

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Кафедра: Теоретической и прикладной механики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Электромагнитная система забора отработанных шариковых породоразрушающих элементов для шароструйно-эжекторного бурового снаряда</b>

УДК 622.243.43.05: 621.318

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Куренков Александр Павлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПМ	Горбенко М.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова И.С.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Е.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

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

---

Институт природных ресурсов  
Направление: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
Уровень образования: Бакалавриат  
Кафедра: Теоретической и прикладной механики  
Период выполнения \_\_\_\_\_ весенний семестр 2016/2017 учебного года \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

<b>Дата контроля</b>	<b>Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)</b>	<b>Максимальный балл раздела (модуля)</b>
13.11.2016	<i>Анализ литературных источников, описание цели и постановка задач исследования.</i>	20
09.12.2016	<i>Разработка конструкции электромагнитной системы забора отработанных шаров.</i>	20
20.02.2017	<i>Выполнение теоретической части работы.</i>	20
11.03.2017	<i>Проработка конструкции</i>	15
28.04.2017	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</i>	10
06.05.2017	<i>Социальная ответственность.</i>	15

Составил преподаватель:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. ТПМ	Горбенко М.В.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

<b>Зав. кафедрой</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

## Планируемые результаты обучения ООП

Код Резу льта та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8, п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26) , Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями

	эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

---

Институт природных ресурсов  
Направление: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
Кафедра: Теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Пашков Е. Н.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Куренкову Александру Павловичу

Тема работы:

Электромагнитная система забора отработанных шариковых породоразрушающих элементов для шароструйно-эжекторного бурового снаряда	
Утверждена приказом директора ИПР	Приказ № <u>2305/С</u> от <u>07.03.2017</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Рассмотрены основы бурения шароструйно-эжекторными буровыми снарядами.</p> <p>Предложена конструкция электромагнитного улавливающего устройства.</p> <p>Проведен оценочный расчет параметров улавливающего устройства.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор литературных источников для определения оптимальной конструкции бурового снаряда.</li> <li>2. Разработка конструкции электромагнитного улавливающего устройства.</li> <li>3. Оценочный расчет параметров улавливающего устройства.</li> <li>4. Оценка коммерческого потенциала разработанной конструкции, планирование и формирование бюджета научного исследования.</li> <li>5. Возможности возникновения вредных и опасных факторов при производственном использовании электромагнитной системы забора отработанных шаров.</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема конструкции электромагнитного улавливающего устройства; презентация.</p>
--	---

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Антонова И.С.</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Невский Е.В.</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>06.02.2017</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Горбенко М.В.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Куренков Александр Павлович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 87 с., 9 рис., 17 табл., 17 источников.

*Ключевые слова:* шароструйное бурение, породоразрушающий элемент, электромагнитная система, струйный аппарат, расчет параметров, стоимостный показатель, отработанные шары.

*Объектом исследования являются:* призабойные процессы при шароструйном-эжекторном способе бурения.

*Цель работы:* провести анализ шароструйного способа бурения и разработать конструкцию электромагнитного улавливающего устройства.

*В процессе исследования проводились:* обзор и анализ существующих конструкций буровых снарядов, оценочный расчет параметров улавливающего устройства, проработка конструкции.

*В результате исследования:* была предложена конструкция электромагнитного улавливающего устройства.

*Степень внедрения:* разработана конструкция.

*Область применения:* бурение скважин на нефть и газ, разведочное бурение, искусственное искривление скважин.

*Экономическая эффективность/значимость работы:* благодаря конструкции электромагнитного улавливающего устройства, увеличивается длительность рейса.

*В будущем планируется:* проведение дополнительных экспериментальных исследований и внедрение конструкции в производственный процесс бурения скважин.



## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

### *Нормативные ссылки:*

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
2. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
3. ГОСТ Р МЭК 61140-2000 Защита от поражения электрическим током.
4. ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные.
5. ГОСТ 12.0.004 – 90 Техника безопасности.
6. ГОСТ 17.1.3.05 – 82 Охрана природы, гидросфера, общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.
7. ГОСТ 12.1 0180 – 93 Электростатическая безопасность.

### *Обозначения и сокращения:*

ПРИ – породоразрушающий инструмент.

РГП – разрушение горной породы.

КПД – коэффициент полезного действия.

ШЭБС – шароструйно-эжекторный буровой снаряд.

ЗУ – задерживающие устройство.

СПО – спускоподъемные операции.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	12
Обзор литературы.....	14
ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН.....	15
1.1. Способы разрушения горной породы.....	15
1.2. Исторические сведения.....	18
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1 .....	21
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ШАРОСТРУЙНОГО СПОСОБА БУРЕНИЯ СКВАЖИН.....	22
2.1. Обзор существующих конструкций.....	22
2.2. Анализ влияния геометрических параметров бурового снаряда на эффективность шароструйного бурения.....	27
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2.....	34
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ.....	35
3.1. Технологическая схема шароструйного бурения с электромагнитным улавливающим устройством.....	35
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	45
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	47
4.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений.....	48
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	55
4.3. Бюджет научно-технического исследования.....	62
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	72
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	76
5.1. Анализ воздействия вредных факторов.....	77
5.2. Анализ воздействия опасных факторов.....	78
5.3. Охрана окружающей среды.....	79

5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	81
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	86

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность** В мировой практике бурения скважин отчетливо прослеживается тенденция к возрастанию объемов бурения геологоразведочных, сейсмических, водозаборных и др. скважин в твердых, а также крепких горных породах [7]. Следует отметить, что бурение в таких породах характеризуется низкой механической скоростью бурения и проходкой на долото. Повысить эффективность бурения в крепких горных породах можно за счет разработки новых материалов, а также новых конструктивных решений для породоразрушающего инструмента (ПРИ).

Ссылаясь на мнение ряда авторов, необходимо выделить гидродинамический способ разрушения твердых и крепких горных пород, который является наиболее перспективным и осуществляется благодаря высокоскоростной струи жидкости. К преимуществу способа относят возможность передачи больших мощностей на забой скважины, при которых скорость бурения и проходка на долото возрастают в кратное число раз.

Шароструйный способ бурения – это способ, основанный на разрушении твердых и крепких горных пород посредством воздействия металлических породоразрушающих шаров, которые перед контактом с породой обладают большой кинетической энергией и многократно циркулируют в призабойной зоне скважины за счет конструкции шароструйного-эжекторного аппарата.

В процессе шароструйного бурения неизбежен износ шаров. В связи с данной проблемой вытекает необходимостью замены изношенных шаров новыми, в работе [8] впервые была рассмотрена концепция улавливающее-подпитывающего устройства (УПУ), которое включает в себя забойные шаропитатель (ШП) [9] и шароуловитель (ШУ).

Учитывая вышеизложенное, следует отметить, актуальность разработки новых технических средств, модернизации и проработки конструкции электромагнитного улавливающего устройства, а также проведении оценочных расчетов параметров улавливающего устройства.

## **Цель работы**

Основной целью данной работы является расширение и углубление знаний в области повышения эффективности шароструйного бурения в твердых и крепких горных породах за счет разработки новых технических средств, внесение конструктивных изменений в систему забора отработанных шариковых породоразрушающих элементов шароструйного-эжекторного бурового снаряда.

**Предметом данного исследования** являются процессы шароструйного бурения, которые происходят в призабойной зоне и определяют эффективность сооружения скважин в крепких горных породах.

## **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Произвести обзор и анализ литературы, также проанализировать имеющиеся результаты исследований шароструйного способа бурения скважин;
- обосновать принципиальную конструкцию шароструйно-эжекторного бурового снаряда, которая будет способна обеспечить высокую эффективность бурения в твердых и крепких горных породах;
- разработать технические средства, а также технологические схемы для повышения эффективности шароструйного бурения.

**Личный вклад автора в проблему повышения эффективности шароструйного бурения** состоит в предложении оптимальной конструкции электромагнитного способа забора отработанных породоразрушающих элементов с помощью перфорированной улавливающей корзины.

## Обзор литературы

Проведенный анализ литературы показывает, что шароструйное бурение – это способ разрушения крепких и твердых горных пород, путем воздействия высокоскоростной струи жидкости со взвешенными породоразрушающими шарами [3]. К преимуществам рассматриваемого метода относят:

1. способность передачи больших мощностей на забой скважины, с помощью повышения давления инжектируемого потока, без дополнительных затрат на механическую энергию [6];
2. простота конструкции бурового снаряда [7];
3. способность увеличения продолжительности рейса [7];
4. низкие осевые нагрузки на породоразрушающий инструмент (ПРИ).

Первое упоминание о шароструйном способе бурения скважин было в 1955 г. группой американских ученых перед, которыми была поставлена задача «О создании и разработке нового способа бурения скважин, полностью отличающегося от существующих» [6]. Результатом проведенных исследований является, разработка и создание устройства, которое способно разгонять и рециркулировать породоразрушающие элементы в призабойной зоне скважины. В дальнейшем было разработано большое количество различных устройств, некоторые из которых были подвергнуты частичной модернизации, другая часть вытеснена более технологичными конструкциями.

Конструкция бурового снаряда при шароструйном способе нашла свое применение в области искусственного искривления скважины, а также проведение геологоразведочных работ [8]. К недостаткам данного способа относят:

1. формирование периферийной части забоя скважины;
2. сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем скважины [10].

# ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

## 1.1 Способы разрушения горной породы

Во время бурения скважин происходит разрушение горной породы, которое осуществляется двумя основными способами [11]: механическим и физическим. Механический способ разрушения, является широко распространенным. К недостаткам данного способа относят: быстрый износ породоразрушающего элемента; маленькое КПД, т.к. от всей расходуемой энергии на разрушение породы затрачивается не более 8-10% [5]. Физический способ разрушения горной породы применяется в ограниченных объемах и находится в стадии изучения. Рассмотрим классификацию физических способов разрушения:

- термическое;
- взрывное;
- электрофизическое разрушение;
- гидродинамическое;
- химическое;
- комплексное (комбинированное).

Подробно ознакомимся с гидродинамическим способом разрушения горной породы (РГП), в основе которого лежит использование энергии высокоскоростной струи жидкости. Благодаря характеру силового воздействия на забой скважины гидродинамический способ РГП классифицируется на 3 группы (рисунок 1): *эрозионный; абразивно-ударный; комбинированный.*

*Эрозионный способ* РГП происходит по средствам высоконапорной струи жидкости. За счет гидравлического удара, вызванного радиальным течением жидкости, создаются нормальные давления. При данном способе возможно растворение горной породы в промывочной жидкости с последующим разрушением.

На рисунке 1, ознакомимся с классификацией гидродинамических способов разрушения ГП.



Рисунок 1 – Классификация гидродинамических способов разрушения горных пород по характеру их воздействия на забой

В основе *гидромониторного способа* лежит непрерывно двигающаяся с большой скоростью высоконапорная струя жидкости.

В ходе ряда исследований было установлено, что с помощью данного способа на забой скважины можно передавать значительные мощности, при этом скорости проходки возрастает в 5-8 раз по сравнению со стандартными долотами [6].

К основным преимуществам гидромониторного способа относят:

- Отсутствие быстроизнашивающихся элементов, что приводит к увеличению времени рейса.
- Простота конструкции ПРИ.
- Возможность бурения с малой частотой вращения породоразрушающего инструмента (ПРИ).

К недостаткам способа следует отнести большую энергозатратность, другими словами для разрушения горной породы необходима высокая скорость жидкости порядка 500 м/с, а также высокое давление не ниже 80 – 400 Мпа.

В основе *гидроимпульсного способа* РГП лежит использование



кратковременных импульсных нагрузок струи жидкости, отличающийся большей разрушающей способностью, а также лучшей компактностью и дальностью в отличие от непрерывной струи жидкости.

Суть *гидроударного способа* РГП состоит в сильном гидравлическом ударе жидкости.

Переходим к абразивно-ударным способам РГП их сущность заключается в разрушении породы высоконапорной струей жидкости, которая содержит во взвешенном состоянии породоразрушающие элементы [9].

При *гидромониторно-абразивном* способе разрушение происходит с помощью жидкости, которая содержит в себе абразивные частицы: стальные опилки, кварцевый песок и т.п. В описанном способе разрушение горной породы происходит благодаря воздействию быстродвижущихся частиц, многократно ударяющихся о забой скважины, деформируя его. Если частицы двигаются по касательным направлениям к поверхности горной породы, происходит ее микрорезание.

*Гидромониторно-ударный* способ разрушения ГП реализуется за счет жидкости и несущимися в ней металлическими шарами. Разрушение породы происходит благодаря жидкости, а также многократному ударному действию шаров, приводящие к хрупкому разрушению и пластической деформации горной породы.

