; Просвещение-Юг - М., 2009. - 936 с.

7. Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин; Академия - М., 2011. - 352 с.
8. Вадецкий Ю. В. Бурение нефтяных и газовых скважин; Академия - М., 2013. - 352 с.
9. Ежов И.В. Бурение наклонно направленных и горизонтальных скважин. Учебное пособие; Феникс - М., 2017. - 484 с.
10. Нескоромных В. В. Бурение скважин. Учебное пособие; Инфра-М, Сибирский федеральный университет СФУ - М., 2015. - 352 с.
11. Храменков В.Г. Автоматизация управления технологическими процессами бурения нефтегазовых скважин. Учебное пособие для академического бакалавриата; Юрайт - М., 2016. - 958 с.
12. Нескоромных В.В. Бурение скважин: Учебное пособие. Гриф МО РФ; ИНФРА-М - М., 2018. - 511 с
13. K.Arnold, M.Stewart. Surface production operations; 2009 – 122 с.
14. Keremit E. Brown P. The technology of artificial lift methods; 2017 – 37 с .
15. Havard D. Oil and gas production handbook; 2006 – 99 с.
16. Graves R.M, Reed C.B. chisel bit and drilling; 2011 – 101 с.
17. Poniwala S, Gahan R.A. Drilling of oil and gas; 2008 – 55 с.
18. Ken. B, Naimal C. Direction drilling; 2018 – 12 с.
19. Poprawe R, Schulz W, Schimitt R; Perspectives of laser cutting and drilling; 2010 – 1-20 с.
20. Васильев. М, Журба В. Лазерное бурение тонких глубоких отверстий. 2019 – 13 с .
21. Калинин А.Г. Бурение наклонных и горизонтальных скважин; 129 – с.
22. Музапаров М.Ж. Роторное бурение; 2005 – 86 с.
23. Акопьян Р.З. Использование закономерностей естественного искривления скажин при направленном бурении; 2004 – 21 с.

24. Нескромных В.В Направленное бурение. Бурение горизонтальных скважин; 2020 – 410 с.
25. Федоров Б.В, Зарубеков С.А. Горные породы на забое скважины; 2015 – 292 с.
26. Karcashidze G.F, Task book on the destruction of rocks; 2015 – 826 с
27. Кашников Ю.А, Механика горных пород при разработки месторождений; 2016 – 400 с.
28. Drof M, Классификация горных пород; 2018 – 561 с.
29. Лавров А.В. Методика оценки вида напряженного состояния, направлений и величины главных напряжений в массиве горных пород на основе эффектов памяти; Горная книга; 2018 – 500 с.
30. Литвинский Г.А. Theory of rock strength; 2016 – 204 с.
31. Пономарев А.И. Метод химического анализа горных пород; 2015 – 113 с.
32. Джесси Рассел; подземные выработки; 2019 – 15 с.
33. Ляпцев С. Разделение горных пород по упорно-фрикционным свойствам
34. Тонконогов М.П. Диэлектрическая релаксация электрический пробой и разрушение горных пород; Тонкологов-Москва; Огни, 2016 – 176 с.
35. Стафеев К.Г. История горного дела и геология в России; Итар-Тасс, 2016 – 164 с.
36. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: учеб. для нач. проф. образования. М.: Академия, 2003. 352 с.
37. Кудинов В.И. Основы нефтегазопромыслового дела: Учебник для вузов. – Москва – Ижевск, Институт компьютерных исследований, УдГУ, 2011.- 728 с.
38. Байбаков Н.К., Байков Н.М., Басниев К.С., Черняев В.Д., Халимов Э.М., Кузнецов О.Л. и др. Вчера, сегодня, завтра нефтяной и газовой промышленности России. М.: ИГ и РГИ, 1995.

39. Лысенко В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Эффективные методы - М.: ООО "Недро-Бизнесцентр", 2009. - 552 с.
40. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учебник для студентов Т 38 вузов. — В 5 т. Т. 1 / под общ. ред. В. П. Овчинникова. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 568 с.
41. Дмитриев А.Ю. Основы технологии бурения скважин: учебное пособие. — Томск: Изд-во. ТПУ, 2008. — 216 с.
42. Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Туркин В.Я. Вибрационные дробилки. — Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2004.
43. Основы технологии бурения скважин: учебное пособие. — Томск: Изд-во: ТПУ, 2008. — 216 с.
44. Патент РФ 2416708 от 09.04.2009 г. «Устройство для бурения твердых горных пород снабжено электродвигателем, колонковой трубой с буровой цилиндрической коронкой, армированной термостойкими резцами, лазерным устройством, закрепленным с валом электродвигателя через вращающуюся часть токосъемника, стекловолоконным кабелем, связывающим лазерное устройство с лазером».
45. В.И. Брылин. Бурение скважин специального назначения: Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2006. - 255 с. (С.119-142).
46. Matus Gajdos, Igor Kocis, Tomas Kristofic, Ivan Kocis, Marek Gebura and Roy Baria: Recent Achievements in Development and Testing of Innovative PlasmaBased Drillingm, 2020.
47. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация
48. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
49. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы.

50. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
51. ГОСТ 12.1.012-2004. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность.
52. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
53. ГОСТ 12.3.009-76 ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности.
54. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
55. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
56. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Обозначение.
57. ПП РФ от 21.03.2017 г №316 О противопожарном режиме.
58. РД 51-1-96 Требования к сооружению амбаров.
59. РД 51-1-96 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на суше на месторождениях углеводородов поликомпонентного состава, в том числе сероводородсодержащих.
60. Барышникова Н.А. Экономика предприятия: учебное пособие для СПО и прикладного бакалавриата / Н. А. Барышникова, Т. А. Матеуш, М. Г.
61. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ
62. Налоговый кодекс Российской Федерации ФЗ №67 от 24.07.2009 в ред. от 26.03.2022

63. ФЕР 01-02-099-01 Валка деревьев мягких пород с корня, диаметр стволов: до 16 см
64. ФЕР 01-02-100-01 Трелевка древесины на расстояние до 300 м тракторами мощностью: 59 кВт (80 л.с.), диаметр стволов до 20 см
65. Приказ МПР России от 21.03.2007 N 61 "Об утверждении Методических рекомендаций по проектированию разработки нефтяных и газонефтяных месторождений»
66. РД 39-01/06-0001-89 Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса в нефтяной промышленности.
67. СНиП IV-5-82 Сборник 49. Скважины на нефть и газ. Часть I и II
68. Приказ Минэнерго России №204 от 08.07.2002 об утверждении «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ).
69. S. Pooniwala, SPE Eastern Regional Meeting, Canton, Ohio, U.S.A., 2006
70. SPE 173016-MS "Utilization of Electrical Plasma for Hard Rock Drilling and Casing Milling
71. Groundbreaking inventions that revolutionized the petroleum industry.
72. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.bakerhughes.com/company/about/history> (дата обращения 25.05.2023).

