

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка улавливающе-подпитывающего устройства для замены изношенных шаров новыми при шароструйном бурении скважин

УДК 622.243.43.05-049.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н.		

По разделу, выполненному на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стрельникова Анна Борисовна	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

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

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Ковалев А.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Виноградову Евгению Вячеславовичу

Тема работы:

Разработка улавливающе-подпитывающего устройства для замены изношенных шаров новыми при шароструйном бурении скважин
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Результаты анализа конструкций узлов шароструйного аппарата и опыта их применения;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области; 2. Классификация принципов воздействия на подземное оборудование; 3. Разработка конструкции съемной сопловой насадки;

	4. Финансовый менеджмент; 5. Социальная ответственность; 6. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык; 7. Выводы по работе.
Перечень графического материала	Чертеж съемной сопловой насадки.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Ассистент, Макашева Юлия Сергеевна
Социальная ответственность	Ассистент, к.т.н., Задорожная Татьяна Анатольевна
Разделы, выполненные на иностранном языке	Доцент, Стрельникова Анна Борисовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Abrasive Drill for Hard Rocks	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Виноградову Евгению Вячеславовичу

Школа	ИШПР	Отделение	нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материально-технических, энергетических, финансовых и человеческих ресурсов научного исследования при разработке шароструйно-эжекторного бурового снаряда
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	SWOT-анализ проекта
2. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	Расчет: – времени на спуско-подъемные операции до модернизации и после модернизации; – фонда заработной платы при бурении с применением ШЭБС; – амортизации оборудования с применением ШЭБС и РДС; – экономического эффекта от применения технологии ШЭБС.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>Календарный график проведения НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Макашева Юлия Сергеевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович

Школа	ИШПР	Отделение	нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	«Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Разработка методических рекомендаций по проектированию компоновок низа бурильной колонны для различных интервалов бурения. Компоновки низа бурильной колонны и её элементы используются для бурения нефтяных и газовых скважин.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	<i>Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при исследовании: Повышенная температура поверхности оборудования, пониженная влажность воздуха, недостаток естественного света, повышенная температура воздуха в рабочей зоне, недостаточная освещенность рабочей зоны, раздражающие и токсические факторы, электрический ток. Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при работе на производстве: повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, химические вещества раздражающего действия, вибрации, шумы.</i>
2. Экологическая безопасность 2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	<i>Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду, а также необходимые мероприятия по защите окружающей среды.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможно возникновение пожара на рабочем месте.</i>

<p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования</p> <p>3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований</p> <p>3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС</p>	<p><i>Привести обоснование рекомендуемых мероприятий по предотвращению пожара, и разработать порядок действий при его возникновении.</i></p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства</p> <p>4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.</p>	<p><i>Представить требования, предъявляемые к сотрудникам перед допуском к работе, а также рекомендации для комфортной работы.</i></p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович		

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»
Профиль подготовки: «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»
Отделение нефтегазового дела
Уровень образования: Магистратура
Период выполнения: (весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

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)
	<i>Выполнение литературного обзора</i>	50
	<i>Проведение лабораторных исследований</i>	40
	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 с., 13 рис., 9 табл., 32 литературных источников, 1 прил.

Ключевые слова: шароструйное бурение, модернизация шароструйно-эжекторного бурового снаряда, разработка конструкции шароуловителя, пути модернизации, анализ, эффективность метода, экономическая целесообразность, охрана труда, модель, исследование, поиск решения проблемы.

Объектом исследования является шароструйный методом бурения.

Цель работы – повышение эффективности шароструйного бурения в твердых и крепких горных породах за счет модернизации разработанного на кафедре бурения шароструйного снаряда, конструкция которого позволит осуществлять улавливание изношенных шаров без подъема инструмента.

В процессе исследования проводились: анализ принципов воздействия на подземное оборудование, разрабатывались схемы съемной сопловой насадки, а также приведены мероприятия по охране труда, охране окружающей среды и приведен технико-экономический расчет.

В результате исследования был выбран наиболее оптимальный способ воздействия на шароструйно-эжекторно буровой снаряд. В ходе разработки схемы съемной сопловой насадки, была выявлена наиболее перспективная модель, позволяющая решить проблему затрат времени на операции по замене изношенных шаров новыми.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: расчет геометрических параметров шароструйного снаряда.

Степень внедрения: неоднократно проводились разработки в конце девяностых годов, которые так и не позволили решить проблему экономической целесообразности. Широкое применение в бурении не получил.

Область применения: шароструйное бурение скважин применимо, как в нефтяной промышленности, так и в гражданской.

Экономическая эффективность/значимость работы: модернизация шароструйно-эжекторного бурового снаряда позволила сократить общее время бурения. Как следствие сократились: фонд оплаты труда, расходы материалов, амортизационные отчисления.

В будущем планируется возможная реализация концепта и повсеместное применение шароструйного бурения скважин.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	2
1 Литературный обзор	5
1.1 Тенденции развития шароструйного бурения скважин.....	5
1.1 Имеющийся задел по разработке улавливающе-подпитывающего устройства.....	15
1.2.1 Разработка улавливающе-подпитывающего устройства.....	15
2 Анализ принципов воздействия на подземное оборудование	20
2.1 Скважинные расширители.....	20
2.1 Пакеры	25
2.3 Подвески хвостовиков.....	27
3 Разработка конструкции съемной сопловой насадки	30
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	31
5 Социальная ответственность	43
Приложение А	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике бурения скважин наблюдается тенденция к увеличению объема буровых скважин различного назначения в твердых и крепких породах.

Применение механического способа бурения в крепких и твердых горных породах оказалось недостаточно эффективным, несмотря на то, что постоянно совершенствуются долота.

В данный момент известно множество других способов разрушения горных пород помимо классического механического: гидравлические, термические, взрывоударные, электрические и комбинированные способы разрушения. На данном этапе развития техники не представляется возможным увеличение эффективности разрушения горных пород на забое при механическом способе бурения ввиду достаточно низкой износоустойчивости породоразрушающего инструмента и относительно малой мощности, подводимой к забою.

По результатам исследования профессора Спивака А.И. коэффициент передачи мощности на забой при механическом бурении составляет от 0,03 до 0,2. Анализ альтернативных способов бурения горных пород показал, что в ближайшие годы вряд ли осуществимо широкое применение лазера, плазмы, электронного луча, термоструй и взрыва. Тем не менее, многие исследователи считают, что возможно применение гидравлических и гидромеханических способов разрушения горных пород.

В настоящий момент гидравлический способ применяется в мягких и рыхлых породах. Использование этого способа для разрушения твердых и средней крепости горных пород потребует значительного увеличения гидравлической мощности на забое. Бурение твердых и прочных пород осуществляется гидромеханическим способом, при котором разрушение пород на забое происходит за счет энергии потока промывочной жидкости с

содержанием абразивных частиц либо шаров с высокой кинетической энергией.

Впервые предложили способ шароструйного бурения американские ученые Ф.Г. Дэйли и Эскел И.Э., который оказался перспективным с практической точки зрения.

Ряд некоторых технологических и технических проблем, возникающих при реализации гидродинамического способа разрушения горных пород, может быть решен за счёт шароструйного способа бурения скважин, который заключается в разрушении горных пород ударами высокоскоростных шаров, непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины.

Шароструйный способ бурения исследовали А.Н. Давиденко, О.Л. Дербенева, А.В. Дугарцыренов, Т.Н. Зубкова, А.А. Игнатов, В.П. Коротков, М.Н. Нурлыбаев, М.М. Майлибаев, А.Б. Уваков, Н.Т. Туякбаев, А.В. Штрассер, F.H. Deily, I.E. Eckel, A.V. Hildebrandt, L.W. Ledgerwood, A.W. McCray, E.M. McNatt. В ходе исследований Уваков А. Б. обнаружил возможность достижения высокой механической скорости бурения (до 20 м/час в крепких горных породах), а работа казахского ученого С.А. Заурбекова показала превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% относительно серийных долот при бурении пород средней твердости.

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете на кафедре бурения разработали установку для абразивного бурения с применением долота гидромониторно-эжекционного типа, которую в дальнейшем преобразовали в установку для шароструйного бурения. В ее основу лег принцип разрушения горной породы посредством непрерывной циркуляции породоразрушающих частиц на забое, который осуществляется за счет струйного аппарата, приводимого в действие потоком промывочной жидкости.

В ходе лабораторных исследований были выявлены существующие проблемы шароструйного бурения и определены основные направления их решения. В частности, была поставлена задача по значительному сокращению времени на спускоподъемные операции при проведении полевых работ.

Резюмируя, в данный момент наиболее актуальна разработка новых технических средств и оптимальных геометрических параметров буровых снарядов.

Цель работы

Основной целью работы является повышение эффективности шароструйного бурения в твердых и крепких горных породах за счет модернизации разработанного на кафедре бурения шароструйного снаряда, конструкция которого позволит осуществлять подпитку и замену изношенных шаров новыми через съемную сопловую насадку без подъема инструмента.

Предметом данного исследования является съемная сопловая насадка, способная снизить затраты времени на операции по замене изношенных шаров новыми в процессе шароструйного бурения скважин.

Задачи исследования

Необходимые задачи для достижения цели:

- анализ тенденции развития шароструйного бурения скважин с целью выявления перспективности данного способа бурения;
- обзор и анализ имеющегося задела по разработке улавливающе-подпитывающего устройства;
- анализ принципов управления элементами забойного оборудования и последующей классификации данных способов;
- разработка схем забойной съемной сопловой насадки;

Методика исследований

Методы исследования, которые позволят решить поставленные задачи:

- Анализ существующих исследований с последующей систематизацией;

В данной работе произведен сбор и анализ литературных источников по тематике шароструйного бурения, а также разработана классификация принципов воздействия на подземное оборудование и конструкция съемной сопловой насадки.

1 Литературный обзор

1.1 Тенденции развития шароструйного бурения скважин

В настоящее время в мировой практике бурения скважин наблюдается тенденция к повышению объема бурения в твердых горных породах, характеризующегося низкими значениями механической скоростью бурения и проходки на долото. В связи с этим, актуальность приобретают разработки альтернативных способов разрушения твердых горных пород. Одним из перспективных является шароструйное бурение, суть которого заключается в разрушении пород ударами непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины металлических шаров. Циркуляция осуществляется при помощи шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС). Потенциально, данный способ может дать значительный прирост скорости бурения в интервалах твердых горных пород, снизить денежные затраты за счет сокращения времени проведения спуско-подъемных операций. Кроме того, шароструйный способ, легко вписываясь в существующую технологию бурения с выносом шлама промывочной жидкостью, не потребует значительного переоборудования буровой установки.

Способ разрушения горных пород ударами шаров был предложен в 1955 г. группой ученых американской нефтяной компании «Картер Ойл К°». Результаты этих исследований освещены в работах И.Э. Эскеля, Ф.Г. Дэйли, Л.У. Леджервурда [1, 2]. Некоторые данные приводятся в работах А.У. Маккрея и Ф.У. Коле [3]. Целью исследований была разработка более эффективного способа бурения нефтяных скважин. Убедившись в возможности разрушения горных пород ударами быстродвижущихся шаров, исследователи решили проблему создания устройства, позволяющего осуществлять разгон шаров и их рециркуляцию. Устройством, наиболее полно отвечающим этим требованиям, оказался струйный насос.

В результате проведенных лабораторных исследований И.Э. Эскеля, Ф.Г. Дэйли, Л.У. Леджервурда было установлено, что наибольшая механическая

скорость проходки наблюдается в случае использования шаров максимально возможного диаметра, не заклинивающих в камере смешения струйного насоса. Также установлено увеличение механической скорости бурения при максимально возможном расходе, при котором не происходит вынос шаров из скважины. При бурении известняка была достигнута скорость проходки 6,8 м/ч (при расходе 254 л/мин, перепаде давления в сопле струйного насоса 4,4 МПа). Использование глинистого раствора обусловило падение скорости бурения на 25%, а воздуха - на 75 % по сравнению с использованием воды. Необходимо отметить, что для определения расхода шаров и скорости их движения в камере смешения струйного насоса использовался специальный шариковый электромагнитный детектор, а процесс заклинивания шаров в камере смешения исследовался с помощью высокоскоростной видеосъемки.

На основе результатов лабораторных исследований были сконструированы два шариковых бура диаметром 228,7 мм для бурения скважин [1]. Буры имели сменные камеры смешения диаметром 89 и 102 мм и набор сопел диаметром от 15,9 до 23,8 мм. Следует отметить, что аппараты были изготовлены из стали SAE4340 и закалены до твердости 36-40 С по Роквеллу. Сопла изготавливали из вольфрамо-кобальтового твердого сплава. Шары производились на специальном прессе из стали SAE52100 и закалялись до твердости 50-53 С по Роквеллу. Испытания калибровочных лап при воздействии на бур осевой нагрузки 12,2 тс и крутящего момента, равного 693 кгсм, показали их удовлетворительную прочность.

В ходе промышленных испытаний было пробурено 16,2 м в мраморе, известняке и розовом кварците с применением в качестве промывочной жидкости воды. В табл. 1 представлены условия проведения испытаний.

При бурении оклахомского мрамора (мягкая порода) средний диаметр скважины равнялся 270 мм, а средняя скорость проходки составила 2,29 м/ч. По вирджинскому известняку (порода средней крепости) была получена средняя механическая скорость 1,22 м/ч при диаметре скважины 251 мм. Средняя

механическая скорость бурения розового кварцита (твердая порода) составила 0,15 м/ч, а диаметр скважины - 246 мм. При этом наблюдался интенсивный износ калибровочных лап при бурении кварцита. При бурении мрамора и известняка стальные шары практически не изнашивались, при бурении же кварцита за 3,5 часа вес порции в 63,5 кг уменьшился на 1,13 кг. Износ поверхностей камеры смешения и других деталей аппарата был несущественен.

Таблица 1 – Условия проведения промышленных испытаний шарикового бура

Параметр	D _{сн} , мм	M _{кр} , кгс·м	G _{ос} , кгс	V _{вр} , об/ мин	d _с , мм	d _{кс} , мм	P _{ст} , МПа	ΔP _с , МПа	Q, л/мин	d _ш , мм	M _ш , кг	V _ж , м/с	V ₁ ^{вп} , м/с	V ₂ ^{вп} , м/с	V ₃ ^{вп} , м/с	Q _ш , шт/с	V _ш , м/с
Значение	228,6	46,4	736	20	22,1	89	5,05 5,33	3,9 4,18	1970	31,8	63,4 86,2	24,1	5,5	1,13	0,95	140	22,8
Примечание																	
D _{сн} – диаметр снаряда, M _{кр} – крутящий момент, G _{ос} – осевая нагрузка, V _{вр} – скорость вращения, d _с – диаметр сопла, d _{кс} – диаметр камеры смешения, k _э – коэффициент эжекции, P _{ст} – давление на стояке, ΔP _с – перепад давления в сопле, Q – расход воды, d _ш – диаметр шаров, M _ш – масса шаров, V _ж – скорость жидкости на выходе из камеры смешения, V _{вп1} , V _{вп2} , V _{вп3} – скорости восходящей жидкости соответственно в зазоре между аппаратом и скважиной, возле сопла и возле бурильных труб, Q _ш – расход шаров в камере смешения, V _ш – скорость вылета шаров из камеры смешения																	

В результате проведенных теоретических и экспериментальных работ было сделано заключение о возможности «производить разрушение горных пород с заметной скоростью, что показывает реальность принципов бурения ударами шаров. Дальнейшие работы могут быть сделаны для полного определения их перспективности в условиях производства» [1].

