

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

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
Кафедра теоретической и прикладной механики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка подпитывающего и улавливающего устройства шароструйно-эжекторного бурового снаряда для повышения рейсовой скорости бурения</b>

УДК 622.243.43.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Е	Турсунов Уктамжан Муратжанович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Горбенко М.В.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф Ирина Валерьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова Ольга Сергеевна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Евгений Николаевич	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 подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Уровень образования магистратура

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
29.09.2016	Введение	5
30.10.2016	Обзор литературы по теме ВКР	10
28.11.2016	Аналитический обзор по проблемному вопросу	10
15.12.2016	Постановка задачи исследования	5
26.12.2016	Методическая часть: методика моделирования	5
	методика расчета	
27.03.2017	Технологическая часть: разработка привода задерживающего устройства	25
	Анализ и обсуждение результатов	
15.04.2017	Оценка эффективности предложения	5
30.04.2017	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	5
	Раздел «Социальная ответственность»	5
8.05.2017	Заключение	3
8.05.2017	Реферат	2
	Предварительная защита	–
15.05.2017	Написание пояснительной записки	3
21.05.2017	Подготовка доклада	5
28.05.2017	Оформление презентации	2
	<b>Итого</b>	<b>100</b>

**Составил преподаватель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Горбенко Михаил Владимирович	К. Т. Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Евгений Николаевич	К. Т. Н.		

## Запланированные результаты обучения ООП

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
<b>Р1</b>	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)</i>	ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
<b>Р2</b>	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i>	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
<b>Р3</b>	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
<b>Р4</b>	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i> .	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК-22;
<b>Р5</b>	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20;
<b>Р6</b>	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i> .	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК-23

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
<b>Р7</b>	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23
<b>Р8</b>	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности; активно <i>владеет иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-8; ПК-23

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)

Пашков Е.Н.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Е	Турсунов Уктамжан Муратжанович

Тема работы:

<b>Разработка подпитывающего и улавливающего устройства шароструйно-эжекторного бурового снаряда для повышения рейсовой скорости бурения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	23.03.2017 г. , № 2067/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

**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>Объект исследования – конструкция забойного шаропитателя и магнитного шароуловителя шароструйно-эжекторного бурового снаряда</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. Обзор литературы.</li> <li>2. Исследование процесса улавливания и подпитки шарами.</li> <li>3. Разработка конструкции магнитного шароуловителя</li> <li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>5. Социальная ответственность.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сборочный чертеж модернизированного шаропитателя</li> <li>2. Чертеж магнитного шароуловителя</li> <li>3. Чертеж корпуса снаряда</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Шарф Ирина Валерьевна, доцент , к.э.н.</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Кырмакова Ольга Сергеевна.</p>
<p><b>Иностранная часть</b></p>	<p>Баранова Анастасия Викторовна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p> <p>Обзор литературы</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>01.09.2016</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>2БМ5Е</p>	<p>Турсунов Уктамжан Муратжанович</p>		

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа состоит из 108 страниц, 26 рис., 16 табл., 37 формул, 63 источников, 1 приложений.

Ключевые слова: шароструйно-эжекторный снаряд, подпитывающее устройство, задерживающее устройство, бурение, разрушение горных пород, шары, скважина, забой.

Объектом исследования являются технические средства для шароструйного бурения.

Цель работы: Разработка подпитывающего и улавливающего устройств шароструйно-эжекторного бурового снаряда для повышения рейсовой скорости бурения

В процессе исследования разработана конструкция подпитывающего , улавливающего устройств.

В результате исследования были модернизирован и просчитан шароструйно-эжекторный снаряд.

Степень внедрения: необходимы дальнейшие теоретические, экспериментальные и опытно-конструкторские работы.

Область применения: бурение в интервалах твердых и крепких горных пород, прокладка коммуникаций , геологоразведочные работы.

Экономическая эффективность/значимость работы: возможность повысить механическую скорость бурения и проходку на долото в интервалах твердых и крепких горных пород, как следствие – уменьшение затрат при бурении.

В будущем планируется создание математической модели процессов шароструйного бурения, разработка рекомендации по расчету оптимальных технологических параметров.