В ходе исследований было выяснено, что максимальное поражающее действие происходит в случае перпендикулярности струи к забою скважины, а также что при разрушении твердых горных пород, форма рабочей поверхности должна быть сферической, это справедливо т.к.:

- Сферическая форма породоразрушающего элемента является наиболее износостойкой.
- Сферическая форма имеет большую прочность.

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что каждый из рассмотренных способов имеет свои достоинства и ряд недостатков, поэтому на практике часто используют комбинации различных способов разрушения.

Из группы абразивно-ударных способов разрушения горной породы следует выделить наиболее перспективный гидромониторно-ударный способ, осуществляемый с помощью шароструйных-эжекторных буровых аппаратов, обеспечивающих непрерывную циркуляцию шаров в призабойной зоне скважины.

## **1.2 Исторические сведения**

В 1955г. американская нефтяная компания «Carter Oil Co» ставит интересную задачу перед исследователями «О создании и разработке нового способа бурения, в корне отличающегося от существующих, а именно роторного и турбинного». В течении нескольких лет группа из 25-ти американских ученых проводила обширные исследования в области разрушения горной породы быстро движущимися шарами. Результатами данного исследования является, создание устройства, способного разгонять и рециркулировать породоразрушающие элементы. Устройством, которое полностью отвечает заявленным требованиям, оказался водоструйный насос. Подробные выкладки и результаты данных исследований полностью освещены в работе И. Е. Эскеля, Ф. Г. Дэйли, Л.У. Леджервуда.

В 1961г. один из участников исследований Л.У. Леджервуд отметил: «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».

В 1963г. начинаются разработки шароструйного метода бурения советским ученым А. Б. Уваковым. Основная ошибка американских ученых заключается в том, что они пытались бурить горные породы различной крепости, при одинаковой скорости вылета шаров, когда как, А. Б. Уваков руководитель исследования пошел по пути изучения процессов разрушения твердых и крепких слоев горной породы.

Результатом долгих исследований является, разработка устройства для

шароструйного способа бурения изображенная на рисунке 2.

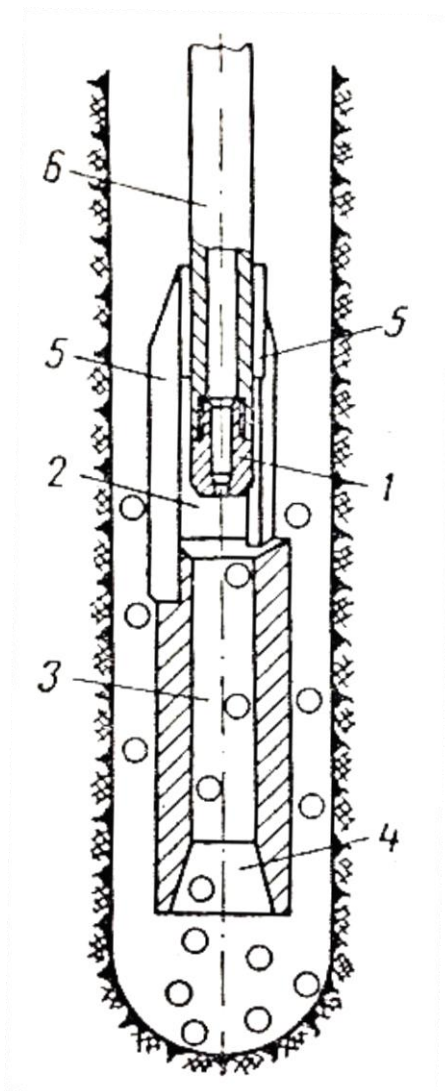


Рисунок 2 – Схема устройства и работы шароструйного аппарата

Основные элементы аппарата:

- 1 – рабочее сопло;
- 2 – камера разрежения;
- 3 – камера смешения;
- 4 – диффузор;
- 5 – удерживающие ребра;
- 6 – патрубок.

Для бурения с помощью устройства, изображенного на рисунке 2, необходимо на забой скважины засыпать рейсовую порцию стальных шаров, включить буровой насос и по бурильным трубам подать промывочную (рабочую) жидкость. Рабочая жидкость, ускоряется в первичном сопле 1 и на выходе из него истекает с большей скоростью во вторичное сопло (камеру смешения) 3 [1]. Во время выше описанного процесса, в пространстве между первичным 1 и вторичным 2 соплами создается зона разрежения, вследствие чего происходит дополнительное всасывание (инжекция) промывочной жидкости со взвешенными шарами из затрубного пространства в камеру смешения. Потоки рабочей и инжектируемой сред поступают в камеру смешения 3, где происходит рост давления и выравнивание профиля скоростей

потока. Далее двухфазная смесь проходит через диффузор 6, где дополнительно повышается давление и ударяясь о горную породу разрушает её.

При этом поток смешанной жидкости увлекает породоразрушающие шары и продукты разрушения в кольцевой зазор между долотом и стенками скважины, частично измельчаясь рециркулируют с всасываемой жидкостью поднимаясь выше первичного сопла 1, где останавливаются из-за резкого падения скорости восходящего потока, образуя «облако резервных шаров», откуда под действием силы гравитации они опускаются с дальнейшим всасыванием. Описанный процесс многократно повторяется.

Анализируя литературу были выделены следующие преимущества:

1. Способность увеличения продолжительности рейса.
2. Простота конструкции.
3. Повышение давления инжестируемого потока без затрат на дополнительную механическую энергию.
4. Отсутствие необходимости в создании высоких осевых нагрузок на ПРИ.

К недостаткам шароструйного способа разрушения крепкой горной породы относят:

1. Необходимость мощного оборудования для эффективного бурения.
2. Недостаточная изученность метода, что требует выполнения дополнительных экспериментальных исследований.
3. Сложность поддержания необходимого расстояния между долотом и забоем скважины.

В настоящее время данный способ РГП применяется для искусственного искривления геологических скважин[6].

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1**

Таким образом, совершив анализ всех существующих способов бурения твердых и крепких горных пород, наиболее выгодным и перспективным для дальнейших разработок оказался гидромониторно-ударный, он же шароструйный способ бурения, основанный в 1955г. группой американских ученых. Одним из основных качеств струйных аппаратов является способность повышения давления всасываемого потока без затрат механической энергии.

## **ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ШАРОСТРУЙНОГО СПОСОБА БУРЕНИЯ СКВАЖИН**

### **2.1. Обзор существующих конструкций**

В мировой практике для применения шароструйного способа бурения скважин используют значительное число различных устройств и конструкций. Начиная с середины 50-х годов прошлого столетия было разработано большое количество устройств, некоторые из них были подвергнуты частичной или полной модернизации, другая часть вытеснена более технологичными конструкциями. Следует отметить, что рамки и концепция данной работы не требуют широкого освещения всех конструктивных разработок, поэтому рассмотрим наиболее интересные.

Первой работоспособной и довольно эффективной конструкцией шароструйного снаряда является заявленная в США модель, которая позволяет сооружать скважины с отбором керна [9]. Схема данного снаряда представлена на рисунке 3.

Принцип работы данного снаряда. После спуска бурильных труб до забоя скважины, необходимо засыпать породоразрушающие шары, после чего через колонну бурильных труб сбрасывают съемную кассету 12, которая перекрывает проходкой канал керноприемной трубы 3. При подаче промывочной жидкости, она проходит через канал 10, сопло 6 и попадает в камеру смешения 8, где в зоне всасывающих окон создается разрежение, благодаря которому породоразрушающие шары циркулируют в призабойной зоне скважины.

Проходя через камеру смешения 8, шары разгоняются, в дальнейшем соударяясь с горной породой разрушая ее. Нижняя часть камеры смешения 8, имеет коническую форму благодаря, которой исключается непосредственный контакт шаров с насадкой 2, а также керноприёмной трубой 3. В области над всасывающими окнами 7, происходит процесс торможения шаров, а также их накопление.

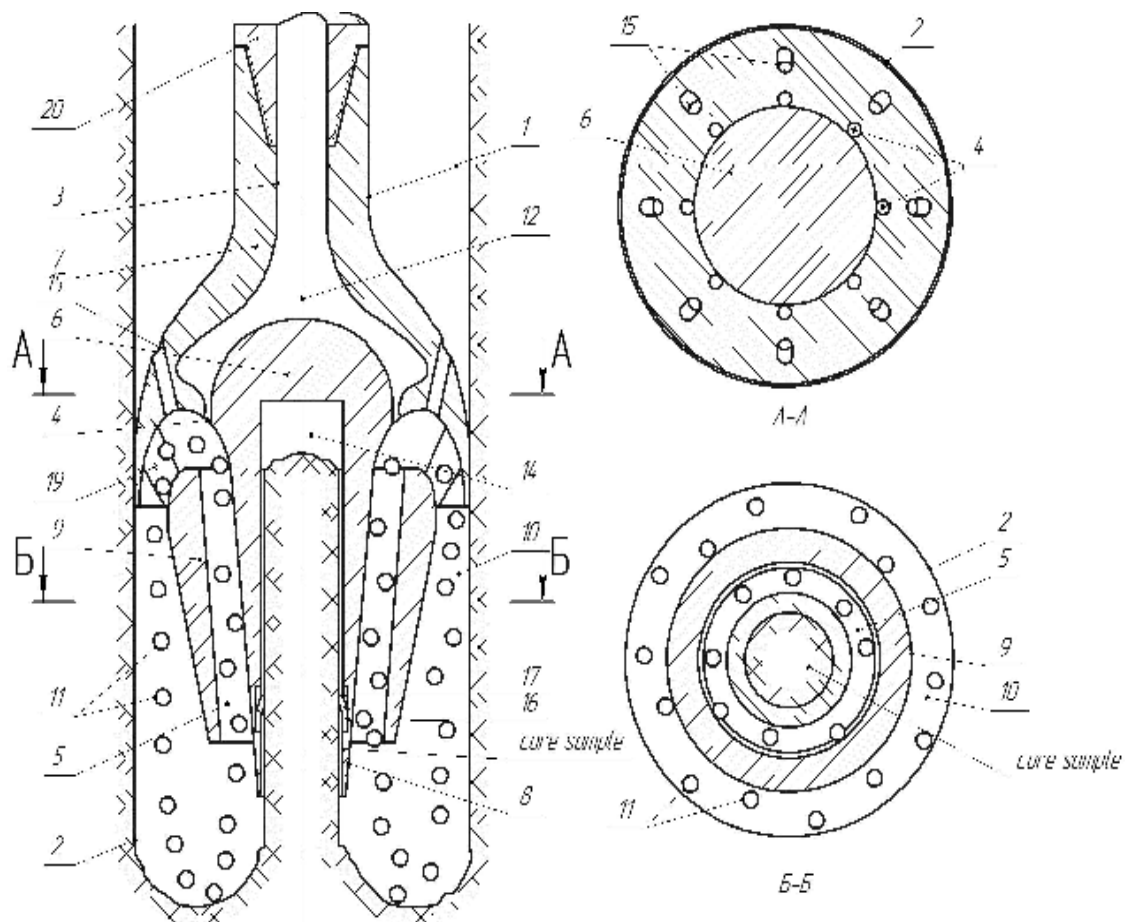


Рисунок 3 – Схема снаряда для бурения с отбором керна

1 – корпус; 2 – ребристая насадка; 3 – керноприемная труба; 4 – коронка; 5 – столбик керна; 6 – сопло; 7 – всасывающие окна; 8 – камера смешения; 9 – расширяющий конус; 10 – канал; 11 – гнездо съемной кассеты; 12 – съемная кассета с кернорвателем.

Это способствует более равномерной подаче породоразрушающих шаров в камеру смешения 8, а также предохраняет насадку 2 от быстрого износа. После заполнения керна, съемная труба 12 извлекается с помощью овершота на поверхность, далее через колонну бурильных труб сбрасывают новую съемную трубу, которая фиксируется в гнезде 11 и процесс бурения возобновляется до момента заполнения вновь спущенной трубы 12. Для того, чтобы извлечь отработанные породоразрушающие шары используют обратную циркуляцию, при которой шары через керноприемную трубу 3 выносятся промывочной жидкостью на поверхность. При замене коронки 4 на долото данный снаряд используется для бурения без отбора керна.

Следует отметить, что впоследствии рассмотренная схема снаряда (рисунок 3) была изменена, с целью обеспечения надежной работы при бурении мерзлых пород (рисунок 4).