Приложение I

Types and areas of rock destruction during well drilling

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ13	Журавлев Даниил Алексеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Минаев Константин Мадестович	К.х.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Айкина Татьяна Юрьевна	К.ф.н.		

Introduction

Currently, the world is developing rapidly, there are many modern technologies, without them our world is no longer conceivable. So, from year to year we see a lot of new products in drilling, drilling rigs are becoming more and more automated every year, less and less human effort is required and more and more functions and tasks are performed by smart automated intelligence. Rapidly developing progress has led to investigating new methods of destruction of solids based on automated and mechanized principles.

Every year, new fields are developed all over the planet, more modern and improved methods of drilling and rock destruction are used. As a result, the depth and length of footage increases, hard-to-reach oil fields are extracted in harsh climatic conditions. A new breed of rock destruction tools is being introduced everywhere, which increase the speed and quality of the footage and at the same time maintain a low cost of work.

In this paper, we will analyze the features of rock destruction, consider various types of rock destruction in the field, analyze the advantages and disadvantages of currently popular methods for destruction. In particular, we will pay attention to the rotary drilling method, consider its variations and additions, highlight the disadvantages and advantages, and also focus on new options for rock destruction.

Classifications of rock destruction at the bottom

At the moment, such methods of rock destruction as mechanical (this is destruction using a tool) and physical (fire and explosive), chemical (gasification, dissolution, leaching) are known. There are two main methods: rotary and percussion drilling.

When using percussion drilling, the rock body is destroyed as a result of blows with a drilling head, commonly called a bit. During rotary drilling, the rock

at the bottom is cut and abraded somewhere at the face with a special cutting and crushing bit or drill shot, or a diamond tip, or cutters of the bits.

There are two types of percussion drilling: rope and rod drilling. In the case of percussion, the drill bits are lowered into the well and they are actuated by a rope (cable), in the second case – by metal rods. Rod percussion drilling can be carried out with or without flushing of the well bottom. The destruction of the rock during percussion drilling is carried out on the full cross-section of the well - a continuous bottom[72].

Rotary drilling, in turn, is divided into rotary (rotary) drilling, usually used in cases where the well can be passed by a longwall, and core drilling, in which the destruction of rock at the bottom is carried out along the ring using a hollow cylinder-crown. An undestroyed column remains inside the crown – a core or a column of rock, hence this type of drilling was called core drilling. For the destruction of rocks during rotary drilling, diamonds, hard alloys and drilling steel or cast iron shot are used.

The rotation of the drill bit can be carried out with the help of an engine located on the surface, through drill pipes-rods, or with the help of an engine located at the bottom directly behind the drill bit, the engine is lowered to the bottom on pipes, and sometimes on a rope.

Mechanical methods of rock destruction

Rotary drilling

In the rotary method, the well is drilled with a rotating bit against which a downward force is applied. The bit is attached to and rotated by a drill string consisting of high-quality drill pipe and drill collars, with new sections or connections being added as it is drilled. The cuttings are lifted out of the well by drilling fluid that is continuously circulated down within the drill string through streams or nozzles in the bit and up in the annulus between the drill pipe and the

wellbore. At the surface, the returning fluid (mud) is drained through a series of tanks or pits that provide a sufficient period of rest to allow cuttings to be separated and any necessary treatment to be carried out. At present, the following types of rotary drilling are widely used in our country: with direct flushing with mud and water (combined), with reverse flushing with water, with compressed air blowing, auger[71].

Rotary drilling with direct washing with clay mud has the following advantages:

1. high mechanical and commercial drilling speeds;
2. the possibility of rock drilling of different hardness at different depths;
3. small metal consumption of the structure.

However, it has some disadvantages:

1. when using mud, there is a difficulty in high-quality testing of aquifers and their development, which leads to a decrease in the flow rate of the well, requires long and complex work on its mudding;
2. the need to supply installations with water and high-quality mud;
3. difficulties of drilling in rocks containing boulder-pebble inclusions that absorb flushing liquid;
4. difficulties in organizing work in winter at low temperatures.

Turbine drilling

Turbine drilling of wells is a type of rotary drilling, where the rock-cutting tool is rotated by a drillpipe – a hydraulic downhole motor. It is used for composite materials of a hard and superhard nature. Turbodrill is selected depending on the type of well drilling:

- with increased fluid rate;

- with suppression of the vibration of the bit;
- with a large supply of torque.

The advantages of this drilling method include:

1. increased footage rate;
2. the development of inclined wells is similar to vertical wells;
3. improved efficiency;
4. increased durability.

The disadvantages of turbine drilling include:

1. high sensitivity to soft rocks (viscous) ;
2. the wellbore is strongly developed;
3. rapid wear and tear.

Physical methods of rock destruction

Fire destruction of rock

The fire destruction of a rock formation consists in the fact that a high-temperature gas jet exits a jet burner at a very high feed rate, instantly heats a small layer of rock at the bottom of the well, and due to the temperature difference, stress arises, the rocks are destroyed into small ones due to uneven heating crystals, which subsequently exit the well with a gas jet. This method is well applicable if there is a drilling of strong monolithic rocks that contain a lot of quartz (granites, sandstones, quartzites). In soft and loose rocks, fire destruction is not effective due to the low stress in the rock mass. At the current time, such a destruction method is rarely used, but there are cases when drilling is impossible without such a method[70].

Explosive drilling method

Explosive drilling is drilling using explosive charges at the bottom of a well. This method is used in the case when other options do not work, mostly these are very strong rocks that are not amenable to any mechanical damage. Explosive drilling is usually divided into two groups: jet and ampoule. We discussed the jet drilling method above, now we will consider the method of formation destruction using ampoules.

The essence of ampoule drilling is that a special ampoule is sent to the well and, having reached the bottom of the well, detonates, as a result of which we get an explosion and the body of the rock mass breaks (destroys).