## Содержание

РЕФЕРАТ .....	7
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	10
Введение .....	11
1. Обзор литературы.....	13
1.1 Анализ существующих конструкций шароструйно-эжекторных буровых снарядов.....	13
1.2 Анализ технических средств для шароструйного бурения .....	20
2 Расчет геометрических параметров шароструйного снаряда.....	27
2.1 Диаметр камеры смещения .....	28
2.2 Наружный диаметр бурового снаряда .....	28
2.3 Длина камеры смещения .....	28
2.4 Высота технологических окон.....	29
2.5 Форма входного участка камеры смещения.....	29
2.6 Размеры диффузора.....	29
2.7 Толщина ребер технологических окон .....	30
2.8 Определение технологических параметров шароструйного бурения .....	31
3. Разработка технических устройств для подпитки изношенных шаров новыми без подъема колонны бурильных труб .....	42
3.1 Постановка задачи.....	42
3.2. Разработка технических устройств для подпитки изношенных шаров новыми без подъема колонны бурильных труб .....	47
3.3 Разработка конструкции шаропитателя.....	53
4. Магнитный уловитель железных частиц.....	57
4.1 Концепция улавливающего устройства.....	59
5. Экономическое обоснование рентабельности применения установки шароструйно-эжекторного бурового снаряда .....	64
5.1 Расчет материальных затрат .....	64
5.2 Нормативные затраты на энергоносители.....	65
5.3 Затраты по основной заработной плате .....	66
5.4 Затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа.....	68

5.5 Отчисления в государственные внебюджетные фонды.....	68
5.6 Расчет контрагентных расходов .....	69
5.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта .....	70
6. Техногенная безопасность.....	74
6.1 Анализ вредных факторов производственной среды .....	74
6.2 Анализ опасных производственных факторов.....	78
6.3 Региональная безопасность .....	82
6.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	84
6.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	86
6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
Заключение.....	89
Список использованных источников .....	90
Приложение А .....	96

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

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения с соответствующей расшифровкой:

ПРИ – породоразрушающий инструмент;

РГП – разрушение горных пород;

ША – шароструйный аппарат;

УПУ – улавливающее-подпитывающее устройство;

ШУ – шароуловитель;

ШП – шаропитатель;

ЗУ – задерживающее устройство;

ПУ – перекрывающее устройство;

БС – бурение скважин;

БТ – бурильная труба.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.004–90 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения»;

ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности»;

ГОСТ 12.1.018–9 «Пожарвзрывобезопасность статического электричества. Общие требования»;

ГОСТ 26568–85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация».

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время одним из направлений технического прогресса является широкое применение ударных, вращательных, импульсных механизмов для интенсификации производственных процессов в различных отраслях промышленности, а в частности в бурении. Известно, что с помощью буровых работ производится обширный ряд операций, в процессе строительства сооружений, прокладки коммуникации, и с каждым годом данная тенденция возрастает. Человечество нуждается в исследованиях недр для открытия новых месторождений, ископаемых и т.д. но встречаются на пути бурения как мягкие так твердые и крепкие горные породы, что значительно влияет на множество факторов при бурении.

На сегодняшний день актуальным является разработка и анализ новых идей, связанных с бурением твердых горных пород, так как бурение в горной местности обусловлено низкой механической скоростью, плохой проходимостью к месту бурения, скоростью проходки. Часть проблем может быть реализована за счет модернизации или создания новых материалов и конструкторских изменений в порода-разрушающих инструментах.

Одним из эффективных способов решения данной проблемы оказалось гидродинамическое разрушения пород, шароструйно-эжекторным буровым снарядом, которое предложили ряд авторов еще в XX веке.

Вышеизложенный способ значительно увеличит скорость проходки , увеличится так же мощность, подаваемая на забой. Еще одним из немаловажных факторов является то, что данный метод вливается в технологию бурения механическим способом, в котором используется буровая жидкость для промывки ствола скважины от шлама.

Для реализации ряда технологических и технических задач в гидродинамическом, а точнее в шароструйно-эжекторном способе бурения, которое включает в себя разрушение твердых горных пород за счет ударов шаров под большим давлением жидкости, бесперебойно циркулирующих в призабойной зоне, нужно исследовать ряд факторов. На сколько эффективным

будет данный метод , во сколько снизится время проходки , и во сколько раз уменьшатся расходы при бурении и другие немаловажные факторы. Можно выделить положительные стороны данного метода : нет необходимости производить подъем или спуск колон, простота конструкции, отсутствия вращения буровых агрегатов.

Среди известных альтернативных способов бурения одним из перспективным является шароструйный-эжекторный способ бурения, на эффективность которого влияет множество факторов. Разработке и совершенствованию технических средств для шароструйного бурения посвящена данная выпускная квалификационная работа.

## **1. Обзор литературы**

### **1.1 Анализ существующих конструкций шароструйно-эжекторных буровых снарядов**

Шароструйное бурение это процесс, во время которого происходит разрушение горной породы, данная процедура происходит за счет большого количества твердосплавных или стальных шаров, которые в ходе процесса бурения соприкасаются с забоем под высокой скоростью.