Однако уже в 1961 г. один из участников группы Л. У. Леджервуд отмечал: «Импульсное шариковое бурение не имеет практического применения. На достигнутом уровне с его помощью можно разрушать породы, но с экономической точки зрения этот процесс значительно менее выгоден, чем обычное вращательное бурение» [1]. Данные выводы обусловлены методической ошибкой: при проведении экспериментов американские ученые, делая акцент на определение физической сущности работы шароструйных аппаратов, бурили различные по крепости горные породы при одинаковой скорости вылета шаров из аппарата, равной 22,8 м/с. Кроме того, буровой снаряд, который ученые называли «гравитационно -инжекторным», имел ряд недостатков. Специальные лапы 7 (рис. 1), контактирующие с забоем скважины для

поддержания оптимального расстояния между долотом и забоем, перекрывали часть забоя, создавая необходимость во вращении снаряда, и относительно быстро изнашивались. Также приходилось поддерживать оптимальный расход жидкости, т.к. при его уменьшении «облако резервных шаров» располагалось ниже сопла, а при увеличении - выше, что приводило к снижению расхода шаров в камере смешения и, как следствие, к падению эффективности бурения.

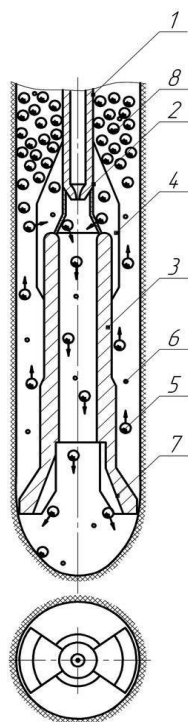


Рисунок 1. «Гравитационно-инжекционный» буровой снаряд [4]:

1 – колонна бурильных труб; 2 – сопло; 3 – камера смешения; 4 – ребра;
5 – породоразрушающие шары; 6 – шлам выбуренной породы; 7 – лапы; 8 –
«облако резервных шаров».

Вопреки отрицательным выводам первооткрывателей шароструйного бурения, данный способ продолжал вызывать интерес у некоторых исследователей.

Несмотря на приведенные заключения, с 1963 г. в Южно-Казахстанском геологическом управлении начались дальнейшие исследования данного способа бурения, называемого шароструйным (при этом породоразрушающий инструмент (ПРИ) назывался «шароструйным аппаратом»). Причем в силу того, что для эффективной работы шароструйного аппарата нет необходимости в его

вращении, его применяли для искусственного искривления геологоразведочных скважин. Ими использовалась конструкция бурового снаряда с механическим вооружением лопастного типа [5]. В отличие от американского варианта, контакт снаряда с забоем скважины осуществлялся за счет опорного башмака 2, однако, при этом сохранялась необходимость во вращении и осевой нагрузке на долото (рис. 2).

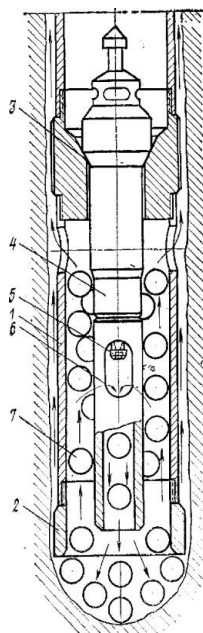


Рисунок 2. Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с механическим вооружением лопастного типа:

1 – корпус; 2 – породоразрушающий опорный башмак; 3 – гнездо; 4 – струйный аппарат; 5 – сопло; 6 – камера смешения с окнами; 7 – шары.

Анализируя результаты американских ученых, руководитель исследований А.Б. Уваков указывал на их не совсем объективные выводы [6]. Американцы при проведении экспериментов делали акцент на определение физической сущности работы шароструйных аппаратов, в тоже время вопросам разрушения горных пород уделялось неоправданно мало внимания. В результате они совершили явную ошибку, пытаясь бурить различные по крепости горные породы при одинаковой скорости вылета шаров из аппарата, равной 22,8 м/с.

В результате проведенных исследований, подробно описанных в работах [6, 7], были выявлены основные аналитические зависимости, характеризующие

процесс разрушения горных пород ударами шаров, разработана методика расчета процессов шароструйного бурения, проведены лабораторные и полевые испытания, рассчитана экономическая эффективность данного способа. Экспериментально установлено, что в оптимальном режиме работы шароструйных аппаратов механическая скорость бурения возрастает с увеличением крепости горных пород и может быть равной 20 м/ч в крепких и очень крепких породах. Причем большой износ снаряда можно исключить за счет создания оптимальной скорости вылета шаров, при которой отсутствуют отскоки шаров от забоя. Указываются следующие преимущества шароструйного бурения: простота устройства шароструйного аппарата, возможность упрощения и облегчения бурового станка вследствие отсутствия необходимости создания больших осевых нагрузок и вращающих моментов, экологическая безопасность. Также авторы указывают на следующие недостатки шароструйного бурения: необходимость установки мощного насоса и невозможность отбора керна. В дальнейшем разработанный Уваковым А.Б. шароструйный снаряд подвергался неоднократным усовершенствованиям.

В диссертации казахского ученого Заурбекова С.А. 1995 г. [8] были определены рациональные параметры процессов разрушения при шароструйном бурении, на основании чего разработана новая конструкция шароструйного снаряда ШСМ-216 с соплом и камерой смешения кольцевой формы (рис. 3). Периферийная часть забоя разрушалась шароструйным способом, центральная - вращательным при помощи опоры с твердосплавными зубьями. Такая конструкция обеспечивала поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем в процессе бурения, позволяла снять ограничения на максимальный расход промывочной жидкости, а также направлять шары во впускные окна. К недостаткам можно было отнести необходимость во вращении снаряда и осевой нагрузке, быстрый износ опоры, сложность управления процессом бурения при комбинированном разрушении забоя.

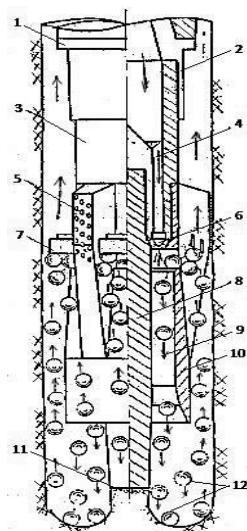


Рисунок 3. Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с соплом и камерой смешения кольцевой формы (по Заурбекову С.А.):

1 – калибратор; 2 – переводник; 3 – присоединительная головка; 4 – подводящие жидкость каналы; 5 – калибрующе-центрирующие ребра; 6 – кольцевое сопло; 7 – задерживающее устройство; 8 – опора снаряда; 9 – кольцевая камера смешения; 10 – корпус снаряда; 11 – твердосплавные зубья; 12 – шары.

Промышленные испытания показали превышение механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами. [8]. Причем бурение осуществлялось роторным способом в интервале 500-1100 м, представленном породами средней крепости, при следующих параметрах режима бурения: расход жидкости - 30 л/с, осевая нагрузка - 10 кН, частота вращения - 90 об/мин, плотность бурового раствора - 1060 кг/м³.

Полученные результаты вызвали активный интерес исследователей и производителей. Разработанный Уваковым А.Б. и Штрассером В.В. шароструйный снаряд для бурения скважин [9] подвергался дальнейшему совершенствованию. Дербенев Л.С. и др. разработали снаряд для эрозионного бурения [10], снабженное средством для определения расстояния от его среза до забоя скважины, связанное с механизмом подачи насадки. А.В. Дугарцыреновым и др. заявлена конструкция шароструйного [11] снаряда, в котором сопловая

насадка и разгонная камера соединены шарнирно-поворотной, что обеспечивает требуемый диаметр скважины по всей глубине. Зубкова Т.Н. разработала две конструкции шароструйного снаряда [12, 13]. В первом нижняя внутренняя часть снаряда снабжена магнитами для улучшения циркуляции породоразрушающих шаров, а на разгонной камере находится бункер для точного направления шаров в ее окна. Особенностью второго снаряда является то, что струйный аппарат расположен эксцентрично в кожухе и жестко прикреплен под углом 20-70° к заглушке, связанной с колонной буровых труб с возможностью кругового перемещения относительно вертикальной оси устройства, что обеспечивает равномерное разрушение забоя.

Кроме того, известны конструкции шароструйной буровой головки [14], гидромониторно-эжекторных насадок на шарошечные долота и долота истирающего типа [15, 16], гидромониторного бура для бурения рыхлых горных пород при гидродобыче [17], шароструйного снаряда с нагревателем для бурения в мерзлых горных породах [18].

В XXI веке интерес специалистов к шароструйному бурению заметно снизился. В публикуемых работах чаще рассматриваются проблемы конструирования при исследовании комбинированных способов разрушения горных пород. Так шароструйное бурение заинтересовало украинских исследователей [19-21], которые разработали гидродинамический снаряд, в основе которого лежит комбинация шароструйного и дробового бурения. Однако информации о проведении дальнейших исследований в работах не было представлено.

Анализ и обобщение результатов работ, посвященных исследованию шароструйного бурения, позволяет прийти к выводу, что оно является довольно перспективным, однако требует проведения дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, а также конструкторских проработок, что может позволить выйти на применение в практике буровых работ.

С 2012 г. исследования данного способа проводятся на кафедре бурения

скважин Томского политехнического университета. В ходе них было доказано, что оптимальной является конструкция ШЭБС с соплом, камерой смешения цилиндрической формы и коническим диффузором с их последовательным осевым расположением (рис. 4). Принцип действия снаряда следующий: рабочая жидкость, подводимая к аппарату, ускоряется в сопле 1 и на выходе из него истекает с большой скоростью в камеру смешения 2. При этом в пространстве, окружающем выход сопла 1 с внешней стороны, образуется зона разряжения. В корпусе снаряда выполнены технологические окна 3, через которые благодаря разряжению происходит всасывание рабочей жидкости со взвешенными шарами 5 и частицами шлама 6 из затрубного пространства. Далее двухфазная смесь проходит через камеру смешения 2, поступает в диффузор 4 и ударяется о породу 7, осуществляя разрушение. Далее шары 5 поднимаются в затрубном пространстве, отражаются от задерживающего устройства 8 и через технологические окна 3 направляются в камеру смешения 2. Затем цикл повторяется.

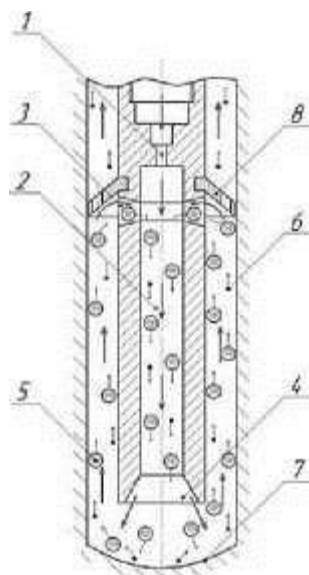


Рисунок 4. Шароструйноэжекторный буровой снаряд и принцип его работы:

1 - сопло; 2 - камера смешения; 3 - технологические окна; 4 - диффузор; 5 - шары; 6 - частицы шлама; 7 - разрушаемая порода; 8 - задерживающее устройство.

На основе теоретических и экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

- выявлены зависимости влияния технологических параметров режима и геометрических параметров бурового снаряда на эффективность шароструйного бурения;
- впервые выполнена высокоскоростная (3600 кадров в секунду) съемка для исследования быстропротекающих процессов шароструйного бурения, позволившая разработать физическую модель;
- разработана методика расчета технологических процессов шароструйного бурения в различных геологотехнических условиях.

В целях дальнейшего повышения эффективности шароструйного бурения и внедрения его в практику буровых работ необходимо продолжить исследовательские и опытно-конструкторские работы в следующих направлениях [22]:

- детальное изучение энергетического вопроса с целью установления КПД шароструйного бурения;
- исследование влияния различных типов промывочных жидкостей на эффективность бурения;
- разработка математической модели процессов шароструйного бурения скважин, позволяющую рассчитывать ожидаемую механическую скорость бурения в различных геолого-технических условиях;
- разработка мероприятия по повышению износостойкости снаряда;
- разработка и испытание способов контроля процессов шароструйного бурения скважин;
- разработка конструкции улавливающе-подпитывающего устройства, позволяющего заменять изношенные шары новыми, доставлять шары на забой и поднимать их из скважины вместе с буровым снарядом, для снижения затрат времени на спуско-подъемные операции;
- выполнение исследований и опытно-конструкторских работ по

решению проблемы наклоннонаправленного бурения скважин с помощью шароструйно-эжекторного бурового снаряда.

1.1 Имеющийся задел по разработке улавливающе-подпитывающего устройства

В настоящее время на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета проводятся теоретические и экспериментальные исследования шароструйного способа бурения, который может дать значительный прирост скорости бурения в твердых и крепких горных породах, увеличить проходку на долото. Кроме того, шароструйный способ бурения легко вписывается в существующую технологию бурения механическими способами с промывкой и не потребует значительного переоборудования буровой установки.

Шароструйный способ бурения основан на разрушении горных пород посредством воздействия металлических шаров, обладающих большой кинетической энергией непосредственно перед контактом с породой и многократного циркулирующих в призобойной зоне скважины за счет струйного аппарата, положенного в основу конструкции шароструйно-эжекторного долота. Группой ученых из томского политехнического университета было доказано, что наиболее эффективной для разрушения твердых и крепких пород является конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда с соплом и камерой смешения цилиндрической формы с их последовательным осевым расположением. При этом камера смешения должна заканчиваться диффузором, а для направления шаров из затрубного пространства непосредственно в камеру смешения в конструкцию снаряда должно включаться задерживающее устройство.

1.2.1 Разработка улавливающе-подпитывающего устройства

В процессе шароструйного бурения неизбежен износ шаров. Результаты

американских исследователей свидетельствуют о том, что при бурении кварцита за 3,5 часа вес порции в 63,5 кг уменьшился на 1,13 кг. По результатам промышленных испытаний Увакова А.Б. [3] в среднем за 100 ч бурения шары изнашиваются по диаметру на 4–5 мм.

Процесс бурения шароструйным способом складывается из определенных последовательных этапов: 1) спуск шаров на забой скважины; 2) спуск шароструйно-эжекторного бурового снаряда; 3) процесс бурения; 4) подъем снаряда из скважины; 5) улавливание шаров с забоя скважины.