The assembly of ampoules is carried out by an automatic installation, in which fuel and oxidizer are located separately. Drill pipes in blast drilling have smooth channels with smooth transitions in order to deliver the ampoule without obstacles. And the lower part of the drill string has a slight narrowing, as a result of this narrowing, the role is compressed and the oxidizer meets the fuel, a chemical process begins and an explosion is obtained, Figure 1 shows an explosive ampoule[69].



Fig. 1 – Explosive ampoule

The method we have considered requires a large amount of labor. Blasting operations require experienced personnel trained for non-routine situations. Employees undergo a large number of briefings, perform a lot of preparatory work and study the geology of drilling to the smallest detail. Next, we will consider several drilling options similar to those with which we met.

Laser drilling

Let us consider the mechanism of rock formation destruction using a laser beam. The use of a laser in well drilling is patented; it has its application in the USA and Russia. The technology is similar to the fire method of destroying a mountain body (где вы взяли этот термин?), a drill rod with optical fiber is lowered into a vertical wellbore and carbon dioxide is supplied under a pressure of more than 100 atmospheres, which does not produce combustion, and heats the rock up to 1200 degrees in a pulsed mode for no more than one minute. After critical heating, water is supplied, it instantly cools the soil to 200-100 degrees. The rock cannot withstand the drops and is weakened. The weakened rock easily yields to the pressure of mechanical destruction[68].

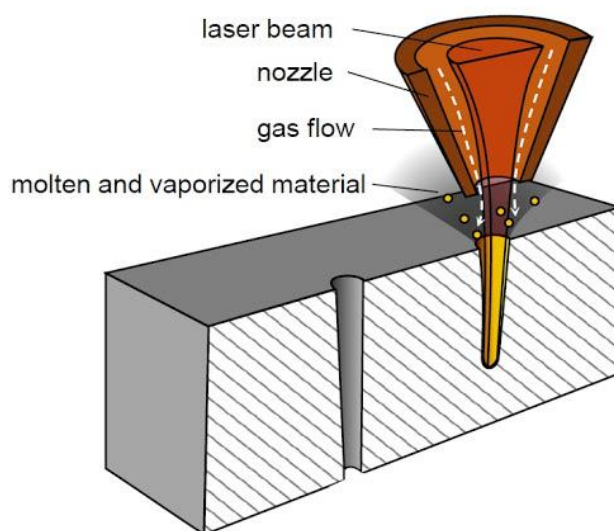


Fig. 2 – Schematic of the effect of a laser on a rock

The method of laser drilling as a result of various studies by Russian and American scientists showed an efficiency in the region of 30-60%. However, the main problem is high energy costs, and a number of problems such as:

1. When using a laser in deep wells, the wellbore becomes very narrow with depth.
2. There is no possibility of drilling to the exact depth.
3. Drilling speed is too dependent on the drilling diameter.

For these reasons, scientific work is underway and in the near future we will see the widespread use of laser destruction of the rock mass.

The plasma method

Heating of rock using plasma generators is a more efficient means of obtaining a high concentration of energy per unit volume. Plasma is a mixture of electrons, positive ions and energetic atoms charged in the gas as a result of the action of an electric field, which arose in generators called a plasmatron. Gas (oxygen, hydrogen, air, helium, argon) passing through an electric field (current) reaches critical temperatures of thousands of degrees[46].

The basis of plasma drilling is an electric arc that converts steam into plasma. The key difference from the mechanical effect on the mountain body is that the main role is played not by mechanical properties (strength, hardness, rigidity), but by thermal characteristics (boiling point, melting point, thermal conductivity).

Pros of plasma destruction are as follows:

1. No friction (no wear and tear on drilling equipment);
2. There is no vibration, which in turn does not entail loosening, loosening of the equipment;
3. Drilling speed is three times faster than bit drilling;

4. Reducing the time for descent operations;
5. The circulation of the drilled rock is carried out continuously.

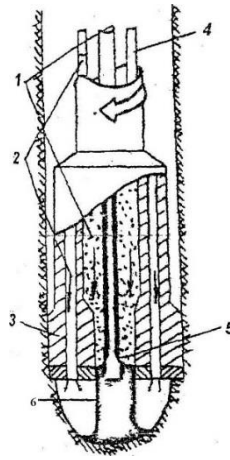


Fig. 3 – Plasma drill

The considered technology has not yet been fully implemented in the work, at this point in time a lot of research is being carried out, various improvements and methods for introducing plasma drilling into the masses are being considered.

Electrophysical method of rock destruction

The invention relates to the mining industry and can be used to drill wells in loose rocks, in particular in quaternary sediments and man-made soils with simultaneous durable and environmentally friendly pipeless fastening. It is used for constructing hydrogeological and engineering wells for various purposes (for water, water-lowering, explosive, for fixing landslides, sides of quarries and dumps, for installing or constructing piles in construction, strengthening the foundations of buildings and structures, laying utilities), during the sinking and fastening of the upper horizons represented by loose or weathered rocks, as well as the fastening of zones of tectonic disturbances and isolation of fluid manifestations and absorptions in the latter case – with the use of relatively fusible plugging materials in the conditions of drilling exploration and production wells[30].

There is a known method of electro-thermo-mechanical drilling and a device for its implementation, according to which the rock is softened by passing an

electric current through it, the softened rock is drilled with a mechanical tool, and the drill cuttings are removed from the well with an air mixture. In this case, the sludge is divided into fractions, then a large fraction of the sludge is isolated, concentrated and thermo-mechanically destroyed in the annulus.

Today, there are three ways:

- electrohydraulic,
- ultrasonic,
- electro-pulse.

Electrohydraulic

The main idea of electro-hydraulic drilling is rock destruction with a strong water hammer, the well is filled with water and as a result of the action of the current, a strong voltage of up to (250 kV) is created. The first such test was conducted by L.V. Yutkin at the end of 1949. (где ссылки????) He took rotating and non-rotating electrodes, supplied high-voltage frequency pulses to them. As a result, electricity broke down interelectrode gap in water. The expansion of the gas density of the face created a strong water hammer and the lost part of the rock was destroyed. The considered method has not found practical application.

Electro-pulse method of exposure

Electric pulse method of drilling wells in rocks is a fundamentally new method of breaking rocks and drilling wells with a diameter of more than 300 mm.

When a pulsed high voltage of microsecond duration is applied to a rock located in an electrical insulating liquid (including water), there is an introduction of an electric discharge channel into the rock. Further the electrical energy stored in the external high-voltage pulse voltage generator (HVPG) is released in this channel. This causes an electrical explosion in the rock. The tool destroying the

rock is the plasma of the discharge channel, which does not change its characteristics from discharge to discharge, hence, it does not wear out or age.