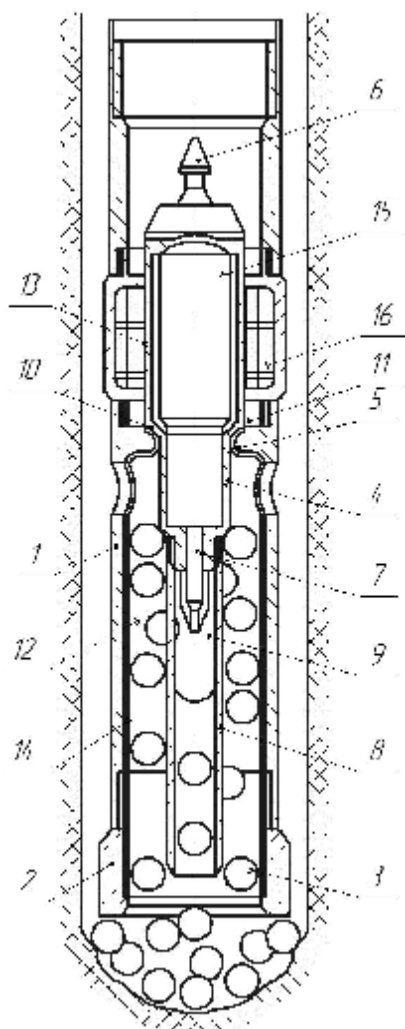


Рисунок 4 – Снаряд для бурения в

мерзлых породах.

- 1 – цилиндрически полый корпус;
- 2 – опорный башмак;
- 3 – породоразрушающие шары;
- 4 – струйный аппарат;
- 5 – герметизированное гнездо;
- 6 – головка для захвата овершотом;
- 7 – сопло;
- 8 – камера смешения;
- 9 – технологические окна;
- 10 – боковая стенка струйного аппарата;
- 11 – капиллярные отверстия;
- 12 и 13 – капиллярно-пористые слои;
- 14 – внутренняя поверхность корпуса;
- 15 – стенки рабочей камеры;
- 16 – нагреватель.

Принцип работы. В момент встречи с мерзлой горной породой, происходит нагрев капиллярно-пористого слоя 13 пропитанного водой с помощью нагревателя 16. В процессе нагрева вода закипает, превращаясь в перегретый пар. Высокоскоростная струя перегретого пара истекает из сопла 7, попадая в камеру смешения, разгоняет породоразрушающие шары, которые вместе с горячим паром взаимодействуют с забоем скважины, разрушая его. Стоит отметить, что шары, нагретые в камере смешения 8, попадая на забой скважины разогревают его, тем самым обеспечивая дополнительное парообразование, в результате которого устанавливается циркуляционное течение пара, которое способствует всасыванию породоразрушающих



элементов в окна струйного аппарата. При этом часть пара конденсируется, а также оседает на капиллярно-пористом слое 12, в котором существует градиент давления, направленный через капиллярные отверстия 11 в зону нагревателя 16, обусловленный капиллярными силами капиллярно-пористых слоев 12 и 13 и непрерывным высыханием капиллярно-пористого слоя 13 за счет тепла, выделяемого нагревателем 16 [10].

Таким образом, применение рассматриваемого снаряда позволяет избежать возникновения аварийно-опасных ситуаций в процессе бурения мерзлых пород, за счет устранения возможности замерзания промывочной жидкости на забое скважины. Также стоит отметить, что в связи с незначительной промышленной пригодностью рассмотренных конструкций, а также принципа действия настоящих устройств не имеет практического интереса.

Шароструйный способ бурения является малоизученным, в нем сочетается множество сложных физико-технических задач, которые являются проблемами требующие больших усилий для разрешения.

На рисунке 5 представлена гидродинамическая схема работы шароструйного аппарата, с помощью которой рассмотрим процессы, происходящие в шароструйном аппарате.

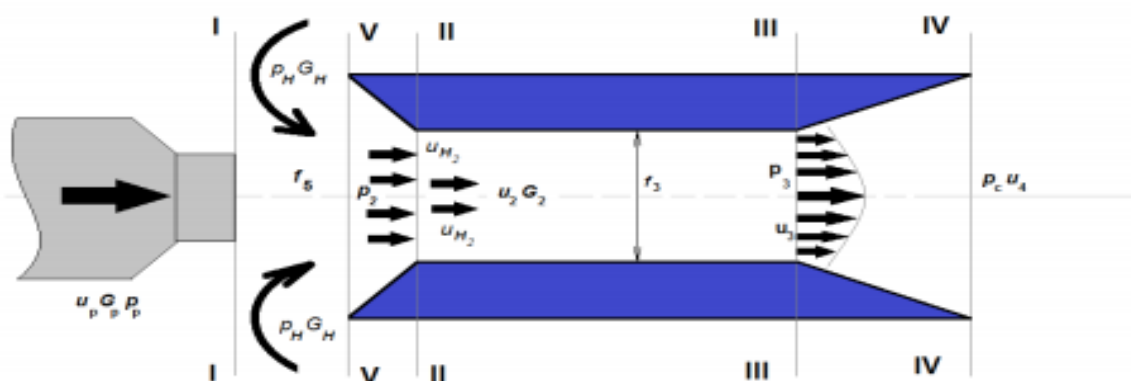


Рисунок 5 – Гидродинамическая схема работы шароструйного аппарата

Данные процессы могут быть описаны с помощью следующих законов:

1. Закон сохранения массы:

$$G_C = G_P + G_H, \quad (1)$$

где  $G_C, G_P, G_H$  – весовые расходы смешенного, рабочего и инжектируемого потоков, в кг/сек.

2. Закон импульсов:

$$\frac{1}{g} \cdot [G_P U_{P2} + G_H U_{H2} - (G_P + G_H) \cdot U_3] = p_3 \cdot f_3 - (p_{P2} f_{P2} + p_{H2} f_{H2}), \quad (2)$$

где  $U_{P2}, U_{H2}, U_3$  – скорости рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении и смешанного потока в выходном сечении цилиндрической камеры смешения, м/сек.

$p_{P2}, p_{H2}, p_3$  – статическое давление рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении и смешанного потока в выходном сечении камеры смешения, кг/м<sup>2</sup>.

$f_{P2}, f_{H2}, f_3$  – сечения рабочего и инжектируемого потоков при входе в камеру смешения и смешанного потока при выходе из камеры смешения, м<sup>2</sup>.

Рабочая жидкость с давлением  $p_p$ , выходя из сопла со скоростью  $U_{P1}$ , подсасывает из камеры разрежения жидкость с давлением  $p_h$  (рисунок 5).

По мере удаления от сопла весовой расход движущегося потока увеличивается при помощи инжектируемой среды, поперечное сечение растет. На некотором расстоянии от выходного сечения сопла поток, который движется по направлению к камере смешения заполняет все сечение  $f_4$  приемной камеры. Следует отметить, что профиль скоростей в данном сечении неравномерен. На границе струи скорость мала, на оси скорость потока близка к скорости рабочего потока, вытекающего из сопла  $U_{P1}$ . Сечение  $f_4$  является конечным сечением приемной камеры и начальным сечением камеры смешения. Так во входном сечении камеры смешения *II-II* давление потока равно  $p_2$ .

Давление рабочего и инжектируемого потоков по мере удаления от сопла выравниваются и делаются одинаковыми.

Во входном сечении камеры смешения профиль скоростей не равномерен. Он состоит из двух соосных потоков:

1. Периферийного, весовой расход которого  $G_H$ , а скорость  $U_{H2}$ .
2. Центрального, с весовым расходом  $G_P$  и скоростью  $U_{P2}$ .

В выходном сечении камеры смешения поток имеет ровный профиль скоростей.

Основной потерей в струйных аппаратах является потеря на удар, при смешении двух соосных потоков с разными скоростями.

Эти зависимости позволяют разобраться в физической сущности процесса разрушения горной породы и оценить факторы, определяющие эффективность шароструйного способа бурения.

## **2.2 Анализ влияния геометрических параметров бурового снаряда на эффективность шароструйного бурения**

Эффективность шароструйного бурения определяется множеством факторов, одним из которых является точность расчета геометрических параметров струйного аппарата.

В ходе литературного обзора было выявлено значительное количество различных методик расчета струйных аппаратов, которые обладают различной точностью. Рассматриваемый на рисунке 6 струйный аппарат отличается от известных следующим:

1. Работа аппарата осуществляется при меньших значениях отношения площади первичного сопла к площади камеры смешения [11].
2. Буровой раствор всасывается из потока, который движется в противоположном направлении выброса струйного аппарата.
3. Породоразрушающие шары циркулируют вместе с жидкостью.

Ниже приводится анализ методик расчета геометрических параметров снаряда.

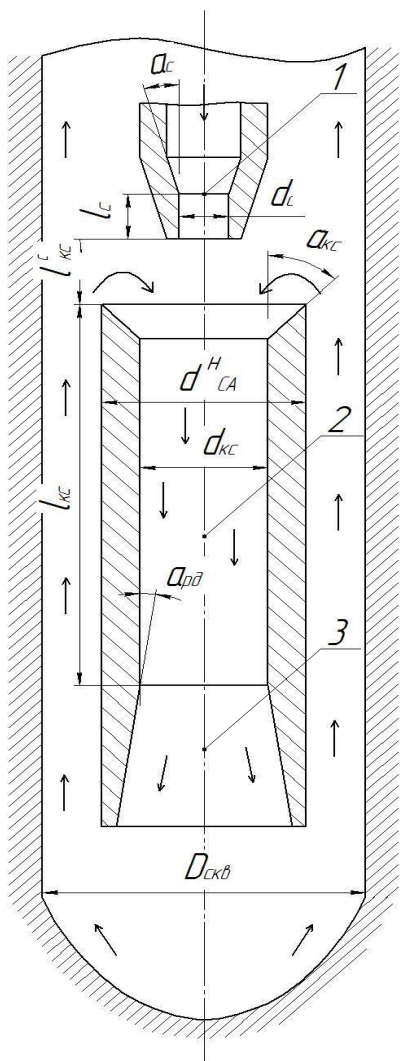


Рисунок 6 – Основные геометрические параметры струйного аппарата:

- 1 – сопло;
- 2 – камера смешения;
- 3 – диффузор;
- $\alpha_c$  – угол конусности конической части сопла;
- $d_c$  – диаметр цилиндрической части сопла;
- $l_c$  – длина цилиндрической части сопла;
- $l_{kc}^c$  – расстояние между выходным сечением сопла и входным сечением камеры смешения;
- $\alpha_{kc}$  – угол конусности входного участка камеры смешения;
- $d_{kc}$  – диаметр камеры смешения;
- $l_{kc}$  – длина камеры смешения;
- $\alpha_{рд}$  – угол раскрытия диффузора;
- $d_{ска}^H$  – наружный диаметр струйного аппарата.

### **Форма выходного сечения рабочего сопла**

Геометрическая форма сопла влияет на изменение перепадов давлений, а также расхода жидкости. Наиболее распространенными считаются: цилиндрические; коноидальные; и конические насадки. При использовании *цилиндрических насадок* происходит увеличение расхода жидкости и уменьшение скорости истечения, т.к. увеличиваются потери напора. *Коноидальные насадки* способны давать наибольшие выходные скорости, а также расход жидкости, однако данные насадки весьма трудоемки в изготовлении. *Коническая насадка* способна увеличивать выходную скорость. Следует отметить, что наилучшие результаты показывает сопло, которое выполнено в виде конической насадки и заканчивается коротким цилиндрическим участком. Цилиндрическая часть позволяет сохранить форму струи, а также предотвратить от ее разбрызгивания. В ходе аналитических

исследований было установлено, что такая ступенчатая форма сопла увеличивает его рабочий ресурс.

### ***Размеры рабочего сопла***

В результате экспериментальных исследований было выявлено оптимальное значение угла конусности конической части насадки, которое составляет 12 - 15°, а также установлено, что при неизменном диаметре камеры смешения и расхода жидкости, уменьшение диаметра  $d_c$  приводит к возрастанию коэффициента эжекции.

Длина цилиндрической части сопла определяется с помощью формулы:

$$l_c = (1 \div 2) \cdot d_c, \quad (3)$$

где  $d_c$  – диаметр цилиндрической части сопла, м.

### ***Расчет оптимального расстояния между выходным сечением рабочего сопла и входным сечением камеры смешения***

Опираясь на работы, в которых были выполнены расчеты струйных аппаратов, необходимо выделить следующие условие подбора расстояния между сечением сопла и входным сечением камеры смешения: при расчетном коэффициенте эжекции конечное сечение свободной струи при входе в камеру смешения равно ее сечению [7].

Расчет расстояния между выходным сечением рабочего сопла и входным сечением камеры смешения:

$$l_{КС}^C = (1 \div 3) \cdot d_c. \quad (4)$$

Далее необходимо проверить рассчитанное значение  $l_{КС}^C$  на способность свободного прохождения породоразрушающих шаров:

$$l_{КС}^C \geq 1,25 \cdot d_{Ш}, \quad (5)$$

где  $d_{Ш}$  – диаметр используемых породоразрушающих шаров, мм.