По методикам расчета шароструйных снарядов различных авторов диаметр используемых шаров больше диаметра первичного сопла, т.е. исключается возможность спуска шаров через колонну бурильных труб. Спуск шаров через зазор между бурильными трубами и стенками скважины является нерациональным вследствие высокой вероятности заклинивания шаров и их недопуска до забоя скважины. В ходе производственных испытаний способа было опробовано два способа доставки шаров на забой. Первый способ заключался в доставке шаров в бумажных пакетах, сбрасываемых в скважину, которые после начала циркуляции бурового раствора размягчались и выносились на устье. Вторым вариантом доставки – с помощью контейнера, представляющего из себя колонковую трубу, суженную в нижней части и забитую глиной. Контейнер спускали на бурильных трубах, включением насоса под давлением промывочной жидкости шары выдавливались из контейнера, после чего он поднимался.

Для извлечения шаров с забоя скважины использовали шароуловители различных конструкций, спускаемые на забой скважины после подъема долота из скважины.

Высокая трудоемкость, низкая надежность и значительные потери времени на спуско-подъемные операции при выполнении операций по замене изношенных шаров новыми требуют разработки технических средств, обеспечивающих повышение рейсовой скорости бурения. Так, представляется

возможной разработкой устройства, способного наряду с заменой изношенных шаров новыми спускать шары на забой и поднимать их с забоя скважины вместе с буровым снарядом. Исходя из целевого назначения предлагаемого устройства, назовем его улавливающе-подпитывающим.

Разработанная схема компоновки низа бурильной колонны с улавливающе-подпитывающим устройством (УПУ) представлена на рисунке 5. При этом УПУ состоит из складывающегося задерживающего устройства 2 лепесткового типа, забойных шаропитателя 3 и шароуловителя 4.

Принцип работы УПУ заключается в выполнении следующей последовательности технологических операций:

1. Спуск представленной компоновки низа бурильной колонны до забоя скважины (при этом задерживающее устройство находится в транспортном положении);
2. Воздействие на забойный шаропитатель с целью подачи на забой первой порции шаров;
3. Воздействие на задерживающее устройство (ЗУ), перевод его в рабочее положение;
4. Процесс бурения до появления признаков чрезмерного износа шаров;
5. Воздействие на ЗУ, перевод его в транспортное положение (при этом лепестки ЗУ перекрывают технологические окна бурового снаряда);
6. Включение бурового насоса, подъем шаров до забойного шароуловителя, их улавливание;
7. Воздействие на забойный шаропитатель, приводящее к высыпанию второй порции шаров на забой;
8. Воздействие на ЗУ, перевод его в рабочее положение;
9. Включение насоса, возобновление процесса бурения.

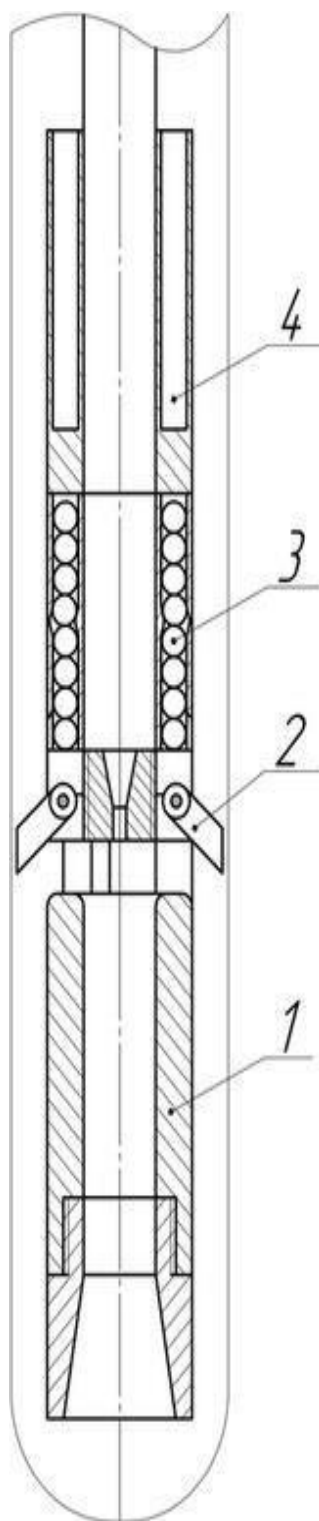


Рисунок 5. Схема компоновки низа буровой колонны с улавливающе-подпитывающим устройством:

1 – буровой снаряд; 2 – задерживающее устройство; 3 – забойный шаропитатель; 4 – забойный шароуловитель.

Вывод по литературному обзору

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что конструкция улавливающе-подпитывающего устройства с управляемым задерживающим устройством и сменной порцией шаров в снаряде, является трудно осуществимой, так-как имеет ряд недостатков:

- Усложнение конструкции ШЭБС;
- Крайне нежелательное увеличение числа мелких подвижных частей;
- Работу всех элементов улавливающе-подпитывающего устройства

сложно синхронизировать.

Цель работы

Основной целью работы является повышение эффективности шароструйного бурения в твердых и крепких горных породах за счет модернизации разработанного на кафедре бурения шароструйного снаряда, конструкция которого позволит осуществлять подпитку и замену изношенных шаров новыми через съемную сопловую насадку без подъема инструмента.

Задачи

Необходимые задачи для достижения цели:

- анализ принципов воздействия на подземное буровое оборудование;
- разработка конструкции сопловой насадки;

Решение поставленной задачи очень важно для шароструйного бурения и бурения в целом, так как сокращается время на спуско-подъемные операции, становится возможной подача и улавливание шаров без извлечения колонны, что в конечном итоге ведет к увеличению рейсовой скорости и повышению технологической и экономической эффективности. Решение задачи позволит сократить время на спуско-подъемные операции.

2 Анализ принципов воздействия на подземное оборудование

Все способы воздействия на подземное оборудование можно разделить по физической природе влияния: механические, гидравлические, гидромеханические, акустические, электрические и характеру действия каждого.

В основу рассмотрения и последующей классификации было взято следующее оборудование: скважинные расширители, пакеры, подвески хвостовиков, винтовые забойные двигатели (ВЗД).

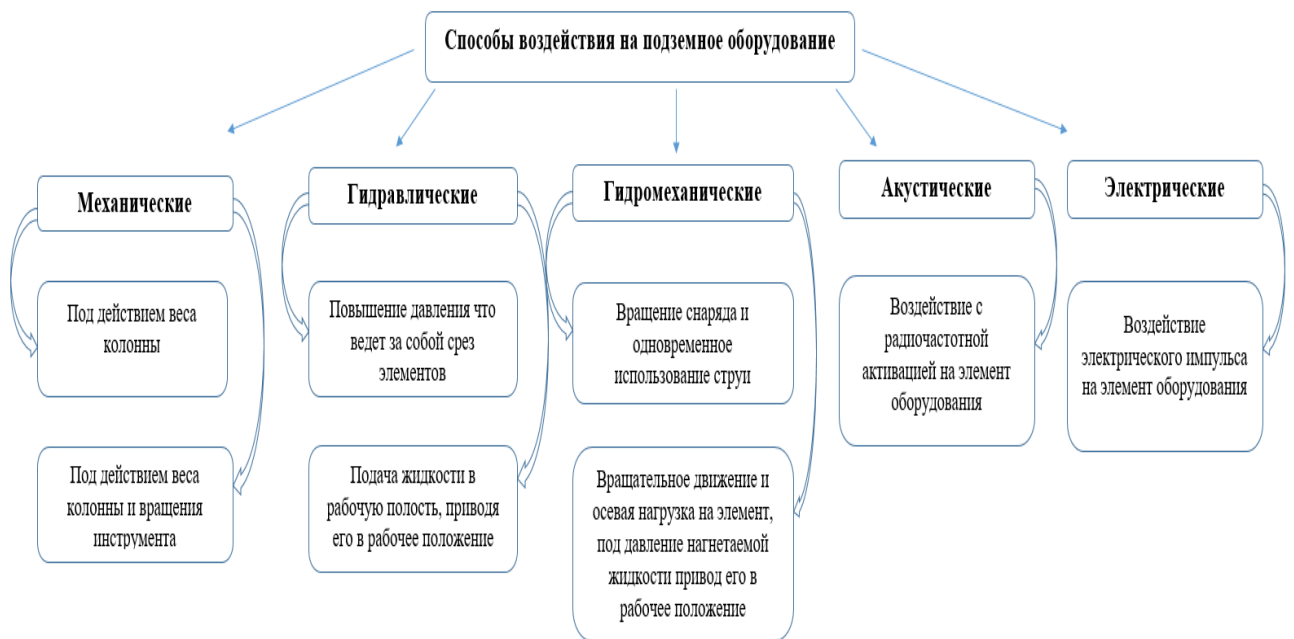


Рисунок 6. Классификация способов воздействия на подземное оборудование

2.1 Скважинные расширители

Раздвижные расширители делятся по характеру приведения из транспортного в рабочее положение на механические, гидравлические, акустические.

Гидравлические раздвижные расширители, приводятся в рабочее положение, при помощи давления, которое развивается в нагнетательной магистрали насоса и корпусе инструмента при промывке. После промывки посредством возвратного усилия пружин, породоразрушающие органы закрываются.

Инерционные раздвижные расширители приводятся в рабочее положение за счет центробежных сил, которые действуют на породоразрушающие органы при вращении инструмента.

Нераздвижные расширители подразделяются на эксцентриковые, гидромониторные и комбинированные по характеру приведения в рабочее положение и воздействия на разрушаемый забой.

Эксцентричные расширители имеют эксцентричную массу, которая смещена относительно оси скважины. Колонна труб с расширителем за счет действия центробежных сил описывает прецессионное движение в стволе. После чего закрепленный на корпусе породоразрушающий орган увеличивает диаметр скважины за счет разрушения ее боковой поверхности.

Основой гидромониторных расширителей является воздействие струи, истекающей из насадок, на породу, залегающую в интервале продуктивного пласта. После спуска в заданный интервал и создания расчетного перепада давления на насадках гидромониторные расширители приводятся в рабочее состояние.

Нераздвижные расширители комбинированного действия сочетают механическое и гидродинамическое воздействия при разрушении забоя. Приводят комбинированный расширитель в рабочее положение, обеспечивая циркуляцию промывочной жидкости в скважине и вращение колонны бурильных труб.

Скважинные расширители могут, как иметь выдвигаемые породоразрушающие органы, так и не иметь для создания каверн в интервале продуктивного пласта. Размер раздвижных расширителей различается в зависимости от положения (транспортный или рабочий). Беспрепятственный спуск инструмента в заданный интервал скважины обеспечивает размер корпуса, находящийся в транспортном положении с учетом диаметров обсадных труб и бурения пилот ствола. После спуска, достигнув заданного интервала, породоразрушающие органы выдвигаются из корпуса, закончив расширение,

Принцип действия:

Работа расширителя заключается в следующем: Бурение устьевой части ствола скважины производится пилот-долотом 2 и выдвинутыми породоразрушающими органами 4 требуемого размера. После бурения и обсадки скважины расширитель спускают в обсадную колонну в транспортном положении и начинают бурить малым диаметром расширителя с неполной осевой нагрузкой на расширитель. После прохождения призабойной части скважины на глубину, большую высоты расширителя, увеличивают осевую нагрузку, подачу инструмента и промывочной жидкости, при этом под действием осевой нагрузки срезаются срезанные штифты и корпус 1 постепенно переводится в рабочее положение, когда породоразрушающие органы 4 выдвинуты на максимальный диаметр бурения, а посадочные участки 8, 9 сопряжены. Дальнейшее бурение из-под башмака производится большим диаметром расширителя. После окончания бурения с расширением расширитель извлекают в транспортном положении из скважины, скважину обсаживают и процесс бурения из-под башмака очередной обсадной колонны производят аналогично предыдущему. Смену породоразрушающих органов 4 и пилот-долота производят по мере необходимости. В процессе бурения крутящий момент от корпуса 1 передается породоразрушающими органами 4, а от них соединительной муфте 3 и пилот-долоту 2. Возникающие при этом вибрационные нагрузки остаются на забое и используются в качестве дополнительной радиально-осевой продуктивной нагрузки для разрушения породы и не передаются бурильной колонне.

Расширитель гидравлический (рис. 8).

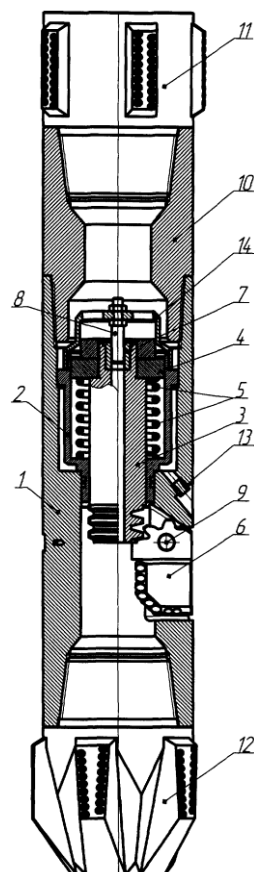


Рисунок 8. Расширитель гидравлический

1 – корпус; 2 – втулка; 3 – вал; 4 – поршень; 5 – пружина; 6 – лопасти; 7 – втулка; 8 – игла; 9 – пальцы; 10 – переводник; 11 – центратор; 12 – нижний центратор; 13 – сменные гидромониторные насадки.

Принцип действия:

Сначала осуществляется врезка лопастей в стенку скважины. Для этого начинают вращение инструмента без перемещения его вдоль оси скважины. Промывочную жидкость подают по бурильным трубам во внутреннюю полость корпуса 1, где поток на крышке 14 разделяется: часть потока срабатывает на гидромониторных насадках 13, создавая гидромониторный эффект на разбуриваемую горную породу, а часть срабатывает на поршне 4. При этом расширитель находится на весу, перемещение вдоль ствола скважины не осуществляется.

За счет малого диаметра насадок 13 создается избыточное давление, которое передается на поршень 4, передающий усилие валу 3, заставляющее его двигаться вниз, сжимая пружину 5. Выступы в форме зубьев на нижнем конце вала 3, входящие в зубчатое зацепление с выступами лопасти 6, передают усилие от вала 3, выдвигая лопасти наружу, в рабочее положение. В конце хода вала, при полном раскрытии лопастей, игла 8 выходит из центрального отверстия втулки 7, вследствие чего происходит перепускание промывочной жидкости через внутреннюю полость вала 3 и падение давления, которое фиксируется на манометре и свидетельствует о полном раскрытии лопастей.

Далее производится окончательное формирование зоны врезки - вращение расширителя в течение 5-10 минут, после чего начинают расширение ствола скважины - плавно подают нагрузку на инструмент. Промывка и охлаждение режущей поверхности лопастей производится через насадки 13 в корпусе 1 и током жидкости через пазы в корпусе. Расширение ведут до полной сработки лопастей. При окончании работ прекращают подачу промывочной жидкости, происходит разжатие пружины и возврат лопастей в транспортное положение.