Almost all rocks can be destroyed with the electric pulse method, excluding rocks with very high (metallic) electrical conductivity. Conversion of electrical energy into mechanical work of fracture takes place directly in the rock without intermediate stages of transformation. Breaking of the rock is carried out by coarse chipping. This ensures high efficiency of the accumulator energy transfer into the fracture work, low energy intensity and high productivity of rock breaking at the borehole bottom[26].

The peculiarity of the electric pulse drilling method is a significant increase of the footage efficiency with the increase of the borehole diameter (drilling tip) subject to the optimization of the drilling mode.

The electric pulse drilling method allows drilling boreholes with coring, it is possible to drill boreholes of any shape. Drilling of wells with square, elliptical cross-sections has been practically performed. A priori it is possible to effectively curve wells and multibranch drilling.

Classification of rock destruction tools

There are countless tools used to destroy rocks, every year these tools are modernized and refined. We will consider the main types of tools used by drillers in oil and gas fields. Basically, a bit is used for mechanical action on the reservoir in drilling. A chisel is a tool used to extract hydrocarbons from the earth's crust, as a result of rotational motion, it forms a cylindrical hole in the reservoir, called a wellbore.

Drill bits are classified as follows:

1. A bit of a cutting-shearing action, destroying the rock with blades inclined in the direction of rotation of the bit. Designed for soft rock drilling. Bits of cutting and

shearing action (blade bits) are designed for drilling plastic rocks of low hardness (clay, shale) and low abrasiveness.

Currently, two-blade and three-blade bits are produced, their upper part has a coupling with a locking thread designed for connection with a drill string or a downhole motor. The lower two or three blades are located relative to each other at an angle of 180° and 120° , respectively.



Fig. 4 – Cutting and shearing bit

2. Bits of crushing - shearing action, destroying the rock with teeth or pins located on cutters that rotate around their axis of the bit. When the bit rotates, along with the crushing action, the teeth (pins) of the cutters, sliding along the bottom of the well, shear (cut off) the rock, thereby increasing the efficiency of rock destruction. It should be noted that only crushing action drill bits and drill heads are produced. When working with these bits, the rocks are destroyed as a result of the dynamic impact (impact) of the cutter teeth on the bottom of the well[14].



Fig. 5 – Bits with crushing - shearing action

3. Abrasive-cutting bits can be classified as bladed, but differ from the latter in that, as a rule, they have blades of different heights, reinforced with small carbide cutters.

Such a bit forms a stepped bottomhole and, depending on the properties of the rocks being penetrated, can work as a cutting bit, i.e. along the entire length of the blade, remove a layer from the bottom, or as an abrasive, when each small cutter interacts separately with the bottom and breaks off very small particles of rock.

4. A cone bit is a rock cutting tool with a steel cone-shaped part, loosely mounted on an axis and carrying identifiers on its surface - teeth, pins. It is a kind of mechanism in which the rotation of its body is converted into a rotational movement of cutters around their axis. As a result, the face is damaged by teeth that periodically come into contact with it. The chisel can have from one to three or more cutters. The most common are three-cone bits; one- and two-cone bits are produced in a limited quantity. Single-cone bits are designed for drilling hard non-abrasive rocks at great depths, two-cone bits are mainly used for drilling at shallow depths in soft rocks

with interlayers of rocks of medium hardness. Each cone is equipped with numerous cutters arranged in crowns. The rims of adjacent cutters are located in such a way that they allow destroying the rock over the entire surface of the face. There are two ways to equip the cutter with teeth: milling the teeth from the body of the cutter followed by surfacing of a granular hard alloy or installing carbide pins (cutters) into sockets by cold pressing. For the same bit, the cutters may look different[15].

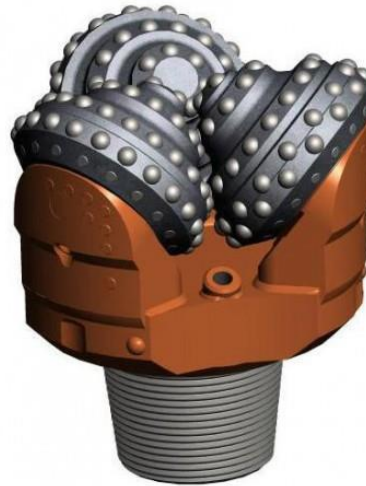


Fig. 6 – Three roller cone bit

Conclusion

We have considered drilling methods for rock destruction, their positive and negative sides, analyzed which drilling methods are suitable for certain geological conditions. We found out that there are many drilling methods that are superior to currently used methods in terms of speed, quality and many other indicators, but are at the stage of study and refinement for real, harsh climatic conditions. We have discussed the types and classifications of rock cutting tools, considered the conditions for the use of bits, distinguishing them.

Приложение А

1. Выбор типа светильника и мощности ламп. Помещение рабочего кабинета с проведением в нем лабораторных испытаний относится к категории пожароопасных с невысоким уровнем пыли и влагоотделения. В соответствии с данными условиями выбирается светильник ПВЛ.

2. Расчет высоты подвеса. Высота подвеса светильника определяется по формуле (3):

$$h_n = H - h_c \quad (3)$$

где H – высота помещения (принимается равным 3 м), м;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес), м.

Свес светильников h_c принимается обычно 0,5–0,7 м; в высоких помещениях свес можно увеличивать с тем, чтобы высота подвеса над полом не была больше 3м, так как при большей высоте обслуживать светильники с приставных лестниц и стремянок становится затруднительным и опасным. Тогда:

$$h_n = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ (м)}$$

3. Определение расчетной высоты. Расчётная высота или же высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле (4):

$$h = h_n - h_{rp} \quad (4)$$

где h_{rp} – высота рабочей поверхности над полом, м.

Согласно формуле 2, расчетная высота составляет:

$$h = 2,5 - 0,8 = 1,7 \text{ (м)}$$

4. Расчет расстояния между рядами светильников. Расстояние между светильниками определяется по формуле (5):

$$L = \lambda \cdot h \quad (5)$$

где λ – интегральный критерий оптимального расположения светильников.