В заключение стоит отметить, что исследование влияния данного параметра слабо освещено в литературе и требует необходимости проведения экспериментальных исследований.

### ***Диаметр камеры смешения***

Использование камеры смешения входящей в состав струйного аппарата, необходимо для смешивания двух разных потоков и обеспечения требуемого коэффициента эжекции, также основной функцией камеры смешения является обеспечение требуемого расхода шаров, их разгон и движение без заклинивания [4].

Анализируя литературу было установлено, что энергия, передаваемая шарам в момент движения в камере смешения, может увеличиваться в зависимости от диаметра шаров, которые приближаются к половине диаметра камеры смешения. Для того, чтобы в камере смешения не происходило заклинивание породоразрушающих шаров ее диаметр определяют по формуле:

$$d_{КС} \geq 2,2 \cdot d_{Ш}. \quad (6)$$

### ***Длина камеры смешения***

Настоящий параметр играет очень важную роль в процессе работы струйного аппарата. Для того, чтобы уменьшить потерю давления в диффузоре, необходимо выравнивание профиля скоростей смешанного потока при выходе из камеры смешения, это достижимо при большой длине камеры смешения, но не стоит забывать, что излишняя длина камеры смешения грозит увеличению потерь на трение.

В своих работах А. Б. Уваков рекомендовал следующие значение длины камеры смешения:

$$l_{КС} = (6 \div 8) \cdot d_{КС}. \quad (7)$$

Опираясь на экспериментальные данные казахского исследователя Заурбекова С.А. оптимальное значение длины камеры смешения является:

$$l_{КС} = (6 \div 7) \cdot d_{КС}. \quad (8)$$

Таким образом, напрашивается следующий вывод о том, что большой разброс рекомендованных значений указывает на необходимость проведения экспериментальных исследований.

### ***Размеры диффузора***

Основной задачей расчета является установление оптимальной формы диффузора, которая соответствует безотрывному течению, а также минимальных потерям энергии при заданном режиме работы.

Основываясь на результаты экспериментальных исследований [6] было установлено, что при шароструйном бурении наилучшая скорость проходки наблюдается при угле раскрытия диффузора  $30^\circ$ . Настоящий эффект объясняется тем, что чем больше угол раскрытия диффузора, тем меньше его длина, это в свою очередь очень влияет на скорость шара, с которой он ударяется о забой.

### ***Зазор между долотом и стенками скважины***

Разность между диаметром скважины  $d_{СКВ}$  и наружным диаметром долота  $d_{СА}^H$  определяется из условий [5]:

$$D_{СКВ} - d_{СА}^H = 1,25 \cdot d_{Ш}. \quad (9)$$

Необходимо отметить, что большой зазор между долотом и стенками скважин приводит к сложности разработки скважины по диаметру, а также к уменьшению скорости подъема шаров в затрубном пространстве.

### ***Масса порции породоразрушающих шаров***

В настоящее время существует оптимальное значение массы порции шаров, при котором скорость бурения будет максимальной. Если количество породоразрушающих шаров меньше оптимального, тогда разрушение горной породы происходит при недостаточном числе ударов. В случае, когда количество шаров больше оптимального значения, происходит уменьшение КПД струйного аппарата, вследствие чего происходит уменьшение коэффициента эжекции.

В своих исследованиях А.Б. Уваков и В.В. Штрассер утверждали, что для каждого конкретного случая вес порции шаров устанавливается опытным путем, т.к. определить вес аналитическим путем очень сложно. Данное высказывание указывает на необходимость разработки общей инженерной методики расчета оптимальной порции шаров.

### ***Диаметр породоразрушающих шаров***

Стоит отметить, что важнейшим параметром при расчете шароструйных аппаратов является диаметр шара, т.к. он влияет на следующие величины:

1. Величина кинетической энергии, что передается от шара к разрушаемой горной породе. Чем больше диаметр шара, тем больше его масса и соответственно величина кинетической энергии.
2. Коэффициент передачи энергии от жидкости к породоразрушающим шарам.
3. Диаметр камеры смешения, а также зазор между буровым снарядом и стенками скважины напрямую зависит от диаметра шара.

Для конструкций снарядов, в которых не применяется задерживающие устройство диаметр шаров определяется расходом жидкости, от которой зависит их скорость и высота подъема в затрубном пространстве.

### ***Свойство материалов шаров***

Во время проведения различных экспериментальных исследований в полевых, а также лабораторных условиях использовались стальные шары из отработанных подшипников.

Стоит отметить, что в некоторых работах [15] указывается о целесообразности применения твердосплавных шаров. В зависимости от стальных шаров, твердосплавные обладают большей плотностью и большим модулем упругости, а также большим коэффициентом передачи энергии, из всего выше изложенного вытекает следующие, что для одинаковой эффективности разрушения горной породы, твердосплавным шарам требуется меньшая оптимальная скорость. Также твердосплавные породоразрушающие шары обладают большим значением прочности на сжатие, поэтому они способны выдержать более высокие значения контактных нагрузок.

### ***Тип и свойства промывочной жидкости***

Исследованием влияния типа и свойств промывочной жидкости занимались только американские исследователи, которые в ходе своих экспериментов установили, что использование глинистого раствора приводит



к падению скорости бурения на 25%, использование воздуха на 75% по сравнению с водой. Анализируя полученные результаты, напрашивается вывод о том, что вода обладает большими значениями энергии, передающейся шарам от промывочной жидкости. Также известно, что при ударах шаров, забой покрывается сетью трещин, в связи с этим возможно эффективное использование понизителей твердости.

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2**

Таким образом совершив обзор существующих конструкций шароструйного аппарата, можно сделать следующий вывод. Начиная с 1955 г. было разработано большое количество различных конструкций и устройств, которые были либо полностью модернизированы, либо вытеснены более технологичными. Первой работоспособной конструкцией шароструйного аппарата является модель, заявленная в США позволяющая сооружать скважины с отбором керна.

Следует отметить, что существующие методики расчета оптимальных геометрических параметров бурового снаряда не отражают всей сложности процессов, происходящих при шароструйном бурении крепких и твердых горных пород. Существующие методики для их расчета разработаны индивидуально для конкретных конструкций буровых снарядов. Поэтому существует необходимость в проведение дополнительных экспериментов.

## ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ШАРОСТРУЙНОГО БУРЕНИЯ

### 3.1. Технологическая схема шароструйного бурения с электромагнитным улавливающим устройством

В настоящее время в Томском политехническом университете на кафедре теоретической и прикладной механики разрабатывается конструкция электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров с забоя скважины. Данная конструкция входит в состав бурового снаряда, используемого при шароструйном способе бурения скважин.

Следует отметить, что кинетическая энергия, передаваемая от шара к горной породе, влияет на эффективность бурения.

$$E_0 = \frac{m_0 \cdot V^2}{2}, \quad (10)$$

где  $m$  – масса шара;

$V$  – скорость бурового потока.

Чем больше кинетическая энергия шара, тем выше сила удара, следовательно, процесс изнашивания породоразрушающих шаров будет происходить быстрее.

Условно можно предположить, что в процессе бурения диаметр породоразрушающих шаров изменяется по линейной зависимости от времени бурения (график 1).

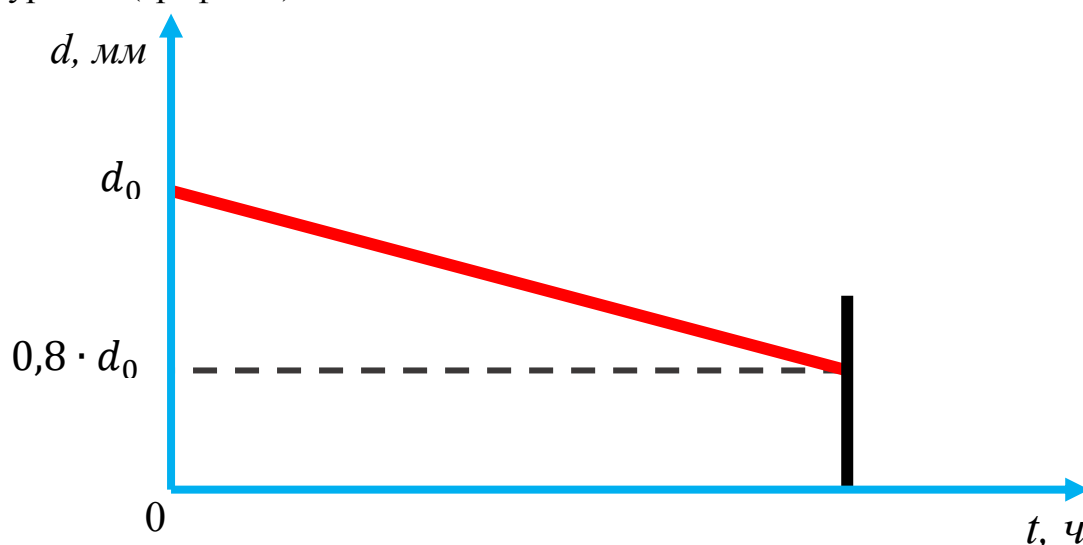


График 1 - Зависимость диаметра шара от времени бурения

Если в процессе бурения диаметр шара изменяется на 20%, то диаметр изношенного шара будет равен:

$$d = 0,8 \cdot d_0, \quad (11)$$

где  $d$  – диаметр изношенного породоразрушающего шара;

$d_0$  – начальный диаметр шара.

Уменьшение диаметра влечет за собой уменьшение массы шара. Для того, чтобы определить массу шара воспользуемся формулой:

$$m = \rho \cdot V, \quad (12)$$

где  $\rho$  – плотность материала шара;

$V$  – объем шара.

Объем породоразрушающего шара рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3, \quad (13)$$

где  $R$  – радиус шара.

Для определения радиуса шара воспользуемся формулой:

$$R = \frac{d}{2}. \quad (14)$$

Подставив (13) и (14) получим:

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{d^3}{8} \cdot \rho. \quad (15)$$

$$m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{0,8^3 \cdot d_0^3}{8} \cdot \rho = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{0,512 \cdot d_0^3}{8} \cdot \rho. \quad (16)$$

Из формулы (16) можно сделать следующий вывод, что с уменьшением диаметра шара на 20%, масса его уменьшается вдвое. График изменения массы шара условно имеет кубическую зависимость от времени бурения (график 2).

С уменьшением массы породоразрушающих шаров, изменяется кинетическая энергия шара.

Для определения кинетической энергии изношенного шара подставим (16) в формулу (10) и получим:

$$E = \frac{0,512 \cdot m_0 \cdot V^2}{2}. \quad (17)$$

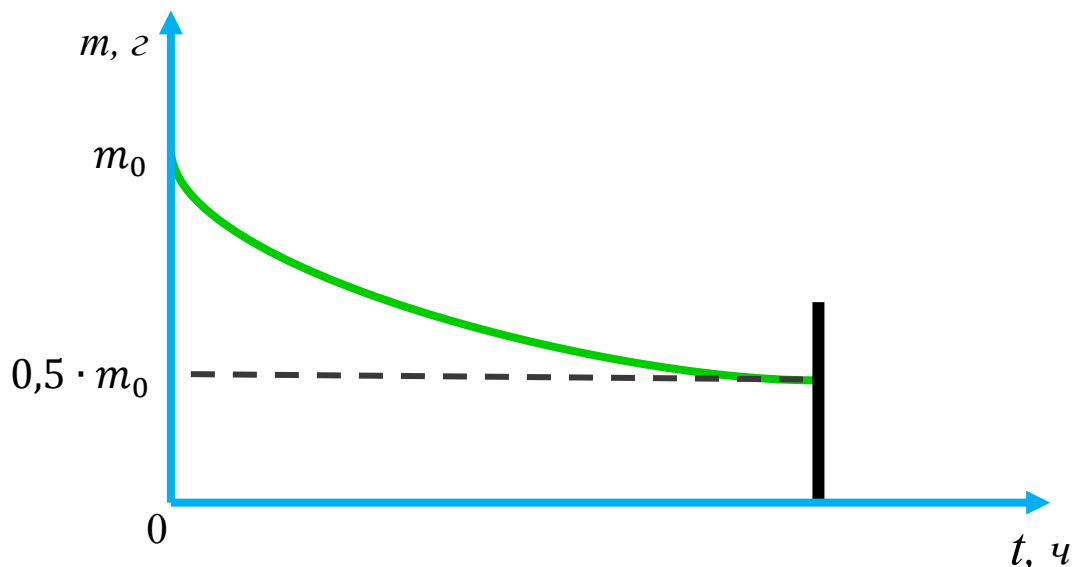


График 2 - Зависимость массы шара от времени бурения

Из формулы (17) видно, что с уменьшением массы шара вдвое, его кинетическая энергия уменьшается вдвое. Следовательно, разрушение горной породы происходит медленно и неэффективно, скорость проходки падает.