2.1 Пакеры

Различают пакеры следующих типов:

ПВ — пакер, воспринимающий усилия от перепада давления, направленного вверх; ПН — направленного вниз; ПД — направленного как вниз, так и вверх.

Для восприятия усилия от перепада давления, действующего на пакер в одном или двух направлениях, пакер должен иметь соответствующее закоривающее устройство (якорь), наличие которого в шифре пакера обозначается буквой «Я». Якори в основном применяют с пакерами типов ПВ и ПН.

По способу посадки пакеры подразделяют на гидравлические Г,

механические М и гидромеханические ГМ.

Пакер механический

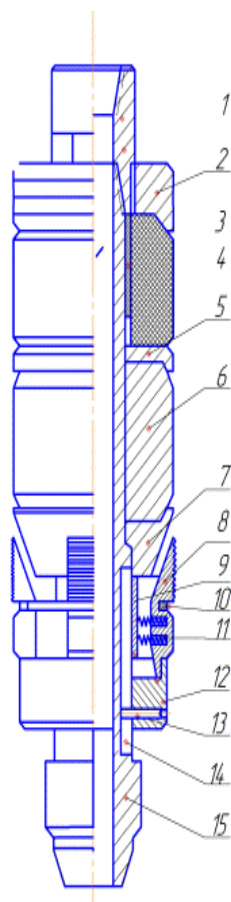


Рисунок 9. Пакер механический

1 – головка; 2 – опорное кольцо; 3 – ограничительная втулка; 4 – резиновая защитная втулка; 5 – разделительная шайба; 6 – резиновая уплотнительная втулка; 7 – конус; 8 – шлипс; 9 – шлипсодержатель; 10 – обручограничитель; 11 – пружина; 12 – крышка; 13 – крышка фиксатора; 14 – направляющий паз; 15 – ствол.

Принцип действия:

В скважину пакер спускается на колонне труб. При этом фиксатор 13 удерживает шлипсодержатель 9 в крайнем нижнем положении относительно ствола. При повороте колонны труб по часовой стрелке фиксатор выходит в длинную прорезь паза на стволе, освобождая шлипсодержатель. При опускании колонны труб шлипсы 8 под действием пружин 11 прижимаются к стенке

скважины и удерживаются на месте, и конус 7 заклинивает их в обсадной трубе. Приложенная к пакеру нагрузка от веса колонны труб через головку и опору передается манжетам. Они деформируются и уплотняют пакер. При натяжении колонн труб манжеты восстанавливают свою первоначальную форму, конус освобождает шпильки и пакер снимается с места установки.

2.3 Подвески хвостовиков

Хвостовик заменяет либо эксплуатационную колонну (самый распространенный случай), либо промежуточную (используется реже).

Различают хвостовики следующих типов:

Механическая клиновья подвеска - после спуска хвостовика на заданную глубину колонну труб приподнимают на необходимую высоту и поворачивают влево. при этом штифт, повернутый совместно с корпусом, выходит из зацепления с крючком, который остается неподвижным относительно корпуса подвески вследствие действия сил трения при взаимодействии распертого центризатора со стенками обсадной колонны. Далее колонну плавно подают вниз, конусообразная муфта начинает входить в клиновидные плашки, раздвигая их до полного расклинивания в кольцевом межколонном зазоре. хвостовик остается подвешенным на клиновидных плашках, упирающихся в стенки обсадной трубы предыдущей колонны.

Клиновья подвеска гидравлического действия - при повышении давления внутри корпуса на гильзу действуют силы, направленные в сторону наконечника. В расчетный момент силы, достаточного для среза срезного элемента, элемент срезается, гильза с наконечником, перемещаясь, двигают посредством планок подвижных клиньев подвижные клинья, которые взаимодействуя с неподвижными клиньями отжимаются, увеличивая диаметр конструкции, фиксируя подвеску хвостовика внутри скважины.

Клиновья подвеска гидравлического действия

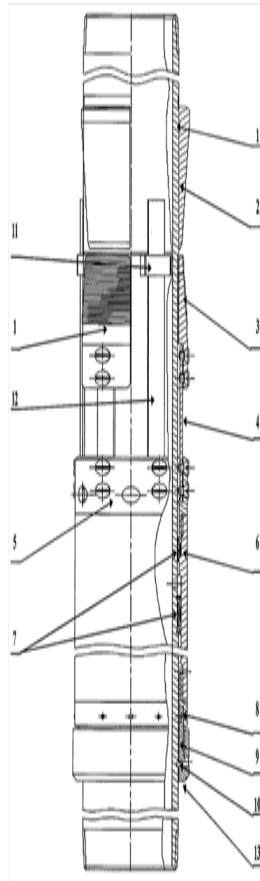


Рисунок 10. Клиновая подвеска гидравлического действия

1 – корпус подвески; 2 – неподвижные клинья; 3 – подвижные клинья; 4 – планки подвижных клиньев; 5 – наконечник; 6 – гильза; 7 – уплотнительные узлы; 8 – срезной элемент; 9 – втулка; 10 – стопорное кольцо; 11 – накладка; 12 – направляющая; 13 – стакан

Принцип действия:

На корпусе подвески 1 установлены неподвижные клинья 2. Подвижные клинья 3 соединены с планками 4. Планки 4 соединены с наконечником 5, который в свою очередь контактирует с гильзой 6. Гильза 6 закреплена на втулке 9 с помощью срезного элемента 8. Втулка 9 зафиксирована от продольного перемещения вдоль трубы стопорным кольцом 10. Накладка с отверстием 11 закреплена на корпусе 1. Внутренняя поверхность отверстия цилиндрическая с образующей, ориентированной параллельно оси корпуса 1. В отверстие накладки вставлена продольная направляющая 12, соединенная с наконечником 5. Конструкция из накладок 11 и направляющих 12 фиксирует подвижную часть

подвески в отношении вращения вокруг оси корпуса 1.

При повышении давления внутри корпуса 1 на гильзу 6 действуют силы, направленные в сторону наконечника 5. В расчетный момент силы, достаточного для среза срезного элемента 8, элемент срезается, гильза 6 с наконечником 5, перемещаясь, двигают посредством планок подвижных клиньев 4 подвижные клинья 3, которые, взаимодействуя с неподвижными клиньями 2, отжимаются, увеличивая диаметр конструкции, фиксируя подвеску хвостовика внутри скважины.

Разделы не подлежащие публикации в связи с разработкой новой технологии, претендующей на патент:

1 Литературный обзор:

- Разработка схем забойных шароуловителей.
- Разработка схем забойных шаропитателей.

3 Разработка конструкции съемной сопловой насадки:

- Разработка схем съемной сопловой насадки.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В данном разделе выпускной квалификационной работы производится расчет затрат на внедрение модернизированного шароструйно-эжекторного бурового снаряда (ШЭБС) в производственную систему бурения скважин, а также расчет экономичности и целесообразности внедрения ШЭБС взамен обычных долот.

Реализация проекта предполагает последовательное внедрение ШЭБС с сопутствующей переоснасткой вспомогательного оборудования.

На кафедре бурения скважин Томского политехнического университета была создана установка для абразивного бурения с применением долота гидромониторно-эжекторного типа, в дальнейшем преобразованная в установку для шароструйного бурения.

В данной работе проведена модернизация шароструйного долота с перерасчетом его параметров для реальных полевых испытаний.

Параллельно в другой работе произведены расчет и конструирование съемной сопловой насадки, которая в совокупности с модернизированным долотом позволит применять шароструйное бурение для разработки и освоения скважин на нефть, газ и воду.

Применение данного метода бурения очень важно для бурения в целом, так как сокращается время на спуско-подъемные операции, становится возможной подача шаров без извлечения колонны, что в конечном итоге ведет к увеличению рейсовой скорости и повышению технологической и экономической эффективности.

4.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

Таблица 2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Увеличение скорости бурения на 20-30%. С2. Не требует переквалификации кадров. С3. Интеграция в существующие механизмы. С4. Положительные результаты испытаний.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ» Сл2. Необходимость замены буровых насосов на более мощные.
Возможности: В1. Существование потенциального спроса на альтернативные способы бурения со стороны буровых компаний В2. Сокращение времени на спуско-подъемные операции В3. Исключение вращения буровой колонны, а, следовательно, меньший износ бурильных труб.	1. Удовлетворение потенциального спроса на продукт со стороны развивающихся компаний за счет увеличения скорости бурения, уменьшения износа труб и возможности интеграции в существующие механизмы 2. Увеличение рейсовой скорости бурения за счет сокращения времени на спуско-подъемные операции	Вероятность неправильного использования продукта в связи с неправильной настройкой оборудования, а также недостаточной мощностью насосов.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на модернизацию У2. Развитая конкуренция иных способов бурения	1. Невозможность интегрировать продукт в существующие механизмы вследствие консервативных взглядов компаний. 2. Жесткая конкуренция на рынке в связи с подавляющим использованием традиционных методов	1. Простои в связи с переходом на другой метод бурения. 2. Незаинтересованность компаний в покупке и замене насосов.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки с имеющимися аналогами и определить направления для ее будущего совершенствования. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реально оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Таблица 3 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,11	4	3	2	0,44	0,44	0,22
2. Удобный в эксплуатации	0,09	3	2	2	0,27	0,18	0,18
3. Надежный	0,1	3	3	4	0,3	0,3	0,4
4. Возможность интеграции в существующие механизмы	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
6. Простота эксплуатации	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	4	5	2	0,36	0,45	0,18

Продолжение таблицы 3

2. Уровень проникновения на рынок	0,03	2	4	4	0,06	0,12	0,12
3. Цена	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Обслуживание	0,11	3	3	4	0,33	0,33	0,44
6. Финансирование	0,03	4	2	2	0,12	0,06	0,06
Итого	1	39	35	33	3,34	3,08	2,79

- Б_ф - Бурение с применением ШЭБС;
- Б_{к1} – Бурение забойным двигателем с долотом PDC;
- Б_{к2} - Роторное бурение с долотом PDC.

Проанализировав данную карту, можно сделать вывод, что предлагаемый продукт может составить достойную конкуренцию существующим методам бурения по таким параметрам, как цена, удобство и простота эксплуатации, увеличение производительности. Однако для этого необходимо выводить его на рынок, широко рекламировать и предлагать компаниям, подкрепляя результатами успешных полевых испытаний.

В основном низкая конкурентоспособность объясняется относительной новизной и, как следствие, малой популярностью шароструйного бурения.

4.3 Формирование организационной структуры управления инженерным проектом

Формирование структурной схемы имеет принципиальное значение, поскольку при нем определяются главные характеристики организации, а также направления, по которым должно быть осуществлено более детальное проектирование, как организационной структуры, так и других важнейших аспектов системы (внутриорганизационного экономического механизма, способов переработки информации, кадрового обеспечения).

Самым распространённым видом структуры иерархического типа является линейно-функциональная (рисунок 5.1). В основу её построения положены: линейная вертикаль управления и специализация управленческого труда по

функциональным подсистемам организации (маркетинг, производство, исследования и разработки, финансы, персонал и др.).

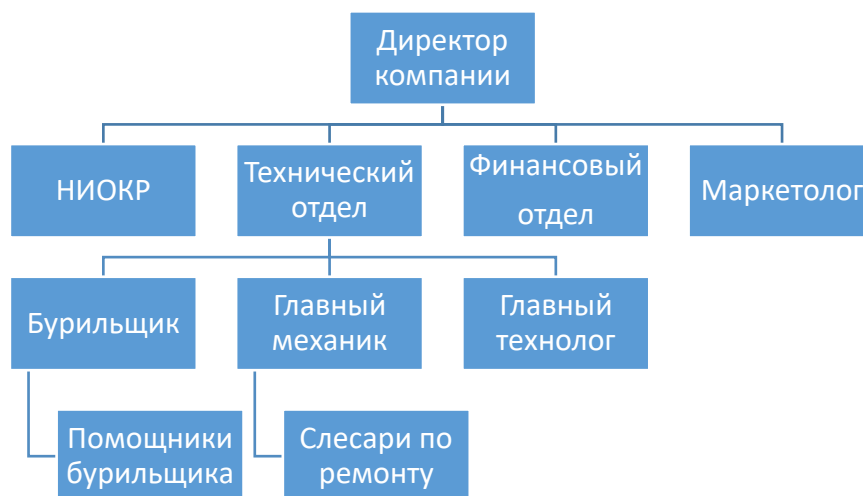


Рисунок 11. - Линейно-функциональная структура управления

4.4 Составление бюджета разработки и внедрения инженерных решений

Расчет фонда заработной платы персонала проводится в таблице 3. Результаты данного расчета понадобятся для определения калькуляции себестоимости модернизации буровой установки, приведенной в таблице 4.

Таблица 4 - Расчет фонда заработной платы персонала

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
Супервайзер	49000	1750	10	3,24	56700
Бурильщик	45000	1607,14	10	3,24	52072
Помощник бурильщика	41000	1464,3	10	3,24	47443
Слесарь	37000	1321,43	10	3,24	42814
Дизелист	32000	1142,85	10	3,24	37029
Итого:					236058

Таблица 4 - Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статей расхода	Ед. изм.	Сумма, руб.
Топливо на технологические цели	л.	100000
Энергия всех видов на технологические цели	кВт	165000
Заработная плата рабочих	руб.	179358
Изготовление ШЭБС	руб.	300000
Закупка полного комплекта шаров	руб.	150000
Закупка бурового насоса УНБТ-950+привод	руб.	9000000
Доставка нового оборудования на месторождение	руб.	150000
Заработная плата ИТР	руб.	56700
Общепроизводственные расходы	руб.	10000
Итого	руб.	10111058

4.5 Проведение анализа безубыточности инженерного проекта

Так как шароструйное бурение применимо только для крепких и очень крепких пород, проведем сравнительный анализ с бурением в крепких породах долотами PDC, стоимость которых достигает 1.5 млн. рублей, а проходка на долото до 14 тыс. м.

Положим, что бурится эксплуатационная скважина глубиной 4500 м, для которой характерна большая проходка и скорость бурения. Время бурения данной скважины составляет приблизительно 40 суток. Также допустим, что при бурении обычным способом применялись два насоса УНБ 600. В связи с повышенным расходом бурового раствора при шароструйном бурении, один из насосов, подающий раствор в скважину необходимо будет заменить на насос УНБТ 950 с более высокими показателями.

Результаты, полученные А. Б. Уваковым [5] в ходе лабораторных и полевых исследований данного способа бурения, показали возможность достижения высоких механических скоростей бурения (до 20 м/час в крепких горных породах), а результаты работы С.А. Заурбекова показали превышение

механической скорости на 20% и проходки на долото на 43% по сравнению с серийными долотами при бурении пород средней твердости.