Для светильника ПВЛ λ составляет 1,5, тогда:

$$L = 1,5 \cdot 1,7 = 2,55 \text{ (м)}$$

Определяем расстояние от крайних светильников или рядов до стены (I), учитывая, что оптимальное расстояние рекомендуется принимать равным $L/3$, таким образом:

$$l = \frac{2,55}{3} = 0,85 \text{ (м)}$$

5. Расчет общего числа ламп в осветительной системе. Определяем количество рядов светильников, а также количество светильников по формулам:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(B - \frac{2}{3}L\right)}{L} + 1, \quad (6)$$

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(A - \frac{2}{3}L\right)}{l_{\text{св}} + 0,5}, \quad (7)$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов;

B – ширина помещения, м;

L – расстояние между рядами светильников, м;

$n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду;

A – длина помещения, м;

$l_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

Принимая для расчета размеры лаборатории 5x5 ($B=5$ м, $A=5$ м), производится расчет числа рядов и светильников:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{\left(5 - \frac{2}{3} \cdot 2,55\right)}{2,55} + 1 = 2$$

$$n_{\text{св}} = \frac{\left(5 - \frac{2}{3} \cdot 2,55\right)}{0,4 + 0,5} = 4$$

В соответствии с расчетами, планировка размещения светильников представлена на рисунке А. Общее число ламп составляет 8 единиц.

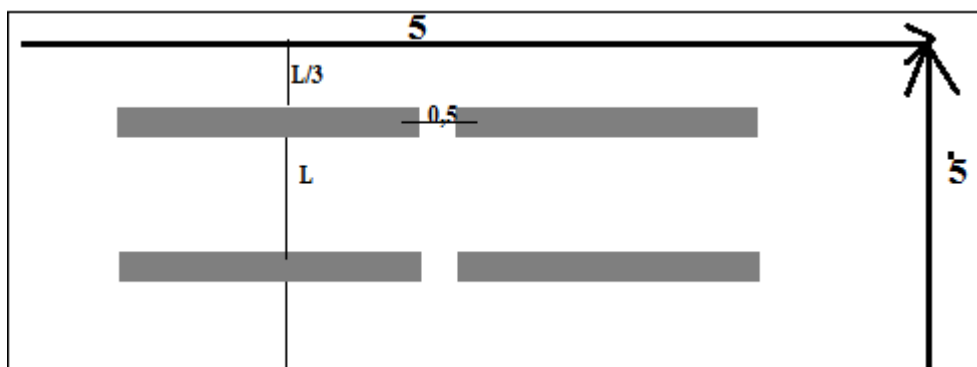


Рисунок А – Схема размещения светильников

6. Расчёт коэффициента использования светового потока и потребляемого светового потока. Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Световой поток лампы определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (8)$$

где Φ – световой поток лампы;

E_n – нормативная освещенность по СП 52.13330.2016 ($E_n=300$ лк);

S – площадь освещаемого помещения, м^2 .

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильников ($K_3=1,5$);

Z – коэффициент неравномерности освещения (люминесцентные лампы $Z=1,1$);

$N_{\text{л}}$ – число ламп в помещении ($N_{\text{л}}=8$);

η – коэффициент использования светового потока.

Чтобы найти коэффициент использования светового потока требуется найти индекс помещения (i) по формуле:

$$i = S/h(A+B) \quad (9)$$

В результате расчетов, приводятся следующие значения параметров:
 $i=1,84$, $\eta=52\%$, $\Phi=3371$ лм. Подбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД мощностью 65 Вт, световой поток 3750 лм. Выполняем проверку:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{станд}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (10)$$

$$-10\% \leq +10,11\% \leq +20\%$$

Таким образом, необходимый поток лампы находится в пределах допустимого диапазона. Далее определяем электрическую мощность осветительной системы по формуле:

$$P = N_{\text{л}} \cdot p_{\text{л}} \quad (11)$$

$$P = 8 \cdot 65 = 520 \text{ Вт}$$

В конечном итоге, для помещения лаборатории с размерами 5х5х3 м был выбран светильник ПВЛ в количестве 4 единиц с общим количеством ламп 8. Общая мощность осветительной системы составляет 520 Вт.

Приложение Б

История развития бурения

Таблица Б.1 – Хронология основных открытий, изобретений и способов разрушения горных пород при бурении скважин

Период, век, год	Открытия, характер изобретения	Авторы изобретения, место применения	Применяемые способы бурения
VI в. до н.э.	Китайские скважины глубиной до 100 м для добычи воды и соляных рассолов.	Китай	Ударный способ
IX в.	Бурение первых скважин для добычи растворов поваренной соли.	г. Старая Русса, Киевская Русь	Ударный способ
XII в.	Сооружен первый буровой колодец на воду, закрепленный трубами.	Провинция Артуа, Франция	Ударный способ
XII–XVII вв.	Бурение скважин для добычи растворов соли глубиной до 100 метров при начальном диаметре 1 м.	г. Соликамск, г. Балахна, Российская империя	Ударный способ
1834 г.	Предложение применять так называемые ножницы, сдвигающаяся пара звеньев при штанговом бурении.	Эйгаузен, Германия	Ударный способ
1844 г.	Разработка метода сбрасывать соединённое со штангами долото привела к изобретению свободно падающего бурового инструмента «Фрейфала». Этот способ получил название «немецкий».	Кинд, Франции	Ударный способ
1846 г.	Впервые был предложен способ непрерывной очистки скважин – промывка.	Инженер Фовель, Франция	Ударный способ

1846 г.	Первое в мире бурение скважины с целью нефтедобычи.	Инженер В. Семенов, пос. Биби-Эйбат, г. Баку, Российская империя	Ударный способ
1859 г.	Первая пробуренная нефтяная скважина в США, глубиной 22 метра.	Полковник Э. Дрейк в окрестностях г. Тайтесвилл, Пенсильвания, США	Ударный способ

Продолжение таблицы Б.1

1859 г.	Впервые был применен паровой двигатель для бурения.	Г. Д. Романовский, Подольск, Российская империя	Ударный способ
1864 г.	Первая эксплуатационная скважина, пробуренная для добычи нефти.	Кубань, в с. Киевском, в долине реки Кудако, под руководством полковника А.Н. Новосильцева	Ударный способ
1878 г.	Происходит широкое внедрение геологоразведочного бурения – создаются станки вращательного бурения: Сулливан – с гидравлической подачей, станки Крелиус с ручной рычажной подачей - практичные и способные бурить скважины до 1000 метров	США	Вращательный способ
1887 г.	Внедряется роторное бурение на нефть с применением лопастных долот и промывкой глинистым раствором	Новый Орлеан, шт. Луизиана, США	Вращательный способ
1890 г.	Запатентован ротационный гидравлический забойный двигатель. Данное изобретение не было реализовано.	К. Г. Симченко, Баку, Российская империя	Вращательный способ
1899 г.	Был запатентован электробур, который представлял собой электродвигатель, соединенный с долотом и подвешенный на канате.	Российская империя	Вращательный способ
1899 г.	Впервые было предложено дробовое бурение для проходки скважин в твёрдых трещиноватых породах.	Дэвис, США	Вращательный способ