Для поддержания постоянной скорости проходки существуют следующие способы:

1. Замена порции шаров.
2. Увеличение скорости рабочего потока.
3. Комбинированное использование двух предыдущих способов.

Рассмотрим способ компенсации кинетической энергии с помощью увеличения скорости рабочего потока (график 3).

Начальная кинетическая энергия шара равна:

$$E_0 = \frac{m_0 \cdot V_0^2}{2}, \quad (18)$$

где  $V_0$  – начальная скорость бурового потока.

Кинетическая энергия изношенного шара на 20% равна:

$$E = 0,512 \cdot E_0. \quad (19)$$

Составим зависимость:

$$\frac{m_0 \cdot V_0^2}{2} = \frac{0,512 \cdot m_0 \cdot V^2}{2}, \quad (20)$$

где  $V$  – увеличенная скорость бурового потока.

Отсюда:

$$V_0^2 = 0,512 \cdot V^2. \quad (21)$$

Найдем скорость увеличенного бурового потока:

$$V = \frac{1 \cdot V_0}{\sqrt{0,512}} = \frac{1 \cdot V_0}{0,715} = 1,44 \cdot V_0. \quad (22)$$

Из формулы (22) видно, что для компенсации кинетической энергии изношенного шара на 20%, необходимо увеличить скорость бурового потока на 40%.

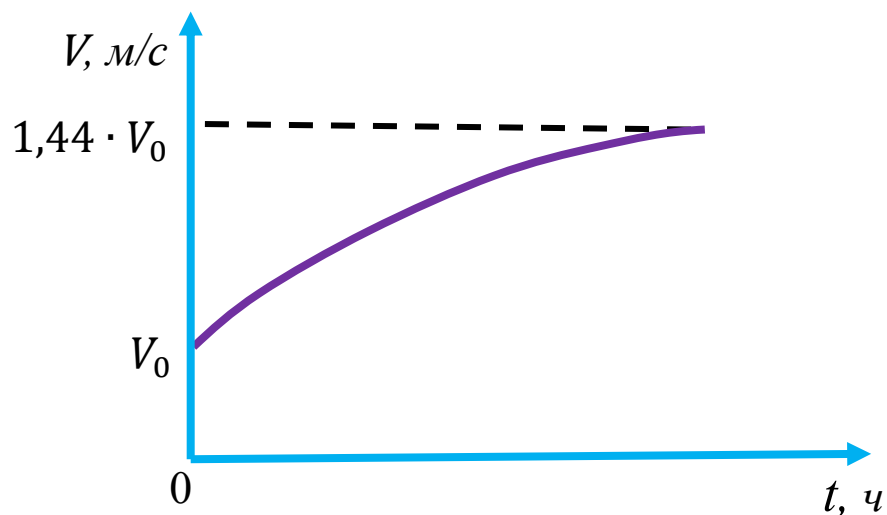


График 3 - Зависимость скорости потока от времени бурения (износа шаров)

Рассмотрим комбинированный способ поддержания постоянной скорости проходки (график 4).

При использовании комбинированного способа износ породоразрушающих шаров до 10% компенсируется с помощью увеличения скорости бурового раствора до 20%. Далее бурение продолжается с постоянной скоростью потока. В процессе бурения происходит дальнейший износ шаров и уменьшение кинетической энергии.

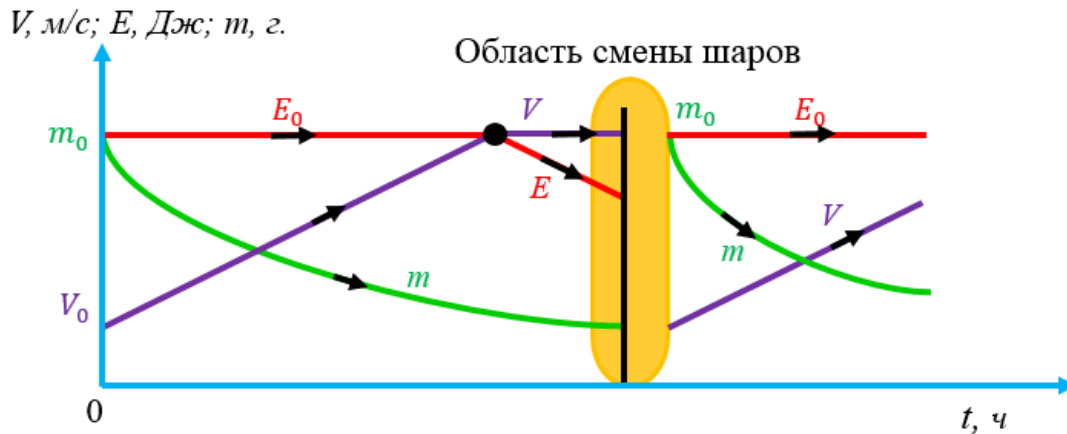


График 4 – Комбинированный способ поддержания постоянной скорости проходки

При допуске износа по диаметру породоразрушающих шаров на 20% и компенсации кинетической энергии при износе до 10%, с помощью повышения скорости потока на 20%, кинетическая энергия шара на момент замены порции шаров составит 73% от начальной. Дальнейшее продолжение бурения можно считать неэффективным, т.к. скорость бурения существенно падает.

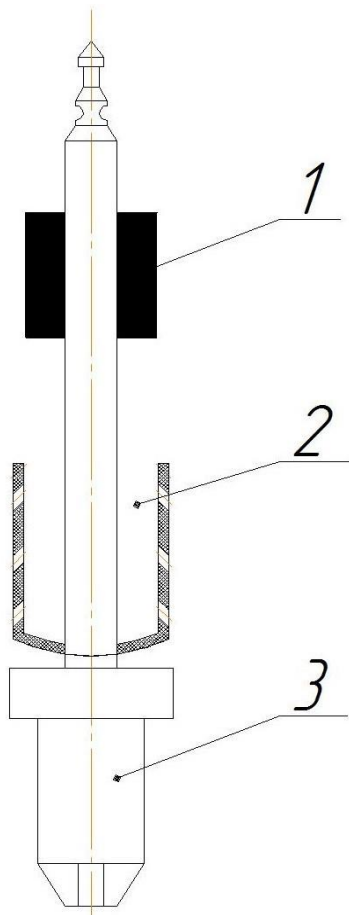


Рисунок – 7 Запорный клапан:

1 – электромагнит; 2 – перфорированная приемная корзина; 3 – запорный клапан.

Данная конструкция запорного клапана спускается в колонну бурильных труб при помощи овершота на талевом канате и работает в паре с подпитывающим устройством, которое производит подпитку новой порцией шаров, без остановки циркуляции бурового потока, после забора отработанных шаров. Питание электромагнита происходит с устья скважины при помощи гибкого кабеля.

Для возобновления эффективности бурения, необходимо произвести замену порции шаров. Для замены порции шаров необходимо извлечь отработанные шары с забоя скважины. С помощью сбрасываемого запорного клапана на штоке которого установлен электромагнит и приемная корзина (рисунок 7)

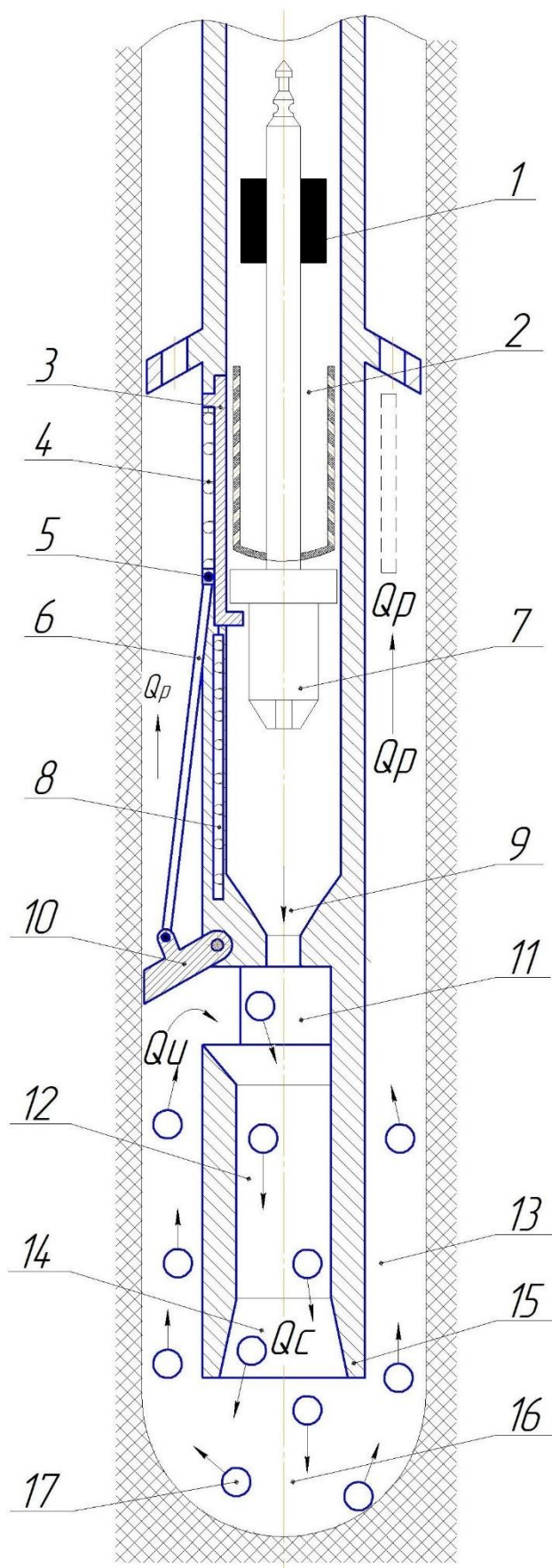
Разработанная схема электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров представлена на рисунке 8.

Принцип работы электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров заключается в выполнении следующей последовательности технологических операций:

1. Загрузка нескольких порций породоразрушающих шаров в подпитывающее устройство.
2. Спуск представленной компоновки низа бурильной колонны до забоя скважины, складывающие задерживающие устройство (ЗУ) находится в транспортном положении.
3. Воздействие на ЗУ, перевод в рабочие положение.
4. Включение бурового насоса, начало процесса бурения до появления признаков износа породоразрушающих шаров.
5. В колонну бурильных труб с устья скважины спускают запорный клапан (при этом лепестки ЗУ переводят в транспортное состояние и открывают технологические окна).
6. Включение бурового насоса, подача электроэнергии на электромагнит работающий в импульсном режиме, подъем шаров по затрубному пространству выше, затягивание в колонну бурильных труб и их улавливание, с помощью перфорированной приемной корзины.
7. Извлечение конструкции запорного клапана, закрытие технологических окон, перевод лепестков ЗУ в рабочие положение.
8. Подпитка новой порцией шаров.
9. Включение насоса, возобновление процесса бурения.



Рисунок 8 – Схема компоновки рабочей части бурильной колонны с электромагнитной системой забора:



- 1 – электромагнит;
- 2 – перфорированная приемная корзина;
- 3 – шторка технологического окна;
- 4 и 8 – упругие элементы;
- 5 – шток;
- 6 – тяга;
- 7 – запорный клапан
- 9 – седло запорного клапана;
- 10 – складывающиеся задерживающие устройство;
- 11 – зона разрезания;
- 12 – камера смешения;
- 13 – затрубное пространство;
- 14 – диффузор;
- 15 – корпус;
- 16 – область между долотом и забоем;
- 17 – породоразрушающие шары;
- $Q_p$  – расход промывочной жидкости, подводимой к буровому снаряду;
- $Q_u$  – расход инжестируемой жидкости;
- $Q_c$  – расход смешенного потока.

Предложенная конструкция компоновки низа бурильной колонны с электромагнитной системой забора отработанных шариковых породоразрушающих элементов при шароструйно-эжекторном способе бурения состоит из корпуса 15; подвижной подпружиненной шторки 3 технологического окна; запорного клапана 7, на штоке которого установлена перфорированная приемная корзиной 2 и электромагнит 1; складывающегося задерживающего устройства 10; соединенного посредством тяг 6 со штоком 5 шторок 3 технологических окон, выполненных в корпусе 14.