Как известно, затраты времени на спуско-подъемные операции составляют 30—40 % общих затрат времени на бурение. Применение ШЭБС с улавливающе-подпитывающим устройством позволяет снизить временные затраты на спуско-подъемные операции на 10-15%.

Из сведений сервисных компаний возьмем среднюю стоимость бурения скважин глубиной 3500-5000 м равной 90 млн. руб.

Главный положительный эффект применения предлагаемой модернизации – снижение времени на бурение, а следовательно уменьшение затрат. Временные затраты из общей суммы составляют 20 млн. руб.

Таблица 5 - Исходные данные

Глубина скважины, м	L=4500
Продолжительность бурения до модернизации, дни	$t_{\text{общ}}^0$
Продолжительность бурения после модернизации, дни	$t_{\text{общ}}^0$
Время на спуско-подъемные операции до модернизации, дни	$t_{\text{СПО}}^0$
Время на спуско-подъемные операции после модернизации	$t_{\text{СПО}}^0$
Время на бурение операции до модернизации, дни	$t_{\text{бур}}^0$
Время на бурение операции после модернизации, дни	$t_{\text{бур}}^0$
Скорость бурения до модернизации, м/день	V_0
Скорость бурения после модернизации, м/день	V
Стоимость бурения скважины, млн. руб.	$C = 90$
Удельные капиталовложения в модернизацию буровой, руб.	K

Из экспериментальных данных:

$$t_{\text{СПО}}^0 = 0,35 \cdot t_{\text{общ}}^0 = 0,35 \cdot 40 = 14 \text{ дней,}$$

значит время на СПО после модернизации составит:

$$t_{\text{СПО}} = 0,3 \cdot t_{\text{общ}}^0 = 12 \text{ дней.}$$

Также из экспериментальных данных:

$$V = 1,1 \cdot V_0 \quad (5.1)$$

Следовательно:

$$t_{\text{бур}} = \frac{t_{\text{бур}}^0}{1,1} = \frac{t_{\text{СПО}}^0 - t_{\text{общ}}^0}{1,1} = \frac{40 - 14}{1,1} = 23,63 \text{ дней.} \quad (5.2)$$

Таким образом, общее время бурения после модернизации составит:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{СПО}} + t_{\text{бур}} = 12 + 23,63 = 35,63 \approx 36 \text{ дней.} \quad (5.3)$$

Экономия времени составляет:

$$\Delta t = t_{\text{общ}} - t_{\text{общ}}^0 = 40 - 36 = 4 \text{ дня.} \quad (5.4)$$

Для того, чтобы выразить это в денежном эквиваленте, найдем стоимость одного дня бурения:

$$C_{1 \text{ дня}} = \frac{20 \text{ млн.}}{40} = 500000 \text{ руб.}$$

Общая экономия при сокращении буровых работ на 4 дня составит:

$$\Delta C = 4 \cdot 500000 = 2000000 \text{ руб.}$$

Значит, за год экономия составит 20 млн. руб.

Стоит отметить, что ведется расчет на одну буровую установку.

Персонал такой буровой установки бурит за год в среднем 10 скважин.

Проходка на шароструйное долото составляет примерно 10 000 м, а следовательно, при бурении эксплуатационных скважин глубиной до 5 000 м требуется заменять долото и сопутствующие материалы, в то время как насос УНБТ 950 имеет гораздо больший срок службы и относится к постоянным затратам. Таким образом:

$$FC = 9246058 \text{ руб.}$$

$$VC = 865000 \text{ руб.}$$

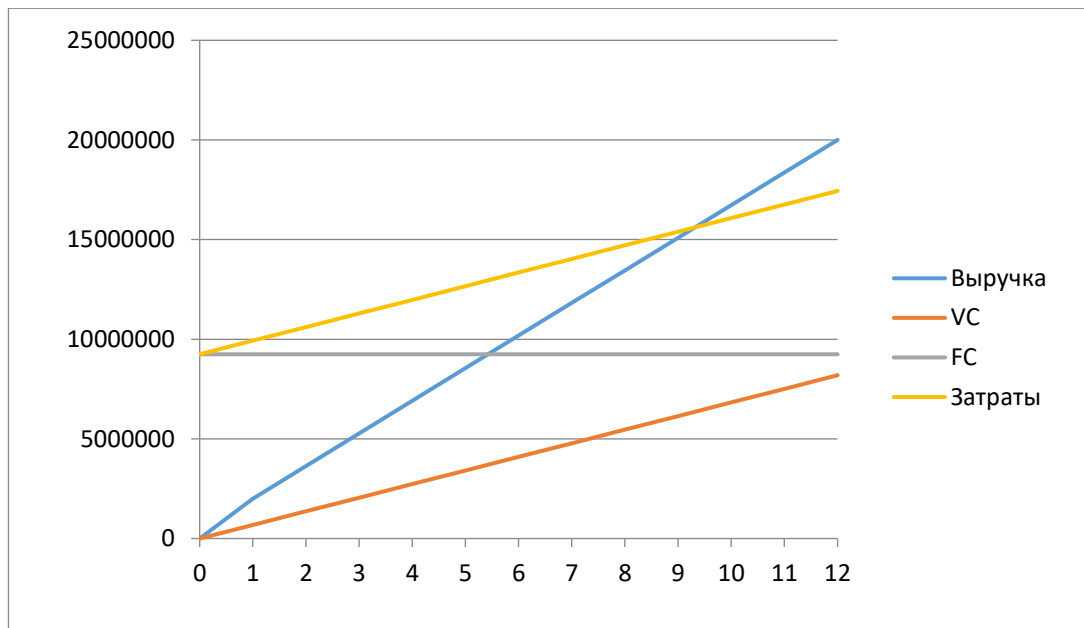


Рисунок 12 – График срока окупаемости модернизации.

На графике видно, что срок окупаемости модернизации составляет девять с половиной месяцев.

4.6 Оценка эффективности инженерных решений

Оценка экономических результатов инновационного проекта производится на основании годовых показателей, рассчитанных по годам длительности жизненного цикла реализации проекта.

ЧДД – по международной терминологии NPV – или интегральный эффект:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - S_t) \frac{1}{(1 + n)^t} \quad (5.7)$$

где R_t – результаты, достигнутые на t-шаге расчета;

$R_t = \text{Пр} + A$;

Пр – чистая прибыль;

A – амортизационные отчисления;

S_t – затраты, осуществляемые на том же шаге;

T – горизонт расчета, равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта, т.е. последнему году жизненного цикла проекта;

n – норма дисконта.

На практике пользуются модифицированной формулой для определения ЧДД. Для этого из состава затрат S_t исключают капиталовложения и обозначают K_t – капиталовложения в год t . Сумма дисконтированных капиталовложений вычисляется как:

$$K = \sum_{t=0}^T K_t (1 + n)^{-t} \quad (5.6)$$

где t - год вложения средств.

Тогда:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{\text{Пр}_t + A_t}{(1 + n)^t} - \sum_{t=0}^T K_t (1 + n)^{-t} \quad (5.7)$$

Если $\text{ЧДД} > 0$, то проект является эффективным (при данной норме дисконта). Чем больше ЧДД, тем проект эффективнее.

Капиталовложения в первый год были определены при калькуляции себестоимости и составляют:

$$K_t = 10111058$$

$$\text{ЧДД} = \frac{20000000}{(1 + 0,1)^1} - \frac{10111058}{(1 + 0,1)^1} = 16528926 - 8356246 = 8172680 \text{ руб.}$$

$\text{ЧДД} > 0$, следовательно, проект является эффективным.

4.7 Анализ потенциальных рисков и разработка мер по управлению ими

Под проектными рисками понимается, как правило, предполагаемое ухудшение итоговых показателей эффективности проекта, возникающее под влиянием неопределенности. В количественном выражении риск обычно определяется как изменение численных показателей проекта: чистой приведенной стоимости (ЧДД), внутренней нормы доходности (ВНД) и срока окупаемости.

Результатом качественного анализа рисков является описание

неопределенностей, присущих проекту, причин, которые их вызывают, и, как результат, рисков проекта.

В результате будет сформирован перечень рисков, которым подвержен проект. Далее их необходимо проранжировать по степени важности и величине возможных потерь.

Действия по снижению проектного риска ведутся в двух направлениях: избежание появления возможных рисков и снижение воздействия риска.

Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу руководитель способен, уменьшая действие неблагоприятных факторов. Необходимо в этом разделе составить перечень простых рисков, а также мероприятия по их снижению.

Таблица 6. Риски и меры по ограничению их последствий

Виды рисков	Меры по ограничению последствий рисков
<ul style="list-style-type: none"> • Изменения законодательства • Рост налогов 	<ul style="list-style-type: none"> • Изучение изменений в российском законодательстве
<ul style="list-style-type: none"> • Появление альтернативного продукта 	<ul style="list-style-type: none"> • Систематическое изучение конъюнктуры рынка • Активные маркетинговые действия
<ul style="list-style-type: none"> • Снижение платежеспособности потребителей • Инфляция • Рост цен на ресурсы 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание резерва для покрытия непредвиденных расходов • Расширение состава поставщиков
<ul style="list-style-type: none"> • Непредвиденные обстоятельства (аварии, стихийные бедствия, политическая нестабильность) 	<ul style="list-style-type: none"> • Страхование имущества и транспортных перевозок

Продолжение таблицы 6

<ul style="list-style-type: none">• Небрежность и недобросовестность работников	<ul style="list-style-type: none">• Определение мер воздействия к неисполнительным работникам
<ul style="list-style-type: none">• Нарушение технологии или освоение новой технологии	<ul style="list-style-type: none">• Обучение персонала работе на новом технологическом оборудовании

Вывод

Результаты данного раздела подтверждают целесообразность внедрения модернизированного шароструйно-эжекторного бурового снаряда.

SWOT-анализ показал, что шароструйное бурение обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным бурением с использованием шарошечных долот и долот PDC.

Эффективность проекта подтверждается положительным ЧДД. А срок окупаемости в девять с половиной месяцев доказывает высокую степень экономичности при значительной себестоимости.

Анализ конкурентных технических решений позволил выявить, что шароструйный способ бурения мало применяем ввиду его относительной новизны. Однако в наше время ведется активный поиск альтернативных решений для бурения и использование ШЭБС является выгодным направлением и при хорошем продвижении способен составить конкуренцию применяемым на данный момент методам бурения.

5 Социальная ответственность

Введение

В данной магистерской диссертации снаряд проектируется для полевых испытаний. В связи с этим данный раздел посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при работе на буровой установке.

В качестве персонала рассматривается бурильщик. Рабочим местом бурильщика является пульт управления.

Работу выполняет в основном стоя. Следит за приборами на пульте управления. Регламентированные перерывы – 3% от рабочего времени.

В его обязанности входит участие в подготовительных работах к пуску буровой, руководство работами по приготовлению и химической обработке промывочной жидкости, подготовка скважин к геофизическим работам, принятие первоначальных мер по ликвидации аварий и осложнений, проверка состояния противовыбросовой арматуры, подготовка и выполнение работ по креплению скважины, выполнение всех работ, связанных с опробованием скважины.

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

5.1 Производственная безопасность

При работе со скважиной кроме химических веществ вредное влияние также оказывает производственный шум. В таблице 10 приведены допустимые уровни звукового давления. Для смягчения пагубного влияния звука с высоким уровнем давления на слуховой аппарат человека, рекомендуется применять звукоизолирующие наушники. [27]

Таблица 7. Допустимые уровни звукового давления, дБ

Объект	Рабочее место зона	Уровень звука, дБ	Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Передвижная подъемная установка	У пульта управления	94	91	94	96	90	88	83	75	70
Передвижная подъемная лебедка	В кабине при закрытом окне или двери	113	104	106	106	109	107	102	96	89
Агрегат «Бакине ц-3М»	В кабине (подъем)	---	100	89	96	95	96	94	87	80
	на устье	---	---	86	84	85	84	80	78	73

5.1.1 Метеорологические условия

Так, как многие работы на промысле производятся на открытом воздухе, то стоит обратить внимание на метеорологические условия (температура, влажность, ветер и т.д.) и их влияние на рабочих. Метеорологические условия колеблются в зависимости от времени суток и сезона. Суровые метеорологические условия, один из важных факторов получения травм и рабочей недееспособности. Известно, что при высоких температурах человек теряет концентрационные качества. Появляются невнимательность, торопливость и т.д. При низких температурах - наблюдаются физические отклонения (нарушается моторика кистей и всего тела из-за повышенной тепло-потери организма). Ещё один важный фактор влияющий на тепло-отдачу организма-это влажность. При температуре +18С влажность должна быть от 30 до 70%. Если влажность меньше чем 30%, то влажность-низкая. Если же влажность выше 70% до влажность-высокая. Оба этих фактора, являются губительными для здоровья человека. Сухой воздух увеличивает вывод из организма влаги и плохо влияет на слизистые человека. Влажный воздух мешает испаряться жидкости с кожи и соответственно мешает теплообмену организма,

а так же может повлиять на обострение болезней: гипертоническая болезнь, атеросклероз и т.д.

При работе на открытом воздухе правилами безопасности предусмотрены мероприятия по защите рабочих от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов: снабжение рабочих спецодеждой и спец обувью; устройство укрытий, зонтов над рабочими местами, помещений два обогрева рабочих (культбудки) и т. д.

Во время сильных морозов, ветров, ливней, всякие работы запрещаются. К числу мероприятий по улучшению условий труда при работе на открытом воздухе относится также создание микроклимата на рабочих местах с помощью соответствующих агрегатов и устройств.

5.1.2 Электромагнитное излучение

Электромагнитное поле сверхвысоких напряжений может пагубно повлиять на здоровье человека. Статистика медицинских учреждений гласит о том, что рабочие, которые находятся рядом с высоким напряжением из-за влияния электромагнитного поля в промышленных частотах подвержены повышенной утомляемостью, проблемами с артериальное давлением и изменениям частоты сердечных сокращений, а так же болям в сердце. Ниже приведены разрешимые уровни электромагнитного поля:

- предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.
- пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.
- пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.
- при напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

В качестве средств индивидуальной защиты применяется спецодежда,

изготовленная из металлизированной ткани[29]

5.1.4 Вредные вещества

Для уменьшения опасности вредных веществ, для человека ограничивают применение их по числу и объему, а где возможно, заменяют высокотоксичные на менее токсичные, сокращают длительность пребывания людей в загрязненном воздухе и следят за эффективным проветриванием производственных помещений. В особо опасных условиях применяют следующие индивидуальные средства защиты: фильтрующие противопылевые средства защиты, газопылезащитные средства, шланговые противогазы ПШ-1, изолирующие кислород приборы (КИП), автономные дыхательные аппараты, очки, маски, светофильтры, противопылевые комбинезоны, перчатки и т.д.

Буровые растворы готовятся непосредственно на буровой. Загрязняющая способность буровых растворов зависит, прежде всего, от количества и токсикологической характеристики химических реагентов применяемых для их обработки.