1901 г.	Был сконструирован быстроударный забойный гидравлический двигатель, получивший название «таран Вольского», который устанавливался над ударным механизмом и приводился в движение силой промывочной жидкости. Не получил ни признания, ни широкого распространения, но явился прототипом современных забойных гидроударников.	Вольский, Польша	Ударный способ
---------	---	------------------	----------------

Продолжение таблицы Б.1

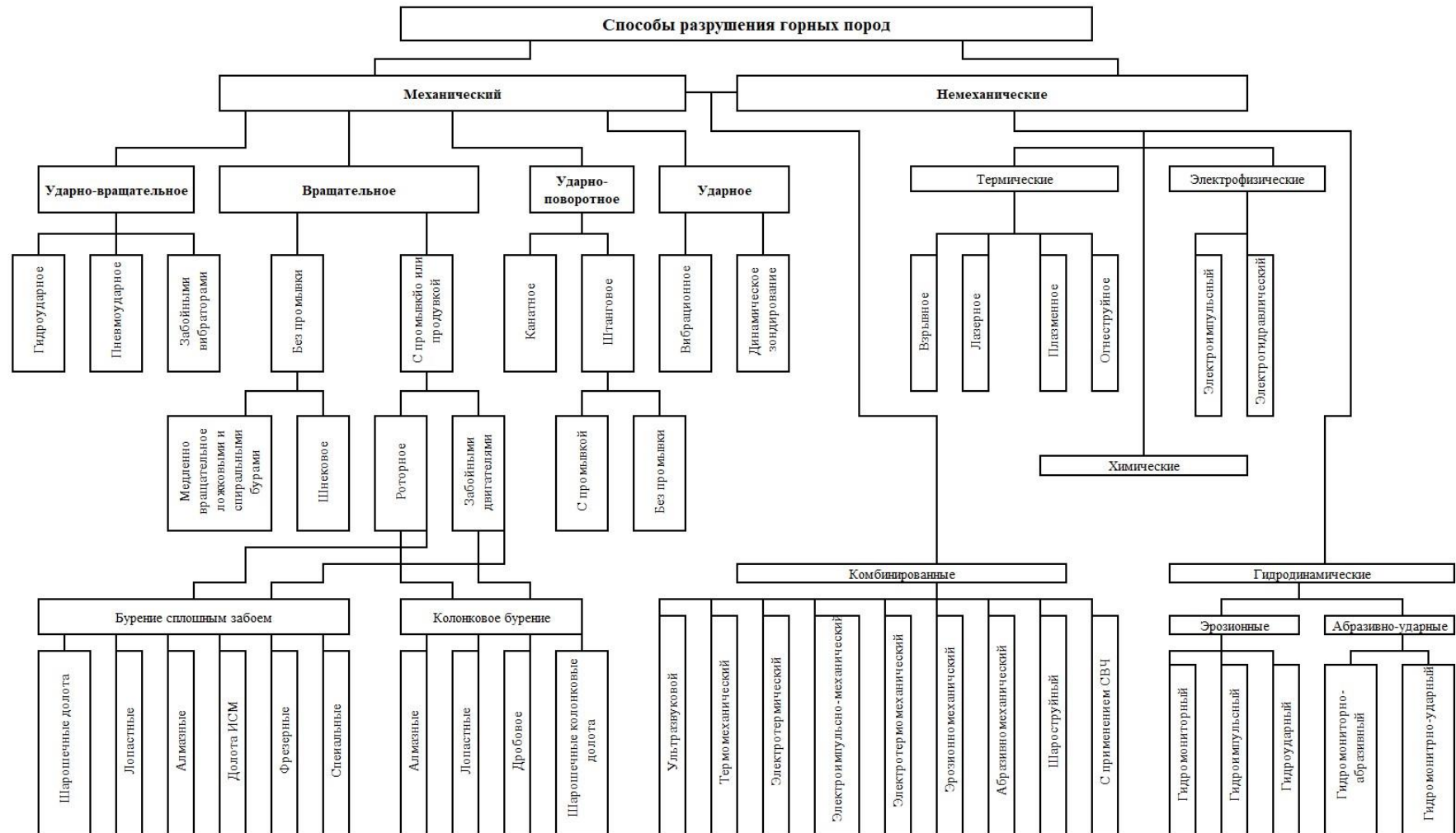
1902 г.	Впервые в России применен метод бурения вращательным способом с промывкой глинистым раствором, нефть нашли на глубине 345 м.	г. Грозный, Российская империя	Вращательный способ
1906 г.	Разработан и запатентован способ закачки цементного раствора в обсадную колонну с последующим вытеснением его через башмак обсадной колонны в затрубное пространство.	А.А. Богушевский, Российская империя	Вращательный способ
1909 г.	Получен патент на долото с двумя коническими шарошками, которое при вращении совмещало действие резания и удара.	У. Шарп и Г. Хьюз, США	Вращательный способ
1910 г.	Впервые были использованы природные алмазы для специальных керноотборных долот.	Российская империя	Вращательный способ
1915 г.	Предложено твердосплавное бурение, использование твердого сплава для вооружения породоразрушающего инструмента – литого карбида вольфрама – воломита.	Лемм, Германия	Вращательный способ