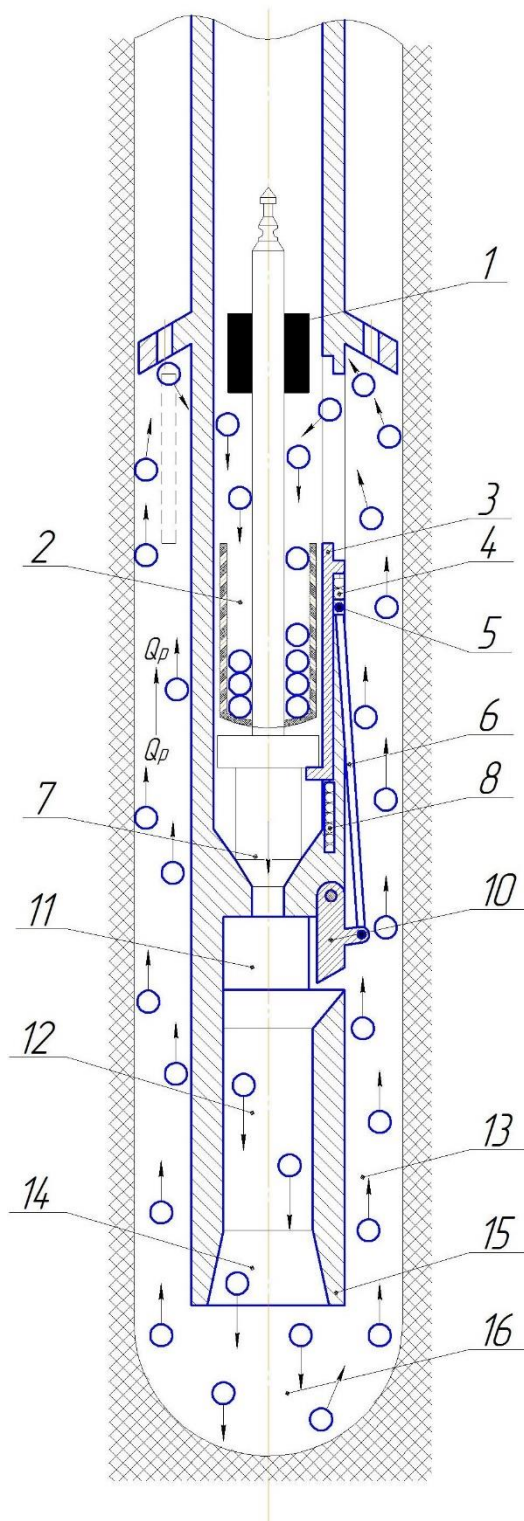
*Принцип работы* шароструйно-эжекторного бурового снаряда с электромагнитной системой забора отработанных породоразрушающих шаров заключается в следующем.

С устья скважины при помощи овершота на талевом канате, спускают компоновку запорного клапан 7. Запорный клапан 7 садится в посадочное седло шторки 3 технологического окна. Создается избыточное давление, которое приводит к деформации упругих элементов 4 и 8, происходит открытие шторки 3 технологического окна и складывание задерживающего устройства. Упругий элемент 4 необходим для компенсации разности ходов, складывания задерживающего устройства и полного открытия заборных окно

Таким образом процесс открытия технологических окон и перевод задерживающего устройства 10 в транспортное состояние происходит параллельно. При этом запорный клапан 7 садится в запорное седло 9 и частично перекрывает подачу бурового потока, увеличивая его давление.

На рисунке 9 представлена конструкция компоновки рабочей части бурильной колонны со спущенным запорным клапаном 7.

Рисунок 9 – Схема компоновки рабочей части буровой колонны со спущенным запорным клапаном.



- 1 – электромагнит;
  - 2 – перфорированная приемная корзина;
  - 3 – шторка технологического окна;
  - 5 – тяга;
  - 4 и 8 – упругие элементы;
  - 5 – шток;
  - 6 – тяга;
  - 7 – запорный клапан;
  - 10 – складывающиеся задерживающие устройство;
  - 11 – зона разрежения;
  - 12 – камера смешения;
  - 13 – затрубное пространство;
  - 14 – диффузор;
  - 15 корпус;
  - 16 – область между долотом и забоем;
- $Q_p$  – расход промывочной жидкости, подводимой к буровому снаряду.

Процесс циркуляции бурового раствора продолжается. Включим электромагнит 1 в импульсном режиме. Смешанный поток увлекает породоразрушающие шары 17 в кольцевой зазор между долотом и стенками скважины поднимая их. По мере подъема шаров в затрубном пространстве скорость смешанного потока снижается, электромагнит воздействует на породоразрушающие шары изменяя их траекторию, затягивая в колонну бурильных труб через заборные окна. Далее шары направляются в перфорированную приемную корзину где происходит их накопление.

При помощи овершота, спускаемого на талевом канате, происходит извлечение запорного клапана с электромагнитом и заполненной приемной корзиной из скважины. Выполняем подпитку новой порцией шаров и возобновляем процесс бурения.

Шары, извлечь которые не удалось, циркулируют в призабойной зоне изнашиваясь далее и выносятся вместе с буровым шламом.

Существуют следующие пути утилизации отработанных породоразрушающих шаров:

1. Передача шаров для вторичного использования при бурении скважин с меньшим диаметром.
2. Переплавка (переработка).

К преимуществам предложенной конструкции электромагнитной системы забора следует отнести:

1. Значительная продолжительность рейса, за счет сокращения спуско-подъемных операций и экономии временных и энергетических ресурсов.

К недостаткам конструкции следует отнести:

1. Удлинение рабочей части бурильной колонны.
2. Усложнение системы

### **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3**

1. Разработана компоновка рабочей части конструкции шароструйно-эжекторного бурового снаряда для бурения твердых и крепких горных пород.
2. Показана целесообразность включения в состав бурового снаряда системы забора отработанных шаров, для сокращения спуско-подъемных операций.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Е31	Куренкову Александру Павловичу

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>Согласно действующим в Томской области тарифам: Стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч – для юридических лиц. Стоимость интернета – 12 руб. в сутки.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Согласно заданных уровней, премии и надбавки составляют 30% и 20%; 1,3 районный коэффициент.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>	<i>Используется общая система налогообложения, с учетом льгот для образовательных учреждений отчисления во внебюджетные фонды составляет 27,1%.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	<i>1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений. 3. SWOT – Анализ.</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	<i>1. Основная заработная плата исполнителей темы. 2. Отчисления на социальные нужды. 3. Прочие расходы. 4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.</i>

**Перечень графического материала:**

- 1. Оценка конкурентоспособности технических решений.*
- 2. Перечень таблиц.*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	05.05.2017 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Антонова И.С.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Е31	Куренков Александр Павлович		

## **ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В последнее время наблюдается тенденция увеличения научных разработок, связанных с инженерной деятельностью. Следует отметить, что одним из основных параметров инженерной разработки является её коммерческая ценность. С помощью данного параметра инвесторы, не углубляясь в суть разработки, могут оценить её перспективность. Поиск источников финансирования исследования стоит начинать с оценки коммерческой ценности разработки.

Коммерческая ценность разработки включает в себя множество факторов, таких как востребованность произведенного продукта на рынке; бюджет научного проекта; срок выхода разработки на рынок и её стоимость.

Таким образом основная цель данного раздела, заключается в проектировании и создании конкурентоспособных разработок, которые полностью отвечают современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования.
2. Выявить основных потребителей разработанной конструкции.
3. Спланировать проведение научно-исследовательской работы.

#### 4.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений

##### *Потенциальные потребители результатов исследования*

Для выявления потенциальных потребителей исследования, необходимо провести сегментирование целевого рынка.

В данном случае сегментирование целевого рынка проводится по следующим критериям: размер компании–заказчика, вид конструкции (таблица 1).

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

Вид конструкции				
		Постоянный электромагнит	Импульсный электромагнит	Конструкция с мощным устьевым оборудованием
Размер компании	Крупные		Фирма Б	Фирма А
	Средние	Фирма В		
	Мелкие		Фирма В	

В роли основных потребителей, конструкции-электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров, выступают сервисные и буровые компании, которые используют ШЭБС для искусственного искривления скважин.

##### *Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*

Детальный анализ конкурирующих разработок, которые сейчас существуют на рынке, целесообразнее проводить систематически, т.к. рынок находится в постоянном движении и обновлении. Детальный анализ позволяет вносить различные коррективы в научное исследование, для более лучшей конкурентоспособности продукта важно реалистично оценивать слабые, а также сильные стороны конкурентных разработок.



С этой целью необходимо использовать всю имеющуюся информацию о конкурентных разработках, а именно:

- Технические характеристики разработки.
- Конкурентоспособность разработки.
- Оценка уровня завершенности научного исследования.
- Бюджет разработки.
- Уровень проникновения на рынок и т.п.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения помогает произвести оценку эффективности научной разработки, а также определить направление для ее повышения. Опираясь на таблицу 2 проведем анализ конкурентных технических решений.

Б<sub>ф</sub> – Применение твердосплавных пластиковых шаров.

Б<sub>к1</sub> – Новая конструкция струйного аппарата.

Б<sub>к2</sub> – Применение датчика расхода шаров.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Эксплуатационные характеристики	0,11	2	2	4	0,22	0,22	0,44
2. Срок службы	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
3. Ремонтопригодность	0,09	3	3	2	0,27	0,27	0,18
4. Возможность интеграции в другие механизмы	0,1	3	2	3	0,3	0,2	0,3
5. Надежность	0,07	3	4	3	0,21	0,28	0,21
6. Простота монтажа	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	4	3	4	0,12	0,09	0,12
2. Уровень проникновения на рынок	0,09	2	3	3	0,18	0,27	0,27
3. Цена	0,08	3	3	4	0,24	0,24	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	5	4	0,44	0,55	0,44
5. Обслуживание	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
6. Финансирование	0,03	3	2	3	0,09	0,06	0,09
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>3,03</b>	<b>3,25</b>	<b>3,53</b>

Произведем расчет коэффициента конкурентоспособности.

В качестве конкурирующих видов бурения будут использовать: дробовое и гидроударно-шарошечное.

Ниже представлена формула расчет коэффициента конкурентоспособности:

$$K_{КС} = \frac{КС_{Ф}}{КС_{Ki}}, \quad (23)$$

где  $КС_{Ki}$  – конкурентоспособность товара фирм-конкурентов.

Конкурент №1 – дробовое бурение:

$$K_{КС1} = \frac{4,25}{3,16} = 1,345.$$

Конкурент №2 – гидроударно – шарошечное бурение:

$$K_{КС2} = \frac{4,25}{3,60} = 1,181.$$

Следует отметить, что в каждом из случаев предприятие признано конкурентоспособным, т.к.:

$$K_{КС} > 1. \quad (24)$$

Таким образом, модернизация конструкции шароструйного–эжектерного аппарата приводит к повышению эффективности бурения горных пород, следовательно, стоимость 1-го метра проходки будет снижена, для примера стоимость 1-го метра проходки при шарошечном бурении составляет 22 589,19 руб.

### ***SWOT – Анализ***

SWOT представляет из себя комплексный анализ инженерного проекта.

Первый этап SWOT – анализа заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 3 – Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
С1. Меньшее число спускоподъемных операций; С2. Простота конструкции; С3. Высокая механической скорости бурения.	Сл1. Отсутствие результатов испытаний; Сл2. Риск обрыва гибкого кабеля с импульсным электромагнитом.
Возможности:	Угрозы:
В1. Существование потенциального спроса на новый продукт со стороны нефтяных компаний; В2. Возможность выхода на мировой рынок; В3. Привлечение потенциальных клиентов в качестве инвесторов.	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства у зрелых компаний; У2. Развитая конкуренция технологий производства.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап включает в себя: выявлении соответствий сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта благодаря внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4, таблице 5, таблице 6, таблице 7.

Таблица 4 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	0
	B2	0	+	+	-
	B3	-	+	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1 - C1C2C3; B2 - C2C3; B3 - C2.

Таблица 5 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	+
	B2	-	0
	B3	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1 – Сл2.

Таблица 6 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	+	-
	У2	0	0	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1- C3; У2 – C4.

Таблица 7 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	0	+
	У2	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1 - Сл2.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа смотри таблице 8.

Таблица 8 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны</b> <b>научно – исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны</b> <b>научно – исследовательского проекта:</b>
	С1. Меньшее число спускоподъемных операций; С2. Простота конструкции; С3. Высокая механической скорости бурения.	Сл1. Отсутствие результатов испытаний; Сл2. Обрыв гибкого кабеля с импульсным электромагнитом.
<b>Возможности:</b>	Удовлетворение потенциального спроса нефтяных компаний, а также выход на мировой рынок за счет увеличения	Вероятность неправильного использования продукта в связи с отсутствием квалифицированных кадров
В1. Существование потенциального спроса на новый продукт со		

<p>стороны нефтяных компаний;</p> <p>В2. Возможность выхода на мировой рынок;</p> <p>В3. Привлечение потенциальных клиентов в качестве инвесторов.</p>	<p>продолжительности рейса и простоты конструкции.</p>	<p>по работе с продуктом у потребителя.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства у зрелых компаний;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p>		<p>Отсутствие должностей на предприятие, которые связаны с обслуживанием оборудования.</p>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### *Структура работ в рамках научного исследования*

Первым делом необходимо произвести планирование комплекса предполагаемых работ, который выполняется в следующем порядке:

- Определение структуры работы, в рамках научного исследования.
- Определение участников каждой работы.
- Установление продолжительности работы.