Предельно допустимые концентрации некоторых химических реагентов регламентируются для воздуха рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, таблица 11.

Таблица 8. Предельно допустимые концентрации химических реагентов в воздухе рабочей зоны

Наименование реагентов	Цемент	ОП ₇ (ПАВ)	Нефть	КМЦ	Глино-порошок	Асбест	Сода Na ₂ CO ₃
ПДК, мг/м ³	6,0	3,0	10	10	4	6	2
Класс опасности	4	4	3	3	4	4	3

Практически все химические реагенты доставляются на буровую в сухом виде. Затаривание в емкость глиномешалки производится через верхний люк, при этом часть химических реагентов остается в воздухе и рабочие,

производящие эту операцию, дышат этим воздухом. Как следствие, у рабочих могут развиваться некоторые виды болезней.

Таблица 9 Спецодежда, спецобувь и средства индивидуальной защиты

Наименование	ГОСТ, ОСТ, ТУ на изготовление	Количество, шт
Костюм брезентовый или х/б с водоотталкивающей пропиткой	ГОСТ 27651-88 ГОСТ 5394-89	На каждого члена бригады
Сапоги кирзовые	ГОСТ 12.4.010-75	
Рукавицы брезентовые	ГОСТ 29335-92	
Костюм зимний Валенки	ГОСТ 18724-88	
Расператор типа «Лепесток»	ГОСТ 12.4.028-76	2
Предохранительный пояс верхового	ГОСТ 12.4.089-86	2
Монтажные когти и пояс	-	2
Сумка брезентовая для инструмента для работы на высоте	-	2
Виброгасящие коврики под ноги у пульта бурильщика и АКБ-3М	ГОСТ 26568-85	1
		6
Щиток-маска эл/сварщика	ГОСТ 12.4.023-84	6
Очки открытые (ОЗО)	ГОСТ 12.4.013-85	2
Очки закрытые (ОЗЗ)	ГОСТ 12.4.013-85	
Подставка диэлектрическая	ГОСТ 4997-75	5
Спецодежда для работы с кислотами и реагентами	ГОСТ 27652-88	1
Аптечка медицинская первой помощи	ГОСТ 23267-78	1

5.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

На КС могут быть выявлены следующие проявления опасных факторов:

- электробезопасность;
- пожаробезопасность.

5.2.1 Электробезопасность

При проектировании рабочего места учитываются все возможные риски при использовании электроэнергии и применяются методы избегания опасностей. Электрические датчики систем контроля и управления технологическим процессом должны быть во взрывозащищенном исполнении и рассчитываться на применение в условиях вибрации, образования газовых гидратов, отложений парафина, солей и других веществ либо устанавливаться в условиях, исключающих прямой контакт с транспортируемой средой. Электробезопасность на рабочем месте контролируется ГОСТ 12.1.019-79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты», согласно которому во избежание поражения электрическим током следует применять такие технологические приемы, как заземление, зануление, защитное отключение, контроль изоляции. Эти приемы можно отнести к коллективным средствам защиты. К индивидуальным средствам защиты относятся изолирующая одежда (при монтаже токоведущих частей установок) и соблюдения техники безопасности на рабочем месте [30].

5.2.2 Пожаробезопасность

При выполнении работ в нефтегазовом производстве присутствует риск возникновения пожаров. Для предупреждения которых в производстве используются предохранительные клапана, плавкие предохранители в электроцепях и т.п.

При тушения пожара применяют следующие средства: охлаждение очага возгорания ниже допустимой температуры; разбавление воздуха невозгорающими газами до концентрации кислорода, при котором горение прекращается; механический уничтожение пламени струей газа или жидкости; снижение скорости воздействия химической реакции, протекающей в пламени; образование условий огнепреграждения, от которых пламя пойдет через узкие проходы. Первичные средства пожаротушения на промысле: огнетушители, внутренние пожарные краны, пожарный инвентарь (ящики с песком, бочки с водой, пожарные ведра, совковые лопаты, асбестовые полотна, войлок, кошма) и пожарный инструмент (багры, ломы, топоры и др.).

Организационные и организационно-технические процедуры по гарантированию пожарной безопасности должны включать осуществление контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности [28].

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Воздействие на атмосферу.

Воздействие нефтяной и газовой промышленности на основные компоненты окружающей среды (воздух, воду, почву, растительный, животный мир и человека) обусловлено токсичностью природных углеводородов, их спутников, большим разнообразием химических веществ, используемых в технологических процессах, а также все возрастающим объемом добычи нефти и газа, их подготовки, транспортировки, хранения, переработки и широкого разнообразного использования.

При бурении нефтяных скважин в окружающую среду поступает большое количество загрязняющих веществ различной степени токсичности, которые оказывают значительный вред всем компонентам окружающей среды [26].

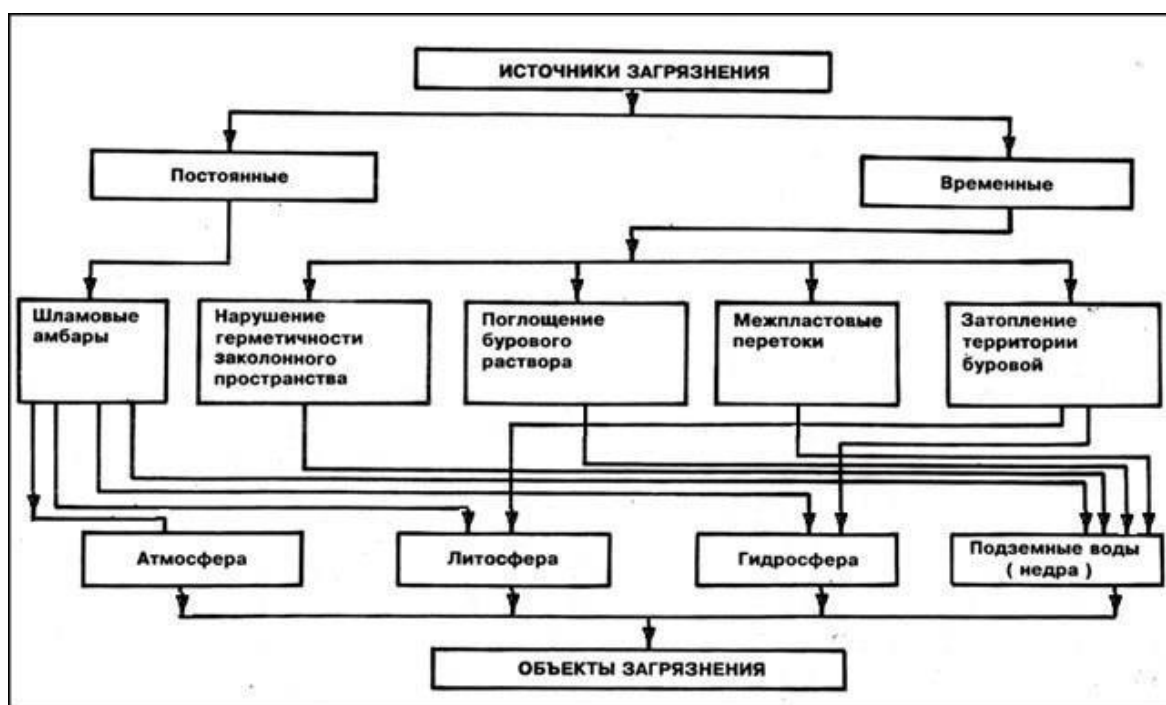


Рисунок 13. Систематизация источников загрязнения при бурении скважин.

Постоянными источниками загрязнения атмосферы, почвы, подземных и поверхностных вод являются шламовые амбары, которые представляют собой природоохранные сооружения, предназначенные для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов бурения нефтяных скважин.

К основным загрязнителям сточных вод относятся буровые растворы (особо опасны на нефтяной основе), химические реагенты, а также диспергированные глины, выбуренные породы, утяжелители (механическая примесь), смазочные масла, буровой шлам, содержащий все химические соединения, используемые при приготовлении буровых растворов.

Причины опасного загрязнения растворами водоемов (особенно при наличии земляных амбаров) связаны с переливами и выбросами бурящихся скважин, избыточного раствора, образующегося при разбурировании глинистых пород, сбросом растворов в овраги и водоемы, перетоками их по поглощающим горизонтам (пластам) и др.

Загрязнение территории вокруг буровой можно значительно снизить

удалением выбуренной породы (шламоочистными сооружениями). Для очистки растворов можно эффективно использовать вибрационные сита, гидроциклонные пескоотделители, шламоочистители, гидроциклонные установки и центрифуги.

На участках, выделенных для размещения буровых установок, плодородный слой земли снимают и складировуют.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды горюче – смазочными материалами дизельное топливо и другие, горюче – смазочные вещества, необходимые для работы буровой установки, хранят в специальных емкостях.

При строительстве скважин загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами происходит на всех этапах строительства.

Специфика строительства нефтяных и газовых скважин характеризуется, в основном, неорганизованными выбросами вредных веществ в атмосферу, рассредоточивающимися на значительной территории.

Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу от неорганизованных источников обеспечивается герметизацией циркуляционной системы бурового раствора при безамбарном бурении, герметизацией емкостей блока приготовления БР, системы сбора и очистки буровых вод, устья скважины, системы приема и замера пластовых флюидов, поступающих при испытании скважины.

5.3.2 Защита селитебной зоны

Расположение производственной территории относительно селитебной:

- При проектировании зоны необходимо обеспечить защиту селитебной территории от загрязнения промышленными газами, отходами, сточными водами.
- Промышленные предприятия должны быть удалены от селитебной

территории на расстояние, соответствующее степени вредности предприятия.

В соответствии с Санитарными Нормами 245-71, в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса установлена протяженность санитарно-защитной зоны.

Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, разрабатываемому одновременно с проектом строительства или реконструкции предприятия.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выделяемыми стационарными источниками: котельной, двигателями внутреннего сгорания буровых установок, факельными блоками размещение их осуществляется с учетом господствующего направления ветра.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Пожары

Опасность пожаров и взрывов на производственных объектах нефтегазодобывающей промышленности характерна для всех технологических процессов начиная от добычи нефти, газа или конденсата и заканчивая их переработкой. По взрыво- и пожароопасности объекты нефтяной и газовой промышленности относятся к категории «А».

Причины взрывов и пожаров могут быть различны:

- пропуски дизельного топлива, разливы нефтепродуктов и горючих веществ;
- нарушение герметичности выхлопных коллекторов двигателей, неисправность искрогасителей;
- применение открытого огня, курение, проведение сварочных работ вблизи мест хранения нефти, горюче-смазочных материалов, сгораемых конструкций и горючих веществ;
- неисправности электрооборудования, вызывающие искрение, короткое замыкание, нагрев проводов;

- перегрузка электрических приборов, оборудования.

Буровая установка должна быть оборудована следующими средствами пожаротушения:

- двумя пожарными стояками диаметром 50-60 мм;
- тремя пожарными рукавами и двумя переводниками диаметром 50-60 мм;
- огнетушителями ОП-10 в количестве бшт, ящиками с песком емкостью 0,5м³ (4шт), пожарными щитами, оборудованными лопатами, ломом, топорами, баграми, ведрами [26].

5.4.2 Открытые фонтаны

Этот вид аварий встречается повсеместно, причем особенно часто при проводке скважин на новых месторождениях нефти и газа.

Основные причины, по которым возникают открытые фонтаны:

- не соответствующая геологическим условиям конструкция скважин;
- некачественное цементирование обсадных колонн, что приводит к прорывам газа при выбросах после закрытия превентора;
- отсутствие противовыбросового оборудования на устье скважин при вскрытии продуктивных горизонтов, а также несоответствие его параметров условиям бурения скважин;
- неправильная эксплуатация противовыбросового оборудования;
- неправильный выбор для вскрытия напорных горизонтов и для бурения скважин после их вскрытия плотности промывочной жидкости;
- недостаточная промывка скважины при бурении и перед подъемом бурильной колонны;
- рост содержания газа в промывочной жидкости в процессе бурения (плохая дегазация выходящей из скважины промывочной жидкости);

Основными мероприятиями по предотвращению и ликвидации аварий

являются: проверка состояния противовыбросового оборудования, наличие средств и материалов по борьбе с нефтегазопроявлениями, обучение буровой бригады.

Вскрытие продуктивного пласта запрещается при отсутствии в КНБК клапана – отсекаателя, а под ведущей трубой шарового клапана. При снижении плотности бурового раствора во время циркуляции за счет насыщения раствора пластовым флюидом принимаются незамедлительные меры к усилению промывки скважины, дегазации бурового раствора и к доведению его параметров до технологической необходимости. Важным профмероприятием для предупреждения открытого фонтанирования является практическая подготовка буровой бригады. Бурильщик и его помощники обязаны знать условия проводки скважины и глубину залегания пласта [27].

5.4.3 Порывы, разливы нефти

Ликвидация разливов нефти и подтоварной воды производится в следующей последовательности: тщательный осмотр места аварии, для определения объемов, характера и порядка необходимых работ; доставка технических средств к месту разлива нефти; локализация нефтяного загрязнения, включающая в себя оконтуривание нефтяного загрязнения; максимально возможный сбор свободной нефти с рельефа.

Восстановление продуктивности нефтезагрязненных земель, состав и порядок работ:

- 1) первичное обследование нефтезагрязненных участков (отбор проб почвы (воды), определение границ разлива нефти;
- 2) оценка степени загрязнения почв нефтью;
- 3) выбор соответствующих технологических мероприятий;
- 4) реализация намеченного комплекса работ и текущий контроль за эффективностью выполняемых мероприятий;

По окончании работ проводится сдача рекультивированных участков

контролирующим органам.

Помимо ЧС, связанных с работой оборудования, могут возникнуть ЧС другого характера:

- ЧС стихийного характера (землетрясение, наводнение, ураган и др.);
- ЧС экологического характера (деградация почвы, изменение состояния гидросферы, недостаток кислорода, разрушение озонового слоя и др.);
- ЧС социального характера (шантаж, мошенничество, террор, заложничество, суицид, высокий уровень бедности, нехватка продовольствия и др.)[26].

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Любое предприятие должно надлежащим образом исполнять федеральное законодательство и нормативные правовые акты, регулирующие государственное управление в области безопасности жизнедеятельности, защиты окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

5.5.1 Охрана труда женщин и подростков

Запрещается применение труда женщин на тяжелых работах и на работах с вредными условиями труда, а также на подземных работах, кроме некоторых подземных работ (не физические работы или работы по санитарному и бытовому обслуживанию).

Не допускается прием на работу лиц моложе 15 лет. Запрещается применение труда лиц моложе 18 лет на тяжелых работах и на работах с вредными и опасными условиями труда, а также на подземных работах.

Несовершеннолетние (лица, не достигшие 18 лет) в области охраны труда, рабочего времени, отпусков и некоторых других условий труда пользуются льготами, установленными трудовым законодательством [27].