1923 г.	Запатентован турбобур, представляющий собой многоярусный планетарный редуктор и одноступенчатую гидравлическую турбину, которая приводилось во вращение промывочной жидкостью.	М. А. Капелюшников, С. М. Волох и Н.А. Корнев, СССР	Вращательный способ
1924 г.	Была пробурена первая в мире скважина с помощью разработанного турбобура, получившего название турбобура Капелюшникова.	Сураханы, Баку, СССР	Вращательный способ
1929 г.	Разработано и запатентовано трехшарошечное буровое долото, обладающего значительно большей устойчивостью к сохранению направления бурения, чем двухшарошечное.	Говард Хьюз, США	Вращательный способ
1938 г.	Разработана конструкция электробура, долото которого приводится во вращение погружным электродвигателем.	А.П. Островский и Н.В. Александров, СССР	Вращательный способ
1938 г.	Турбобуром пробурена первая в мире нефтяная скважина глубиной около 600 м.	М.А.Капелюшников, Сураханы, СССР	Вращательный способ
1940 г.	Пробурена первая скважина электробуром.	Баку, СССР	Вращательный способ
1951 г.	Впервые применили электробур знакопеременного вращения для гашения реактивного момента, опускаемый на гибком электрокабеле-канате.	А. А. Минин, А. А. Погарский и К. А. Чефранов, Башкирия, СССР	Вращательный способ
1954 г.	Начавшийся промышленный выпуск синтетических алмазов и изготовление из них импрегнированных алмазных инструментов.	США	Вращательный способ
1964 г.	Разработан однозаходный гидравлический винтовой забойный двигатель.	США	Вращательный способ

1966 г.	Разработан многозаходный винтовой двигатель, позволяющий осуществлять бурение наклоннонаправленных и горизонтальных скважин на нефть и газ.	СССР	Вращательный способ
1970 г.	Созданы безредукторные турбобуры, позволяющие осуществить оптимизацию режимов бурения шарошечными долотами в диапазоне наиболее эффективных.	СССР	Вращательный способ
1973 г.	Долота PDC стали поступать в отрасль, на основе технологии, которая позволяет импрегнировать синтетические алмазы в карбид вольфрама.	«General Electric», США	Вращательный способ

Приложение В

Способы разрушения горных пород



Приложение Г

Перспективные немеханические и комбинированные способы разрушения горных пород

Таблица Г.1 – Результаты анализа перспективных немеханических и комбинированных способов разрушения горных пород

Способ	Преимущества	Недостатки	Благоприятная область применения
Лазерный	1. Неограниченная износостойкость. 2. Твёрдость ГП не имеет существенного значения. 3. Более высокие показатели КПД. 4. Потенциальное увеличение скорости проходки. 5. Обеспечение временной обсадной колонны. 6. Меньшая зависимость от таких параметров, как нагрузка на долото, скорость циркуляции бурового раствора, скорость вращения и конструкция долота. 7. Точность бурения, т.к. лазер является источником когерентного электромагнитного излучения высокой направленности. 8. Обеспечение расширенных возможностей управления скважиной. 9. Бурение монодиаметром.	1. Высокие энергозатраты. 2. Зависимость от тугоплавкости отдельных ГП. 3. Глубокие скважины, пробуренные лазером, в некоторой степени сужаются с глубиной. 4. Нагретой до плавления порода может вспучиваться. Вспучивание породы нарушает геометрию круга ствола и уменьшает его диаметр, что может стать причиной прихвата. 5. Сильная зависимость скорости бурения от требуемого диаметра. 6. Высокие показатели забойных температур; 7. Потребность в большом количестве сырья; 8. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте.	В любых горных породах. Применение данной технологии актуально в условиях сверхглубокого научного и промышленного бурения.

	10. Достижение целей экологической безопасности, и экономически эффективных показателей.	9. Сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем, а также диаметра скважины. 10. Сложность реализации стабильной и контролируемой циркуляции ПЖ. 11. Потеря технологических свойств бурового раствора из-за высоких температур.	
--	---	---	--

Продолжение таблицы Г.1

Плазменный	1. Более высокая скорость: в 2-3 раза более высокая скорость проходки в фундаментных образованиях, таких как гранит, гнейс и т.д., чем у обычного механического бурения. 2. Для начала бурения не требуется никакой нагрузки на долото и не требуется вращения; следовательно, инструмент менее подвержен механическому износу. 3. Сокращение времени СПО: установка для плазменного бурения преимущественно осуществляется через колтюбинг (ГНКТ). 4. Непрерывная циркуляция во время бурения, предотвращающая зашламление выбуренной породой. 5. Обеспечение расширенных возможностей управления скважиной. 6. Существенное снижение шума и вибраций: положительный фактор для работающего персонала. 7. Увеличение срока службы бурового ПРИ по сравнению с обычными методами механического бурения, широко используемыми сегодня. 8. Бурение монодиаметром. 9. Достижение целей экологической безопасности, и экономически эффективных показателей.	1. Высокие энергозатраты. 2. В случае применения импульсного метода, ограниченное применение (твердых и крепких ГП). 3. Высокие показатели забойных температур. 4. Нагретая до плавления порода может вспучиваться. Вспучивание породы нарушает геометрию круга ствола и уменьшает его диаметр, что может стать причиной прихвата. 5. Потребность в большом количестве сырья. 6. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте; 7. Сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем, а также диаметра скважины. 8. Сложность реализации стабильной и контролируемой циркуляции ПЖ. 9. Потеря технологических свойств бурового раствора из-за высоких температур.	В случае плавления ГП – в любых горных породах, в случае использования импульсного метода – в твердых и крепких горных породах. Применение данной технологии актуально в условиях сверхглубокого научного и промышленного бурения.
------------	---	--	---

Электротермомеханический	1. Используется без промывочной жидкости; Нет необходимости в осуществлении циркуляции.	1. Расплав, вытесняемый газовым давлением, быстро остывает и, охлаждаясь, прилипает к трубе и стенкам скважины, что ведет к аварийной ситуации (прихвату).	Применяется в условиях Антарктиды для расплавления льда.
--------------------------	--	--	--

Продолжение таблицы Г.1

Термомеханический	1. Меньшие требуемые мощности, в сравнении с привычными механическими способами. 2. Более высокие показатели КПД 3. Потенциальное увеличение скорости проходки. 4. Меньшая нагрузка на долото.	1. Высокие энергозатраты. 2. Высокие показатели забойных температур; 3. Потенциально возможный более быстрый износ ПРИ из-за высоких температур. 4. Нагретая до плавления порода может вспучиваться. Вспучивание породы нарушает геометрию круга ствола и уменьшает его диаметр, что может стать причиной прихвата. 5. Потребность в большом количестве сырья. 6. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте. 7. Сложность реализации стабильной и контролируемой циркуляции ПЖ. 8. Потребность в большом количестве сырья	В любых горных породах. Применение данной технологии актуально в условиях сверхглубокого научного и промышленного бурения.
-------------------	---	---	--

		9. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте. 10. Необходимость наличие на буровой различных по размеру долот. 11. Потеря технологических свойств бурового раствора из-за высоких температур.	
Электроимпульсный	1. Высокая эффективность. 2. Низкий показатель износа породоразрушающего инструмента. 3. Меньшее по сравнению с механическими методами количество проводимых спускоподъемных операций. 4. Бурение монодиаметром. 5. Эффективность бурения не зависит от крепости пород и глубины скважины и определяется параметрами электрического	1. Необходимость использовать диэлектрик в качестве ПЖ. 2. Бурение скважин возможно лишь в скважинах, где отсутствуют зоны поглощения 3. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте. 4. Сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем, а также диаметра скважины.	Любые горные породы, при условии отсутствия зон поглощения.