- Построение графика проведения научных исследований.

Следует отметить, что для каждого вида запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В настоящем разделе необходимо составить список этапов, а также работ, входящих в рамки проведения научного исследования и произвести распределение исполнителей по категориям работ.

Ознакомиться с порядком составления этапов и работ, а также с распределением исполнителей по видам работ, можно в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта; исполнитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Проведение патентных исследований	Исполнитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта; исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель проекта



	6	Построение модели электромагнитной системы забора шаров, а также проведение исследования	Исполнитель проекта
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта; исполнитель
Оформления отчета по исследовательской работе	9	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта; исполнитель

### ***Определение трудоемкости выполнения работ***

Основная часть стоимости разработки в большинстве случаев складывается из трудовых затрат, таким образом определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования является важным моментом.

Трудоемкость выполнения научного исследования производится с помощью экспертной оценки, измеряется в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используют следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (25)$$

где  $t_{ожі}$  – Ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (26)$$

где  $T_{pi}$  – Продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – Ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – Численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### ***Разработка графика проведения научного исследования***

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме исследования представляются в виде протяженных во времени отрезков, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести и рабочих дней в календарные. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (27)$$

где  $T_{ki}$  – Продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – Продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – Коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (28)$$

где  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 52$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Все рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округлим до целого числа.

В таблице 10 приведен свод рассчитанных значений временных показателей.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{\min}$ Чел-дни	$t_{\max}$ Чел-дни	$t_{\text{ож}}$ Чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	5	3	Руководитель проекта; исполнитель	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	10	14	13	Исполнитель	14	17

Проведение патентных исследований	3	5	3,8	Исполнитель	5	6
Выбор направления исследований	5	8	8,2	Руководитель проекта; исполнитель	4	5
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,5	Руководитель проекта; исполнитель	1	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	10	16	11	Исполнитель	12	15
Построение модели электромагнитной системы забора отработанных шаров и проведение исследования	14	28	16	Исполнитель	17	21
Оценка результатов исследования	7	9	6,5	Руководитель проекта; исполнитель	4	5
Составление пояснительной записки	8	15	10	Руководитель проекта; исполнитель	7	9

Опираясь на данные таблицы 10 строим план график, представленный в таблице 11.

Таблица 11 – Календарный план график проведения НИР

№ работ	Вид работ	Исполнитель	T <sub>кi</sub> , кал. дни	Продолжительность выполнения работ														
				Фев.		Март			Апрель			Май						
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель;	5	■														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	20		▬													
3	Проведение патентных исследований	Исполнитель.	6			□												
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель;	6				■											
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель	15					▬										



- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).
- Затраты, направленные на научные и производственные командировки.
- Прочие расходы.

### ***Расчет материальных затрат НТИ***

В данном разделе ВКР происходит расчет стоимости всех материалов, которые используются при разработке проекта:

- Приобретение необходимого сырья и материалов для создания научно-технической продукции.
- Покупка комплектующих изделий, а также полуфабрикатов, подвергающихся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке.
- Сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, которые используются в качестве объектов исследования (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Следует отметить, что помимо вышперечисленных затрат, направленных на проведение НТИ, необходимо учесть дополнительные затраты, которые направлены на приобретение канцелярских принадлежностей, использование принтера и т.д. Необходимо помнить, что учет данных затрат ведется только в случае, если научная организация не включает их в список расходов на использование оборудования или прочие расходы. В первом случае на них определяют соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае величина расходов учитывается, как некая доля в коэффициенте прочих расходов.

Произведем расчет материальных затрат:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расч i} = (1 + 0,15) \cdot 3 \cdot 70 = 1\ 110, \quad (29)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расч i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.).

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.).

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

С помощью таблицы 12 произведем расчет материальных затрат НТИ.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Шариковая ручка	Шт.	3	70	210
Бумага формата А4	Шт.	350	2	700
Пальчиковые батарейки	Шт.	2	100	200
Итого:				1 110

В текущий перечень материальных затрат, необходимо добавить затраты на электроэнергию, которые по тарифу Томской области для юридических лиц составляет 5,8 руб. кВт\*ч, таким образом ежемесячный расход электроэнергии составил 100 кВт, что в рублях составило 1 800 руб.



Затраты, направленные на использование интернет ресурсов, составили 12 руб. день, таким образом за период выполнения работы затраты составили 1 500 руб.

### **Основная заработная плата исполнителей темы**

В данный раздел работы, включают основную заработную плату научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок, а также окладов. В состав основной заработной платы входит премия, которая выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Опираясь на данные таблицы 13 произведем расчет заработной платы.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем . чел.-дн.	Заработная плата, приходящая на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта; исполнитель	3	930	2 976
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта	13	70	882

3	Проведение патентных исследований	Исполнитель проекта	3,8	70	266
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта	8,2	1 000	8 200
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель проекта	11	70	728
6	Построение модели электромагнитной системы забора обработанных шаров и проведение исследования	Исполнитель проекта	16	70	1 078
7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта; исполнитель	6,5	1 000	6 800
8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта; исполнитель	10	1 000	10 800
<b>Итого:</b>					<b>33 530</b>

Данный раздел включает в себя расчет основной заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического

исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (30)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя проекта (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (31)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{55\,791 \cdot 10,4}{224} = 2\,590 \text{ руб.}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

С помощью таблицы 14 произведем расчет действительного годового фонда рабочего времени.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		

– выходные	53	53
– праздничные	26	26
Потери рабочего времени:		
– отпуск	48	72
– невыходы по болезни	14	14
Действительный            годовой фонд рабочего времени	224	200

Произведем расчет месячного должностного оклада работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{ПР} + k_D) \cdot k_P = 25\,244 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 55\,791 \text{ руб.},$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{ПР}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{TC}$ );

$k_D$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5;

$k_P$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томской области).

Тарифная заработная плата  $Z_{TC}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

В таблице 15 произведен расчет основной заработной платы.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , тыс. руб.	$k_{ПР}$	$k_D$	$k_P$	$Z_M$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.
Руководитель проекта	25 244	0,3	0,4	1,3	55 791	2 590	18	44 831

Исполнитель проекта	1 750	0	0	1,3	2 275	118	57	6 726
<b>Итого:</b>								<b>51 557</b>

### ***Дополнительная заработная плата исполнителей темы***

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 44\,831 = 5\,828 \text{ руб};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 6\,726 = 874 \text{ руб},$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### ***Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)***

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (44\,831 + 5\,828) = 13\,729 \text{ руб},$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

В таблице 16 произведен расчет отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель проекта	44 831	5 828
Исполнитель проекта	6 726	874
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	17 137	

***Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта***

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

В таблице 17 производится расчет бюджета затрат НИИ.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	51 557	Пункт 4.2
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6 740	Пункт 4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	17 137	Пункт 4.2
4. Материальные затраты	1 141,5	Пункт 4.3
5. Затраты на электроэнергию и интернет	3 300	Пункт 4.3
6. Бюджет затрат НИИ	78 875,5	Сумма ст. 1-5

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4**

Шароструйное бурение скважин по сравнению с дробовым и шарошечным способом имеет преимущество, которое проявляется в безаварийности.

При шароструйном способе разрушения горной породы исключается возможность возникновения различных прихватов, а также обрыва ПРИ. Это происходит вследствие отсутствия контакта ПРИ с забоем скважины. Также при данном способе бурения, наблюдается уменьшение спускоподъемных операций, которые в свою очередь экономят время.

Резюмируя все выше изложенное, напрашивается следующий вывод, что применение шароструйного способа бурения скважин позволяет снизить производственные затраты, путем экономии времени и средств. Также имеется ряд преимуществ, свидетельствующих о целесообразности и эффективности использования данного способа разрушения горных пород.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Е31	Куренкову Александру Павловичу

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	15.03.02. «Технологические машины и оборудования»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>В настоящей работе инженер – исследователь использует свойства электромагнита, работающего в импульсном режиме и посредством гибкого кабеля соединённого с установкой импульсного генератора тока, которая находится на устьевой площадке и несет в себе потенциальную угрозу поражения электрическим током.</p> <p>Вредные факторы: воздействие электромагнитных полей.</p> <p>Опасные факторы: опасность поражения электрическим током; пожароопасность; опасность разрыва гибкого провода в процессе работы аппарата</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</p> <p>ГОСТ Р МЭК 61140-2000 Защита от поражения электрическим током.</p> <p>ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные.</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Вредные факторы:</p> <p style="padding-left: 20px;">Электромагнитное излучение.</p> <p>Действие фактора на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ослабление иммунитета.</li> <li>• Расстройства нервной системы.</li> <li>• Развитие онкологических заболеваний.</li> </ul> <p>Средства коллективной защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор рационального режима работы оборудования.</li> <li>2. Увеличение расстояния между человеком и источником.</li> </ol> <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение спец. одежды, защитных очков и т.п.</li> </ul>
--	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Опасные факторы: Электрическое напряжение.</p> <p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Генератор импульсных токов.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изоляция проводов.</li> <li>2. Установка оградительных устройств.</li> <li>3. Использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности.</li> <li>4. Защитное заземление.</li> <li>5. Использование СИЗ (перчатки, инструмент из диэлектрика).</li> </ol> <p>Причины пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Перегрев оборудования.</li> <li>• Короткое замыкание.</li> </ul> <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Изучение техники пожарной безопасности.</li> <li>• Контроль оборудования.</li> </ul> <p>Первичные средства пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Огнетушители.</li> <li>• Песок.</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Защита селитебной зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Так как бурение скважин на нефть и газ происходит вдали от населенных пунктов, принятие каких-либо мер по обеспечению безопасности селитебной зоны полностью отпадает.</li> </ul> <p>Воздействие на атмосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы пыли и шлама разрушаемых пород.</li> </ul> <p>Воздействие на гидросферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Загрязнение подземных вод.</li> </ul> <p>Воздействие на литосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Смазочные материалы при техническом обслуживании и ремонте установки.</li> </ul> <p>Решение по обеспечению экологической безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Соблюдение инструкции и правил техники безопасности, разработанные конкретно для данного аппарата;</li> <li>• Все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90.</li> </ul>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Перечень возможных ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ЧС, со спуско-подъемным оборудованием (Обрыв каната, развинчивание резьб и т.д.).</li> <li>2. Разрыв любых соединений между блоками в технологическом оборудовании.</li> <li>3. Скачки напряжения или полное отключение подачи электроэнергии в электросети.</li> </ol> <p>Меры предотвращения ЧС:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) предусматривать резервное электропитание для всех звеньев технологической линии.</li> <li>2) оперативно блокировать работу технологической линии и вспомогательного оборудования при наступлении потенциально опасных чрезвычайных ситуаций</li> </ol>

<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p><i>Правила безопасного ведения работ регламентируются в ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».</i></p> <p><i>Допуск к работе имеют лица не моложе 18-ти лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</i></p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	

<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	<p>25.03.2017</p>
--	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Невский Е.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Куренков Александр Павлович		

## ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Для начала разберемся с понятием, *социальная ответственность* – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества [7], возлагая на себя ответственность за влияние произведенной ими продукции на потребителя, другими словами продукт производства должен полностью обеспечивать безопасные условия труда. В Российском законодательстве существует свод законов, посвященный охране труда, который включает в себя правила, нормы, стандарты безопасности труда, а также комплекс различных социально – экономических и организационных мероприятий.

В данном разделе будет подробно рассмотрен вопрос о возможности возникновения вредных и опасных факторов при производственном использовании электромагнитной системы забора отработанных шариковых породоразрушающих элементов, используемых при шароструйном способе бурения крепких и твердых горных пород.