5.5.2 Работа с вредными и (или) опасными условиями труда

Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:

- сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);
- повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

5.5.3 Работа в ночное время

По общему правилу трудовая деятельность должна осуществляться днем, когда организм человека находится на пике активности. Именно в этот период труд наиболее производителен и безопасен для окружающих и самого работника. Но в современных условиях ограничиться только дневной работой невозможно. По самым разным причинам возникает необходимость привлекать сотрудников к выполнению их обязанностей в ночное время. Эта работа связана с неблагоприятным воздействием на организм человека, и законом таким работникам гарантируется щадящий режим и повышенная оплата труда [31].

5.5.4 Применение спецодежды и СИЗ

Основной регламентирующий документ о применении СИЗ и спецодежды это ТК РФ. Он вносит определение спецодежды как таковой, средств индивидуальной и коллективной защиты, определение вредного и опасного производственных факторов.

Применение спецпитания и особого лечебно-профилактического обслуживания.

Лечебно-профилактическое питание - это специально подобранные

рационы питания, способствующие предупреждению нарушения обмена веществ под действием вредных профессиональных факторов.

В рацион рабочих вредных профессий включаются пищевые вещества:

- ускоряющие или замедляющие превращение в организме токсичных веществ или продуктов их метаболизма
- ускоряющие выведение токсичного вещества из организма
- тормозящие процессы всасывания токсичного вещества в кишечнике

5.5.5 Надзор за охраной труда

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации. Эта система осуществляет надзор и контроль за соблюдением российского законодательства о труде и охране труда, нормативных актов о возмещении вреда, причиненного здоровью работника, о социальном страховании и выполнении коллективных договоров на предприятиях, в учреждениях и организациях независимо от формы собственности.

Приложение А

Abrasive Drill for Hard Rocks

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Виноградов Евгений Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	к.т.н		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Стрельникова Анна Борисовна	к.ф.н.		

Water and abrasive jetting, and mechanical techniques facilitate hard rock drilling

The U.S. Bureau of Mines has patented and introduced into the industry an abrasive enhanced water-jet rock drill. This drill incorporates three novel components: a collimator, jet deflectors for cutting clearance, and an unpressurized swivel, which rotates at 1,000 rpm while passing 20 gpm of an abrasive slurry flowing at 1,000 ft/s[1].

Drilling occurs through the action of a 10,000-psi, 20-gpm water. The pumps, hoses, and fittings are those commonly used in the water-jet-cleaning industry. Only inexpensive, common sandblasting abrasives are used.

This drill can cut through hard rocks with moderate-pressure jets; e.g., rocks with a compressive strength of 73,000 psi can be drilled with a 10,000-psi abrasive jet. In addition to drilling holes, the drill can cut deep, narrow kerfs; collar a hole at any angle; drill through rubble; and chamber holes.

The development of the abrasive jet drill is a significant advance in hard-rock drilling. It was suggested by George A. Savanick and Walter G. Krawza. The Government of the United States has licensed the abrasive jet drill patent to Weatherford Water Jetting Systems.

The Bureau's abrasive-enhanced water-jet drill offers the following advantages over other rock drills.

1. Can operate with a pressure that is far lower than that of conventional water-jet drills. The abrasive water-jet drill can cut hard rock with a compressive strength of 70,000 psi with 10,000-psi water pressure. Other water-jet drills must use a pressure approximately equal to the compressive strength of the rock. The abrasive-enhanced water-jet drill uses only commercially available hoses and fittings commonly used in the water-jet-cleaning industry.

2. Does not physically contact the rock and, thus, does not have to absorb the force of the rock pushing back on the drill rod. This permits the drill to be built of much lighter materials than conventional drills.

3. Does not require a bit.

4. Can enlarge (chamber) selected parts of the drill hole by slowing the penetration rate. This capability would be helpful to mine operators who must blast tough rock. The chambers can be loaded with extra explosive to put increased rock-breaking power where it is most needed.
5. Can penetrate uncompacted, loose rock. This ability could be used to drill probe holes or blastholes in gob areas of mines.
6. Can drill holes that overlap. Overlapping holes can be strung together to create a kerf.
7. Can make small-diameter (less than 1 in) holes. These small holes are ideal for resin-grouted rock bolts because their smaller size decreases the volume of grout required.
8. Conventional rotary or percussive rock drills are incapable of performing the functions described under items 5, 6, and 7. [1]

Retractable pellet impact drill bit

The invention of John M. Camp and John E. Eckel, Tulsa, Okla assignors to Standard Oil Development Company concerns a novel form of drill bit of a nature permitting insertion and retraction of the drill bit through and from a drill string or casing maintained in drilling position in a borehole. The drill bit of this invention embodies what has been called the pellet impact drilling method. In accordance with this method, apparatus is provided to eject a high velocity directed jet of fluid in which a multitude of spherical pellets are entrained. Impact of these pellets against the formation to be drilled causes a fracturing or pulverizing action to accomplish effective drilling. It is the purpose of this invention to provide a drill bit arrangement such that the full benefits of pellet impact drilling may be obtained while permitting insertion and retraction of the drill bit through a drill string on which the drill bit is to be employed. [2]

The invention of John M. Camp and John E. Eckel, Tulsa, Okla couples two basic objectives to provide a desirable form of drill bit. First the invention utilizes the

impact of a multitude of pellets to secure drilling action. It has been found that this type of drilling offers many advantages. For example, pellet impact drilling does not require maintenance of weight on the drill bit so that lightweight tubing may be employed if desired. Again rotation of the drill bit is optional and if employed may utilize a slow rotational rate requiring little rotary torque. Finally, drill bits of the character pellet impact drilling may be constructed to have a prolonged operational life, as no portion of the drill bit is called on to directly bear against the formation for drilling purposes. [2]

The objective of employing this desirable form of drilling is coupled in this invention with the objective of permitting “drilling with casing.” In drilling with casing, the purpose is to support the drilling tool on a string of conventional casing rather than on the drill pipe which is conventionally employed. The casing will have a diameter somewhat less than the borehole drilled so that it can be lowered without obstruction into the borehole. To make this technique practical it is necessary that all drilling operations be conducted without necessity for withdrawing the casing from the hole. This entails the necessity for providing an extensible form of drill bit which can be passed through the casing and extended below the casing to drill a borehole which is greater in diameter than the casing. Again it is necessary that such a drill bit be retractable to permit removal through the casing itself without necessitating removal of the casing from the borehole. [2]

John M. Camp and John E. Eckel claimed in 1954:

1. A retractable drill bit comprising in combination: a tubular drill collar having at least one interior circumferential groove, a tubular mandrel element fitting within said drill collar in sliding relationship therewith, said mandrel having at least two exterior circumferentially spaced longitudinal grooves, a plurality of support members each positioned within one of said longitudinal grooves in slidable relationship between said mandrel and said drill collar, a plurality of shroud segments, one suspended from each of said support members, a latching means pivotally fixed to each of said support members and adapted to extend into one of said circumferential grooves whereby to limit downward movement of each support with respect to the drill

collar, and at least one nozzle element fixed to the lower termination of said tubular element.

2. Drill bit as defined by claim 1 including a latching means pivotally fixed to said mandrel and adapted to extend into one of said circumferential grooves whereby to limit upward movement of said mandrel relative to said drill collar.

3. Drill bit as defined by claim 1 including a packing element between said drill collar and said mandrel whereby to provide a fluid seal there between.

4. Drill bit as defined by claim 1 wherein each of said longitudinal grooves is provided with an inwardly extending recess at a selected point along its length to receive one of said latching members whereby to transfer lifting force from said mandrel to each of said support members.

5. Drill bit as defined by claim 4 wherein individual recesses are spaced at different vertical levels whereby upon raising said mandrel said shroud segments will be retracted into said drill collar in sequence.

6. Drill bit as defined by claim 1 wherein the lower termination of said mandrel is adapted to bear against each of said shroud elements when said latching means extends into said circumferential groove whereby to wedge said shroud elements against the lower termination of the drill collar.

7. Drill bit as defined by claim 1 wherein four support members, four shroud segments, and four longitudinal grooves are employed, each of said longitudinal grooves having an inwardly extending recess at a selected point along its length to receive one of said latching members whereby to transfer lifting force from said mandrel to each of said support members, two of said recesses being at a different level than the remaining two whereby, upon raising said mandrel, said shroud segments will be retracted into said drill collar sequentially in pairs. [2]

Shot drilling-pellet impact drill bit

The invention of Ramsey G.H. in 1955 concerns a novel method and apparatus for the drilling of bore holes. The invention utilizes what has been called pellet impact

drilling in combination with the shot drilling effect. Accordingly, apparatus is provided to eject a high velocity, directed stream of pellets against the central portion of a bore hole. The pellets are directed through a nozzle assembly for this purpose, which is arranged in an enlarged, massive head member having the general configuration of the drilling pattern cut by pellet impacts. The outer portion of this body member is provided with helical grooves. The pellets are circulated after impact so as to seat in these grooves and roll upwardly during rotation of the drill to “shot drill” the walls of the bore hole. [3]

In 1955 it was discovered that remarkably effective drilling action may be obtained by directing a stream of high velocity pellets against an earth formation to be drilled. By the nature of this process, pellet impact drilling is best adapted for penetrating the central portion of a bore hole to provide a drilled opening of limited diameter. It is the purpose of G.H Ramsey’s invention to improve this basic pellet impact drilling technique by employing therewith an apparatus which is adapted for enlarging the hole diameter normally obtained during pellet impact drilling. At the same time it is the purpose of this invention to provide apparatus which is effective in spacing the jet nozzle used to propel the pellets at an optimum distance from the bottom of the bore hole. It is an additional objective of this invention to provide improved recirculation means for the pellets employed, to facilitate their continuous return and entrainment in the fluid jet used to propel the pellets. This is accomplished so as to maintain a high density of the drilling pellets in the drilling zone. The drilling apparatus of this invention is further characterized by providing a gauge size hole of fixed diameter. [3]

Ramsey G.H. claimed:

1. The method of drilling a bore hole comprising the steps of: directing a high velocity jet of fluid against the bottom of the bore hole, introducing a plurality of essentially spherical pellets of substantial size into said high velocity fluid jet whereby said pellets are impinged against said borehole bottom, removing said pellets from the bottom of the bore hole by carrying said pellets outwardly and upwardly along the

walls of the bore hole in a spiral path while forcing the pellets against the said walls and thereafter reintroducing said pellets into said high velocity fluid jet.

2. Drilling apparatus comprising in combination: a jet nozzle assembly attachable to the lower end of a drill pipe and having at least one jet nozzle adapted to provide a high velocity jet of fluid directed against the bottom of a bore hole, and a drill head member fixed to said nozzle assembly and having an internal cutaway portion defining with said nozzle assembly an annular space adapted to receive pellets of substantial size, said cutaway portion terminating in a bore below and in general alignment with said nozzle assembly, said bore being essentially smooth and free of obstructions whereby pellets passing there into from said annular space will be admixed with and accelerated by said fluid jet and impinged against the bore hole bottom, said drill head member having a generally cup-shaped outer configuration, with its maximum diameter above the bottom of the body and provided with a plurality of upwardly extending helical grooves on its outer surface, said drill head member having an opening, above the region of maximum diameter, of sufficient size to permit entry of pellets into said annular space.

3. Drilling apparatus comprising in combination: a jet nozzle assembly attachable to the lower end of a drill pipe and having at least one jet nozzle adapted to provide a high velocity jet of fluid directed against the bottom of a bore hole, an essentially cup-shaped drill head member supported by said nozzle assembly, said drill head member having its maximum diameter at its upper end and having a central bore whose upper diameter is greater than the outside diameter of said nozzle assembly, said central bore being essentially smooth and free of obstructions, the upper portion of said drill head member surrounding the lower portion of said nozzle assembly and defining therewith an annular space adapted to receive and pass there through into said central bore essentially spherical pellets of larger than granular size, the exterior side wall of said drill head member being provided with a plurality of helical grooves extending upwardly to the upper end of said drill head member. [3]

Pellet recycle control in pellet impact drilling

G.H. Ramsey in 1958 is particularly directed to a novel means and method for improving the efficiency of recycling of the pellets in the vicinity of the drilling zone. In accordance with this invention, the paths of the recycled fluid and recycled pellets are separated whereby the pellets may be more efficiently reintroduced into the high velocity fluid stream. [4]

The basic principles of the pellet impact technique for the drilling of bore holes in the earth involves the use of a stream of fluid pumped from the surface of the earth through a tubular member to a jet nozzle adapted to provide a high velocity jet of fluid directed downwardly toward the bottom of the bore hole. Means are provided to entrain in the high velocity fluid jet a multitude of hard, dense pellets which are accelerated to high velocity in the jet stream and thereby acquire considerable kinetic energy so that when the pellets impinge against the formation the resulting impact and fracturing forces exert a drilling action. Means are also provided for separating pellets from the up-flowing returning stream of fluid and reintroducing the pellets into the jet stream. Preferably the pellets that are employed are smooth, non-abrasive, essentially spherical, and of substantial size, in the range of about one-eighth inch to about one inch in diameter. [4]

Ramsey G.H. claimed:

A method of drilling a bore hole in the earth which comprises creating a constricted high velocity jet of fluid, directing said fluid jet into a mixing chamber, introducing into and entraining in said fluid jet a plurality of pellets in said mixing chamber, directing the mixture of fluid and pellets forcibly against the formation to be drilled and centrally of the bore hole, circulating the mixture of fluid and pellets, after impact, upwardly in an annular channel flow adjacent the walls of the bore hole, separating and diverting a first portion of the fluid from the up-flowing mixture of fluid and pellets into the top of said mixing chamber, directing the pellets and remaining up-flowing fluid upwardly in said annular channel to a region above said mixing chamber, separating said pellets and a second portion of said fluid from the remaining up-flowing

fluid in said region and conducting said pellets and said second fluid portion substantially separately from said first portion into said mixing chamber through an annular channel flow concentric with said first annular channel, whereby improved efficiency of pellet recycle into said mixing chamber is attained. [4]

Pellet impact drilling apparatus

The invention of Philip S. Williams, Tulsa concerns a novel method and apparatus for drilling bore holes in the earth, and particularly for drilling petroleum wells. The drilling method of this invention employs novel principles to secure the circulation of solid pellets in a bore hole so as to forcefully impinge on the bottom of the hole. The impact of the pellets provides percussive forces, pulverizing the formation being drilled. Circulation is maintained by a particular arrangement of apparatus permitting the propulsion and recirculation of pellets in a stream of fluid. This method, and the apparatus embodying the method, provides a unique and desirable drilling technique. [5]

This invention of Philip S. Williams, Tulsa is particularly adapted to overcome some of the disadvantages of conventional rotary drilling to supply certain advantageous features heretofore unobtainable in known drilling procedures. This patent application is a continuation-in-part of Ser. No. 268,873, now abandoned, filed January 29, 1953, in the name of Philip S. Williams and entitled "Pellet Impact Drilling Method and Apparatus". [5]

In accordance with this invention, drilling action is secured by impinging hard dense pellets on the bottom of a bore hole, propelled by a high velocity fluid jet. The action of these pellets, carried by the high velocity jet, is somewhat similar to that of sand blasting. While there is some doubt as to the complete mechanism of the drilling, it appears that the action is primarily that of surface pulverization caused by the forceful and multitudinous impingement of the solid pellets against the earth formation encountered. Frictional wear and fluid erosion also contribute to the drilling action which occurs; but these appear to be relatively unimportant factors in comparison with

the impact phenomenon. [5]

Philip S. Williams claimed:

1. An apparatus for drilling a bore hole in the earth in conjunction with a liquid drilling fluid which comprises in combination, a plurality of spherical steel pellets having a diameter of from about 1/8 to 1 inch, a tubular support member extending into the bore hole, a downwardly directed primary nozzle secured to said tubular support, an open ended tubular secondary nozzle supported from said tubular support and concentrically aligned with and extending below said primary nozzle, said secondary nozzle having an internal diameter at least about twice the diameter of the pellets, the upper end of said secondary nozzle being sufficiently spaced from said primary nozzle to define a passageway there between of a size sufficient to enable the pellets to pass there through, whereby said pellets are continuously recirculated through said secondary nozzle when said liquid drilling fluid is jetted through said primary and secondary nozzles from within said tubular support member.