	пробоя и условиями удаления продуктов разрушения.		
--	---	--	--

Окончание таблицы Г.1

Электроимпульсно-механический	1. Более высокая эффективность (которая не зависит от показателя крепости буримой породы или глубины скважины). 2. Меньшие требуемые мощности, в сравнении с привычными механическими способами. 3. Более высокие показатели КПД. 4. Потенциальное увеличение скорости проходки. 5. Меньшая нагрузка на долото.	1. Необходимость использовать диэлектрик в качестве ПЖ; 2. Бурение скважин возможно лишь в скважинах, где отсутствуют зоны поглощения. 3. Технически сложное устройство, с малым шансом ремонта и обслуживания на месте. 4. Потенциально возможный более быстрый выход из строя ПРИ из-за особенностей конструкции 5. Необходимость наличие на буровой различных по размеру долот. 6. Увеличение времени на СПО в случаях выхода из строя долот.	В любых горных породах, при условии отсутствия зон поглощения.
-------------------------------	---	---	--

Шароструйны й	1. Возможность реализации на забое скважины большой мощности. 2. Значительная продолжительность рейса, которая будет. 3. Ограничиваться лишь износостойкостью шароструйного аппарата, т.к. возможна замена износившихся шаров новыми. 4. Простота конструкции шароструйного аппарата. 5. Отсутствие необходимости в создании высоких осевых нагрузок на ПРИ. 6. Возможность бурения с малой частотой вращения ПРИ (а также без вращения), что позволяет уменьшить износ бурильных труб, использовать легкосплавные бурильные трубы, а также проводить искусственное искривление ствола скважины.	1. Малое значение КПД шароструйного бурения, в связи с чем для эффективного разрушения крепких горных пород необходимо использование мощной насосной техники. 2. Отсутствие экспериментально полученной информации об энергоемкости разрушения горных пород шароструйным способом. 3. Нецелесообразность бурения в сильно трещиноватых, а также пластичных горных породах. 4. Сложность конструкции и малое значение высоты отбираемого керна при бурении шароструйными бурильными головками. 5. Сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем, а также диаметра скважины. 6. Трудность выбора конструкции шароструйного аппарата для конкретных геологических условий бурения. 7. Отсутствие единой методики расчета геометрических параметров шароструйных снарядов и технологических параметров режима бурения.	В устойчивых твёрдых и крепких горных породах с отсутствием интервалов, склонных к осыпям, обвалам и поглощениям промывочной жидкости.
------------------	---	---	--

Приложение Д

Анализ вредных и опасных производственных факторов, обоснование мероприятий по защите персонала от их воздействия

Таблица Д.1 — Производственные процессы, формирующие опасные и вредные факторы при строительстве скважины.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74) [98]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Подготовка и эксплуатация бурового оборудования. 2. Ведение работ механическим способом бурения. 3. Ведение работ механическим новыми способами бурения (термический, химический, комбинированный). 4. Спускоподъемные операции. 5. Приготовление и обработка технологических жидкостей.	1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе. 2. Повышенный уровень шума. 3. Повышенный уровень вибрации. 4. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды. 5. Недостаточная освещённость. 6. Повреждения в результате контакта с живыми организмами. 7. Физические и нервно-физические перегрузки.	1. Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования. 2. Электрический ток. 3. Расположение рабочего места на значительной высоте, падение предметов с высоты. 4. Пожаровзрывоопасность.	1. Уровень шума регламентируется: ГОСТ 12.1.029-80 [85], ГОСТ 12.1.003-83 [86]; 2. Параметры микроклимата устанавливаются в: СанПиН 2.2.4-548-96 [87]; 3. Виды физических и нервно-физических перегрузок приводятся в: ГОСТ 12.0.003-74 [88]; 4. Параметры уровней вибрации устанавливаются в: ГОСТ 12.1.012-2004 [89]; 5. Параметры движущихся машин и механизмов устанавливаются в: ГОСТ 12.2.003-74 [90], ГОСТ 12.3.009-76 [91]; 6. Параметры электрического тока устанавливаются в: ГОСТ 12.1.038-82 [92], ГОСТ 12.1.045-84 [93], ГОСТ 12.1.030-81 [94]; 7. Требования по пожарной безопасности представлены в: ФЗ №123 от 22.07.2008 г. [95]

Приложение Е

Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные Мероприятия

Таблица Е. 1 – Вредные воздействия на окружающую среду [14]

Природные ресурсы, компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и производственными отходами.	1. Сооружение поддонов, отсыпка площадок для техники; 2. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, производственных отходов и мусора.
	Засорение почвы.	Вывоз и захоронение.
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности.	Засыпка выемок, горных выработок.
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя сельскохозяйственных и других земель.	1. Рациональное планирование мест и сроков проведения работ; 2. Соблюдение нормативов отвода земель; 3. Рекультивация земель.
Лес и лесные ресурсы	Лесные пожары.	Уборка и уничтожение порубочных остатков, и другие меры ухода за лесосекой.
	Оставление недорубов, захламление лесосек.	Оборудование пожароопасных объектов, использование вырубленной древесины.
	Порубка древостоя при оборудовании буровых площадок.	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях.
Недра	Нарушение состояния геологической среды (подземные воды, изменение геологических свойств пород).	Ликвидационный тампонаж скважин. Гидрогеологический, гидрогеохимический и инженерно-геологический мониторинг в скважинах.
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов из подземных выработок; Выбросы вредных веществ при работе котельных и электростанций.	Мероприятия предусматриваются в случаях непосредственного вредного воздействия.

Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (буровым раствором, нефтепродуктами).	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, отстойников.
	Механическое и химическое загрязнение водотоков.	Рациональное размещение отвалов, сооружение специальных эстакад и т. д.
	Загрязнение бытовыми стоками.	Очистные сооружения для буровых стоков
	Загрязнение подземных вод при смешении различных водоносных горизонтов.	Ликвидационный тампонаж пробуренных скважин.