### ***Описание рабочей зоны на предмет возникновения опасных проявлений факторов производственной среды.***

Как известно любое рабочее место несет в себе потенциальные угрозы и риски для здоровья человека. Необходимо четко знать и структурировать всевозможные опасные и вредные факторы воздействия, чтобы в дальнейшем как можно лучше защитить себя от них [6]. Так в нашем случае, в качестве потенциальной угрозы выступает возможность поражения электрическим током, рабочих находящихся на устьевой площадке вблизи работающего оборудования импульсного генератора тока, при осуществлении процесса импульсного электромагнитного забора отработанных шаров с забоя скважины.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства», при поражении человека электрическим током у него наблюдаются: ожоги; нарушение физико-химического состава крови; разрыв тканей организма; летальный исход. Причин, по которым произошло

поражение током может быть масса от плохой изоляции проводов до перегрузок самого аппарата.

### **5.1. Анализ воздействия вредных факторов**

В процессе работы генератор импульсных токов оказывает вредное воздействие на организм человека в радиусе 10 м. путем испускания электромагнитных полей. Электромагнитное излучение оказывает сильное воздействие на организм человека, которое приводит к ослаблению половой и иммунной системы; повышению нагрузки на сердечно-сосудистую систему; приводит к расстройствам нервной системы и развитию онкологических заболеваний [15].

Согласно ССБТ ГОСТ 12.1.012-90 для того, чтобы оградить себя от негативного, вредного воздействия электромагнитного излучения необходимо:

1. Настроить оборудование на рациональный режим работы.
2. Увеличить расстояние между человеком и источником [12], в нашем случае установить ограждения, повесить таблички напоминающие об опасности излучения и необходимости использования средств индивидуальной защиты (СИЗ).
3. На многих производственных предприятиях работникам, которые часто подвергаются электромагнитному облучению, выдают талоны для приобретения молока, которое способно выводить токсины и снижать риски ослабления иммунитета и т.п.

Таким образом проанализировав возможность возникновения вредных факторов при работе импульсного генератора, было выявлено, что во время работы генератор испускает электромагнитное излучение, которое негативно влияет на здоровье человека. Поэтому использование индивидуальных средств защиты, а также знание техники безопасности и умение применять эти знания на практике, могут спасти вам жизнь.

## 5.2. Анализ воздействия опасных факторов

В процессе применения электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров, основной опасностью является возможность получения электротравмы. Получить электротравму не так сложно, чаще всего это происходит при непосредственном контакте человека с токоведущими частями, а также при поражении напряжением через шаг, осуществляемое электрической дугой. Травмы, полученные вследствие поражения электрическим током, могут быть, как ожоги верхних слоев кожи, так и летальный исход.

Для защиты от поражения электрическим током на производстве применяют коллективные и индивидуальные способы защиты. К коллективным способам защиты относят:

1. Установка оградительных устройств, препятствующих случайному взаимодействию человека с оборудованием.
2. Повсеместное использование предупредительной сигнализации, плакатов, а также знаков безопасности.
3. Использование качественной изоляции проводов, также с помощью защитного заземление отвод тока от токопроводящих элементов корпуса к земле.
4. Использование устройств защиты автоматического отключения питания.

К средствам индивидуальной защиты относят:

1. Необходимость использования во время работы с электроопасными приборами диэлектрических перчаток, а также применение инструментов рукоятки, которых выполнены из изолирующих материалов.
2. Необходимость установки предупреждающих знаков о проведении электрических работ.

Вследствие неправильно подобранного режима работы импульсного генератора, возникают большие перегрузки, приводящие к перегреву оборудования и образованию пожара.

В качестве огнегасящих средств применяемых для предотвращения пожаров используют: углекислотные огнетушители, химическую, а также воздушно-механическую пену, применяют воду и песок.

С целью снижения рисков возможного возникновения открытых очагов возгорания, предприятия создают и регулярно проводят мероприятия, связанные с повышением знаний работников в области пожаробезопасности.

Таким образом возможность поражения электрическим током, является весьма актуальным и крайне опасным фактором для здоровья человека, не только на рабочем месте, но и в бытовых (домашних) условиях. Необходимо отметить, чтобы избежать пожаров и взрывов на производстве, каждый работник должен соблюдать комплекс простых требований и правил, установленных предприятием.

### **5.3. Охрана окружающей среды**

#### *Защита селитебной зоны*

Селитебная зона – это часть территории населенного пункта, занятая жилыми зданиями [14]. Так как бурение скважин на нефть и газ происходит вдали от населенных пунктов, принятие каких-либо мер по обеспечению безопасности селитебной зоны полностью отпадает.

#### *Защита атмосферы*

Основным и постоянным источником загрязнения атмосферы при шароштруйном способе бурения скважин является шлам. В состав которого входят различные реагенты, мелкие частицы горной породы и т.п. Сущность загрязнения атмосферы, заключается в негативном воздействии шлама, путем выделения легких фракций пыли с поверхности разрушаемой породы.

В настоящее время, существует ряд мероприятий, направленных на защиту атмосферы:

- Внедрение в производственный процесс бурения скважин дополнительных очистных установок.
- Разработка новых способов нейтрализации вредных веществ, входящих в состав шламовой жидкости.

### ***Защита гидросферы***

В процессе бурения скважин загрязнение гидросферы происходит путем добавления активных присадок в состав бурового раствора, с целью снижения твердости горной породы. В производственной практике встречаются случаи утечки бурового раствора, который в дальнейшем производил загрязнение подземных вод.

К способам защиты следует отнести:

- Применение растворов, нейтрализующих вредные вещества.

### ***Защита литосферы***

При шароструйном способе бурения крепких и твердых горных пород воздействие на почву, растительный, а также животный мир оказывается в процессе утилизации/очистки бурового раствора. Влияние на литосферу сводится к загрязнению почв химически активными растворами, а также масляными эмульсиями. В результате воздействия отравляющих факторов на почвенный покров наблюдается изменение населяющих почву живых организмов, также снижается численность бактерий и усваивающих соединений азота.

Существующие меры защиты литосферы:

Применимо к нашему случаю, это установка дополнительных фильтров очистки бурового реагента, а также внедрение и применение новых способов бурения.

В мировой практике существует метод экономического регулирования в сфере охраны окружающей среды, путем воздействия на имущественные интересы природопользователей, другими словами налогообложение. С экономической точки зрения, данный метод отлично стимулирует ведение экологически безопасной деятельности.

### ***Решение по обеспечению экологической безопасности***

При работе с шароструйно-эжектерным буровым аппаратом необходимо соблюдать инструкцию, а также правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные



конкретно для данного аппарата. Персонал работающий с нефтепродуктами должен быть обучен безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90. Во время работы с отработанными нефтепродуктами, которые являются ядовитыми и легковоспламеняющимися веществами, необходимо использовать индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам. Во избежание электротравм, необходимо установить оградительные устройства, а также использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности.

#### **5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях**

В процессе разрушения крепких и твердых горных пород, с помощью шароструйно-эжекторного бурового аппарата есть риски возникновения ЧС различного характера, а именно природного и техногенного.

К чрезвычайным ситуациям техногенного характера относятся:

- Аварийная остановка оборудования, при нарушениях рабочего режима работы импульсного генератора токов.
- Обрыв гибкого провода с электромагнитом.

Для предотвращения ЧС, необходимо проводить комплекс профилактических мероприятий, обеспечивающих защиту оборудования, компетентность сотрудников, а также подготовку аварийно-спасательных и других неотложных работ при ликвидации последствий ЧС.

В момент организации защиты рабочего персонала при ЧС используют два способа: эвакуация и применение средств индивидуальной защиты. Стоит отметить, что экстренная эвакуация проводится только в случае внезапного возникновения ЧС.

В качестве средств индивидуальной защиты рабочие используют: диэлектрические перчатки, очки, а также медицинские средства при необходимости. Комплекс мероприятий по предотвращению возникновения ЧС состоит из:

1. Контроль и прогнозирование опасных природных явлений.
2. Оповещение работников, а также органов управления предприятия об опасности возникновения ЧС.
3. Планирование действий по предупреждению ЧС, а также ликвидации их последствий.
4. Обучение работников к действиям в ЧС.
5. Накопление и поддержание в готовности использования коллективных и индивидуальных средств защиты.

### ***Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности***

Правила безопасного ведения работ регламентируются в ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», который разработан в соответствии с «Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России» и учитывает требования Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 №116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18-ти лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.

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.

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:

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

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5**

Таким образом, при производственном использовании электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров происходит возможность возникновения вредных и опасных факторов, таких как облучение электромагнитным полем генератора импульсных токов и опасность поражения электрическим током. В целях безопасности, необходимо установить оградительные устройства, которые препятствуют взаимодействию человека с оборудованием, а также использовать предупредительные плакаты и знаки безопасности.

Существенного загрязнения окружающей среды при использовании настоящего способа не происходит.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы был выполнен анализ и обзор литературы, дающий общее представление о способе шароструйного бурения, также в ходе анализа было выявлено недостаточность экспериментальных исследований. Основные выводы данного исследования заключаются в следующем:

- При бурении скважин в крепких и твердых горных породах наиболее перспективным является гидромониторно-ударный способ, который реализуется благодаря шароструйно-эжекторным буровым снарядам.
- Одним из основных качеств струйных аппаратов является способность повышения давления всасываемого потока без затрат механической энергии.
- Обоснована конструкция ШЭБС для эффективного бурения скважин в крепких и твердых горных породах.
- Разработана компоновка низа бурильной колонны для шароструйного способа бурения, с применением электромагнитной системы забора отработанных породоразрушающих шаров.
- Показана перспективность конструкции электромагнитной системы забора отработанных шаров с забоя скважины.

Следует отметить, что данная работа, как и всякая из числа подобных, не лишена упущений и недостатков, и безусловно не претендует на исчерпывающее освещение всех вопросов, связанных с шароструйным способом бурения твердых и крепких горных пород. В целях дальнейшего повышения эффективности шароструйного бурения, а также внедрения его в практику буровых работ необходимо продолжать углубленное исследование данного метода и проведение различных экспериментов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абразивно-механическое ударное бурение скважин: монография / А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов; М-во образования и науки Украины, Нац. горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2013. – 110 с.
2. Ганджумян Р.А., Калинин А.Г., Никитин Б.А. Инженерные расчеты при бурении глубоких скважин. – М.: Недра, 2000. – 429 с.
3. Давиденко А.Н. Абразивно-механическое ударное бурение скважин: монография / А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов; М-во образования и науки Украины, Нац. Горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2013. – 110 с.
4. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995.– 18 с.
5. Исаев Е.Д., Ковалев А.В., Алиев Ф.Р. Экспериментальные исследования технологических параметров режима шароструйного бурения // Сборник докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Проблемы научно-технического прогресса в бурении скважин», посвященной 60-летию кафедры бурения скважин. – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 68–83.
6. Ковалев А.В., Алиев Ф.Р., Якушев Д.А. История развития шароструйного бурения // Труды XVII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд. ТПУ, 2013 – С. 266–268.
7. Ковалев А.В., Рябчиков С.Я., Алиев Ф.Р., Якушев Д.А., Горбенко В.М. Проблемы гидродинамических способов бурения скважин и основные направления для их решения. // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Изд. ТПУ, 2015. – Т. 326, №3. – С. 6–12.
8. Ковалев А.В. Теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов шароструйного бурения скважин: автореф. дис.канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 143 с.

9. Ковалев А.В., Рябчиков С.Я., Горбенко В.М., Исаев Е.Д., Алиев Ф.Р. Экспериментальные исследования влияния технологических параметров шароструйного бурения на диаметр скважины // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М.: Изд-во «Горная книга», 2015. – №6. – С. 346–352.
10. Ковалев А.В., Якушев Д.А. Анализ технических средств для шароструйного бурения с целью выбора перспективных направлений для проведения опытно-конструкторских работ // Труды XVIII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд. ТПУ, 2014. – С. 412–414.
11. Кожевников А.А., Давиденко А.Н. Гидромеханический и эрозионный способы разрушения горных пород при бурении скважин: Обзорн. информ. // Техн. и технол. геол.-разв. работ, орг. пр-ва. – М.: ВИЭМС, 1987. – 45 с.
12. Леджервуд Л.У. Обзор работ по созданию усовершенствованных способов бурения нефтяных скважин (перевод с англ.). – М.: ГОСИНТИ, 1961. – 258 с.
13. Патент США № 2717761, кл. 255-18. Reverse circulation pellet impact drilling and coring apparatus / Ledgerwood L.W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл.13.09.1955.
14. Патент США № 2885184, кл. 255-61. Retrievable reverse circulation pellet impact drill / Ortloff J.E. et al – Заявлено 29.12.1953; Оpubл. 05.05.1959.
15. Столяров Р.В., Ковалев А.В. Разработка гидромониторного долота эжекторного типа // Труды XII Международного симпозиума студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр». – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – С. 518–520.
16. Уваков А.Б. Исследование и разработка шароструйного способа бурения направленных геологоразведочных скважин: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Москва, 1965. – 120 с.
17. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.