2. An apparatus as defined in claim 1 in which the secondary nozzle has a length equal to at least about 10 internal diameters of the secondary nozzle.

3. An apparatus as defined in claim 1 in which the ratio of the diameter of the pellets to the inner diameter of the secondary nozzle is about 0.38/1.

4. An apparatus as defined in claim 1 in which at least one extension member is attached to said apparatus and extends below the secondary nozzle a distance equivalent to about 2.4 to 3.8 secondary nozzle diameters.

5. An apparatus for drilling a bore hole through formations in the earth in conjunction with a liquid drilling fluid which comprises a jet pump having primary and secondary nozzles and adapted to be supported at the lower end of a string of well pipe, means for forcing the drilling fluid down through the well pipe and thence through the primary nozzle of the pump, the secondary nozzle of the pump being spaced from the primary nozzle to define a passageway there between large enough to pass drilling fluid and solid pellets, said pellets having a diameter within the range from about 1/8 inch to 1 inch and a density greater than the earth formation and about 3 to 10 times the density

of the drilling fluid, the secondary nozzle having a diameter at least twice that of the diameter of the pellets. [5]

Controlling off-bottom position of pellet impact drill

The invention of Eugene M. McNatt is concerned with a novel method and apparatus for the drilling of bore holes into the earth's substrata. It is particularly concerned with an improved method and apparatus for the production or the recovery of oil from the earth's substrata. The drilling method of the present invention employs novel principles to secure the recirculation and replenishment of solid pellets utilized in a bore hole for effectively drilling the hole. The force of the pellets impinging on the bottom of the hole pulverizes the formation and materially aids in the drilling of the hole. Circulation of the pellets is maintained by a bit arrangement involving the propulsion and recirculation of pellets in a fluid stream. The particular function of the present invention is to provide a novel and effective means for controlling the off-bottom position of the pellet impact drill. [6]

Basically the pellet impact technique for drilling bore holes in the earth involves the use of a stream of fluid pumped from the surface of the earth through a tubular member to a jet nozzle assembly adjacent the bottom of the bore hole. The jet nozzle assembly is adapted to direct a high velocity jet of fluid against the formation being drilled and is provided with means for entraining in the jetted fluid a multitude of pellets which are accelerated to high velocity in the jet stream and thereby acquire considerable kinetic energy so that when the pellets impinge against the formation the resulting percussive and fracturing forces exert a drilling action. Preferably the pellets that are employed are smooth, non-abrasive and essentially spherical and are of substantial size, preferably in the size range of about $\frac{1}{8}$ inch to about 1 inch or more in diameter. It is preferred that hard, dense, tough metallic alloys be employed as the pellet material. [6]

Eugene M. McNatt claimed:

2. An apparatus for drilling a bore hole in the earth by pellet impact which

comprises a tubular support member, a cylinder fixed to and surrounding said support member, a nozzle barrel slidably surrounding said support member, said nozzle barrel terminating below said support member in a primary nozzle in fluid communication with the bore of said support member and terminating at its upper end in a piston fitting slidably within said cylinder in a manner defining a first annular chamber below said piston between said cylinder and said nozzle barrel and a second annular chamber above said piston between said cylinder and said support member, said cylinder having a lower exterior port into said first annular chamber, an upper exterior port into said second annular chamber and a passageway establishing fluid communication between said first annular chamber and the bore of said support member, a secondary nozzle fixed to said nozzle barrel and spaced below said primary nozzle, said secondary nozzle including a segment movable in response to changes in the pressure differential across said secondary nozzle, and means controlling the opening of said lower port in response to the motion of said movable segment.

3. Apparatus as defined by claim 1 including means controlling flow through said passageway in response to the motion of said movable segment.

4. Apparatus as defined by claim 1 including means controlling fluid flow through said primary nozzle in response to the motion of said movable segment.

5. Apparatus as defined by claim 1 wherein said nozzle barrel is provided with a port in the wall thereof so located that said port is closed off by said tubular member except when said piston has moved to a position adjacent its lowermost point of travel, whereby exposure of said port will cause a drop in pressure within said support member indicative of said lowermost positioning of said piston.

6. Apparatus as defined by claim 1 including means for restricting flow through the bore of said tubular support member and means for activating said flow restricting means when said piston has reached a position adjacent its uppermost point of travel, whereby said flow restriction will cause a pressure buildup within the bore of said tubular support indicative of said uppermost positioning of said piston.

7. Apparatus as defined by claim 1 wherein said means for controlling the

opening of said lower port comprises a slide valve and a lever linking said slide valve to said 5 movable nozzle segment in a manner causing said slide valve to close said port on outward movement of said segment. [6]

Pellet impact core drill

The invention Fredric H Deily is concerned with an improved method for securing core samples during the drilling of a well bore hole. The invention is more particularly concerned with a core bit wherein the desired core is cut by utilizing circulating pellets which are jetted against the well bore hole bottom. In accordance with the present invention, a core is secured by using a core drill wherein pellets are positively directed into a series of primary fluid jets so as to cut an annular hole, leaving a core which is removed to the surface with the bit. [7]

In prospecting and drilling for oil it is a conventional procedure during the drilling of the bore hole to determine the character and nature of the substrata through which the bore hole is being drilled. One method is to periodically remove cores at particular depths, to bring these cores to the surface and to analyze them for the purposes stated. Many procedures and apparatuses have been developed for the effective removal of representative cores from an earth substratum. In general, these coring devices or core bits remove an annular hole, leaving a center core which is broken off and taken to the surface by various means. The present invention is directed toward an improved core bit wherein the annular hole about the core is drilled, utilizing small pellets which are recirculated in the bottom of the bore hole in the vicinity of the area where the core is being removed. [7]

The basic principles of pellet impact drilling are that hardened, dense pellets are impinged on the bottom of a bore hole, propelled by a high velocity fluid jet. The action of these pellets, carried by the high velocity fluid jet is somewhat similar to that of sandblasting. [7]

F.H. Deily in 1955 claimed:

An apparatus for cutting a core from an earth formation encountered by a bore

hole, which comprises in combination: a tubular support member of smaller external diameter than said bore hole, a shroud member supported by and positioned below said tubular member, said shroud member having an external diameter, at least at its lower end, essentially that of the bore hole, a centrally disposed elongated cylindrical plug element supported by and extending below said shroud member, the external diameter of the major portion of said plug member being substantially less than that of said shroud member, said plug member having a central bore open at its lower end to receive the core cut by the apparatus, a cylindrical sleeve of larger internal diameter than said plug member and of less external diameter than the lower external diameter of said shroud member, means supporting said sleeve in concentric relation about said plug member in a manner defining therewith an annular passage, sufficient clearance being maintained between the top of said sleeve and the underside of said shroud member to permit pellets to enter the top of said annular passage from the annulus between said sleeve and the bore hole, a plurality of primary nozzles circumferentially arranged about the plug member in a manner directing the outlets of said nozzles into said annular passage, means establishing fluid communication between said primary nozzles and the interior of said tubular support member, and at least one return fluid passageway extending through said shroud member from the underside thereof to the bore hole annulus above the shroud member, whereby fluid may be circulated from within said tubular member through said primary nozzles into said annular passage to impart kinetic energy to a plurality of pellets directed into said annular passage, said pellets will impinge on the formation to drill an annular hole, fluid and pellets will flow upwardly in the bore hole annulus exteriorly of said sleeve, up flowing pellets will be directed into said annular passage by said shroud member and up flowing fluid will pass through said return fluid passageway into the annulus above the shroud member.

[7]

Foreign and Russian scientists have investigated well abrasive drilling for more than 70 years. However, the problem of a significant number of downhole operations to replace pellets with new ones required to be solved. So, a jet-ejection-water type bit

has been designed in Drilling Department at TPU to increase the efficiency of abrasive drilling in hard rocks.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации изложены результаты теоретических и аналитических исследований технологических процессов шароструйного бурения с использованием современных методических средств и программного компьютерного обеспечения. Анализ результатов исследований показал, что шароструйное бурение обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными:

- цена;
- удобство и простота эксплуатации;
- увеличение производительности.

Результаты работы заключаются в следующем:

- разработана классификация принципов воздействия на подземное оборудование.
- разработана конструкция съемной сопловой насадки, позволяющая повысить рейсовую скорость бурения.

В целях дальнейшего внедрения шароструйного бурения и повышения его эффективности необходимо продолжить исследовательские и опытно-конструкторские работы в следующих направлениях:

1. разработать конструктивный документ для дальнейшей реализации;
2. провести испытания в производственных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. - Vol. 207., 1956. - p. 135.
2. Леджервуд Л.У. Обзор работ по созданию усовершенствованных способов бурения нефтяных скважин (перевод с англ.). - М.: - ГОСИНТИ, 1961. - 258 с.
3. Маккрей Л.У., Коле Ф.У. Технология бурения нефтяных скважин. - М.: - Гостоптехиздат, 1963. - 417 с.
4. А.с. № 188407, Е 21 С 21/00. Способ термодинамического разрушения горных пород / В.Е. Горяев – № 1021728/22-3; Заявлено 30.07.1965; Оpubл. 28.11.1966.
5. А.с. № 417599 СССР, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А.Б. Уваков, В.В. Штрассер - № 1451266; заявлено 15.06.1970; опубл. 28.02.1974; бюл. №8.
6. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. - М.: Недра, 1969. - 207 с.
7. Штрассер В.В. Исследование процессов разрушения горных пород ударами шаров (к теории шароструйного бурения): дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / В.В. Штрассер; Южно-Казахстанское геологическое управление, Партия техники разведки; науч. рук. Г.Л. Кушев, А.Б. Уваков. - Алма-Ата, 1966. - 217 с.
8. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / С. А. Заурбеков; Казахский национальный тех. Унив. - Алматы, 1995. - 18 с.
9. Патент № 417599, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин/А.Б. Уваков, В.В. Штрассер - № 1451266; Заявлено 15.06.1970; Оpubл. 28.02.1974.
10. Пат. № 870705, Е 21 С 37/16, Е 21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ эрозионного бурения скважин и устройство для его осуществления / Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, А.А. Капустин, Г.Г. Каркашадзе, Г.А. Янченко - № 2798122/22-03; Заявлено 18.07.1979; Оpubл. 07.10.1981.

11. Патент № 1120733, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, Е.А. Потехин, Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, Г.Г. Каркашадзе, И.В. Чугунов - № 3597561; Заявлено 31.05.1983; Оpubл. 15.08.1986.
12. Патент № 2114274, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Т.Н. Зубкова - № 96123178/03; Заявлено 05.12.1996; Оpubл. 27.06.1998.
13. Патент № 2124620, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / Т.Н. Зубкова - № 97100372/03; Заявлено 14.01.1997; Оpubл. 10.01.1999.
14. Патент № 1002498, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд / М.М. Майлибаев - № 3278854/22-03; Заявлено 24.04.1981; Оpubл. 07.03.1983.
15. Патент № 2117746, Е 21 В 7/18. Устройство для эрозионного гидромониторного разрушения горной породы / В.С. Новиков, В.Л. Загоруля - № 95101420/03; Заявлено 31.01.1995; Оpubл. 20.08.1998.
16. Патент № 2235845, Е 21 В 10/18. Гидромониторно-эжекторная насадка бурового долота / Ю.Л. Боярко, В.Д. Евсеев, В.М. Зыков, В.И. Рязанов, М.А. Самохвалов, В.А. Собралиев, Д.А. Шелковников - № 2003103876/03; Заявлено 10.02.2003; Оpubл. 10.09.2004.
17. Патент № 1057688, Е 21 С 45/00, Е 21 В 7/18. Гидромониторный бур / Н.Г. Малухин, Э.И. Черней, С.В. Марчев, А.И. Курылев - № 3442088; Заявлено 21.05.1982; Оpubл. 30.11.1983.
18. Патент № 939710, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Коротков В. П. - № 3009898; Заявлено 02.12.80; Оpubл. 30.06.82.
19. Давиденко А.Н., Игнатов А.А., Вяткин С.С. Некоторые вопросы гидромеханического способа бурения // Наук. прац ДонНТУ. Серія Причоголопчна., 2011. - № 14(181) - С. 75-78.
20. Вяткин С.С. Современное состояние и проблемы развития физических способов бурения. // Материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции студентов. Серия: «Бурение», 2011. - С. 20-22.
21. Игнатов А.А., Вяткин С.С. Особенности конструкции и механики работы

нового гидродинамического снаряда // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технология его изготовления и применения., 2011. - Вып. 14. - С. 58-61.

22.Ковалев А. В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / А. В. Ковалев; Томск. политех.Унив. - Томск, 2015. - 143 с. : илл. - библиогр.: с. 130-141.

23. Карнаухов М.Л.,Пьянкова Е.М.Современные методы гидродинамических исследований скважин.Справочник инженера по исследованию скважин : 2010. –432 с.

24.Токарев М.А., Ахмерова Э.Р., Файзуллин М.Х. Контроль и регулирование разработки нефтегазовых месторождений: Учебное пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001. -61 с.

25.Булатов Н.А. Охрана окружающей среды. М.: Недра, 1990

26.Куцын П.В. Охрана труда в нефтяной и газовой промышленности: Учебник для техникумов.- М.: Недра. 1987. - 247 с.

27.Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. 3-е изд., испр. и доп. / Под ред. О.Н. Русака. - Спб.: Издательство «Лань», 2000. - 448 с., ил.

28. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

29. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92).

30.ГОСТ 12.1.019 – 79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

31.ГОСТ 12.1.006–84.ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96).

32.Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017).