В данном способе бурения заложен принцип разгона шаров струей жидкости. Поскольку все бурение должно осуществляться за счет соударения шаров с породой, слагающей забой скважины, создание нагрузки на породу массой инструмента и его вращение не требуется. Более того, поскольку шары являются единственным породоразрушающим элементом буровой головки, подверженным износу, их можно заменять или дополнять путем добавления новых шаров с поверхности, благодаря чему отпадает необходимость извлекать буровую головку из скважины для ее замены [1].

Шароструйный способ осуществляется при помощи шароструйно-эжекторных снарядов, которые в свою очередь способствуют непрерывной циркуляции шаров в призабойной зоне. Данный способ рассматривали как ученые с Америки так и с постсоветского пространства. В основу способа бурения данной технологии легли следующие особенности и преимущества по сравнению с другими видами бурения:

- простота конструкции и эксплуатации агрегата;
- длительная продолжительность бурения за счет отсутствия долота;
- быстрая замена изношенных шаров;
- простой способ извлечения изношенных шаров;
- исключение расчетов осевых нагрузок;
- экономически выгодно;

- бурение происходит без вращения в следствии чего износостойкость бурильных труб более выше и позволяет использовать трубы из легкосплавных материалов.

Ряд американских ученых и исследователей для выполнения полевых испытаний использовали буровой снаряд под названием «гравитационно-инжекционный» представленный на

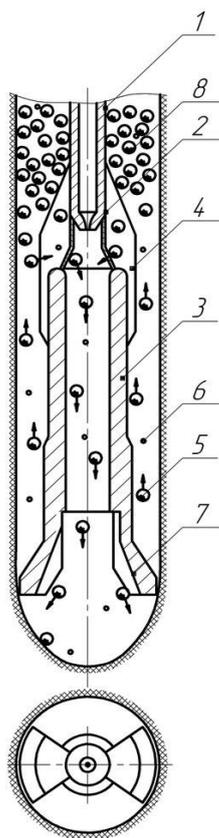


Рисунок 1.1 - «Гравитационно-инжекционный» буровой снаряд:

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

(Рисунок 1.1). В конструкции снаряда предусмотрено использование специальных лап 7, контактирующих с забоем скважины для поддержания оптимального расстояния между долотом и забоем, не разрушая его. На забой скважины засыпается порция шаров 5, включается буровой насос. Рабочая жидкость, подводимая к аппарату, ускоряется в сопле 2 и на выходе из него истекает с большой скоростью в камеру смешения 3. При этом в пространстве между соплом 2 и камерой смешения 3 образуется зона разрежения. Благодаря разрежению происходит всасывание рабочей жидкости со взвешенными шарами 5 и частицами шлама 6 из затрубного пространства. Затем двухфазная смесь проходит через камеру смешения и ударяется о горную породу, осуществляя разрушение.

Далее жидкость увлекает шары 5 в кольцевой зазор между долотом и стенками скважины, которые, частично

рециркулируя, поднимаются выше сопла 2 и останавливаются вследствие увеличения кольцевого пространства и уменьшения количества жидкости за счет ее инъекции, образуя «облако резервных шаров» 8, откуда за счет сил гравитации последние опускаются с последующим всасыванием. Данный процесс многократно повторяется.

К недостаткам данной конструкции следует отнести:

- повышенный износ лап за счет контакта с горными породами и ударов циркулирующих шаров;
- необходимость во вращении бурового снаряда для разрушения зон забоя, перекрываемых лапами;
- перекрытие лапами значительной площади забоя, в связи с чем уменьшается эффективность шароструйного бурения;

– необходимость поддержания строго заданного расхода жидкости, т.к. при его уменьшении «облако резервных шаров» будет располагаться ниже сопла, а при повышении расхода жидкости – выше, что приведет к снижению расхода шаров в камере смешения, следовательно, уменьшению эффективности шароструйного бурения. Вышеперечисленные недостатки конструкции «гравитационно-инжекционного» бурового снаряда, а также отход от первоначальной концепции шароструйного бурения предопределили дальнейшие работы исследователей и производителей. К настоящему времени разработано множество различных конструкций шароструйно-эжекторных буровых снарядов [4], обеспечивающих:

- поддержание требуемого диаметра скважины;
- поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем;
- оптимальную траекторию движения шаров в призабойной зоне.

Выбор и обоснование конструкции ШЭБС для бурения в твердых и крепких горных породах является важной исследовательской задачей.

Заурбековым С.А. в работе [1] указывается на малый расход шаров в камере смешения (не более 140 ш/с), осуществляемый струйным аппаратом с

соплом и камерой смешения цилиндрической формы с их последовательным осевым расположением. В связи с этим был предложен снаряд с соплом 6 и камерой смешения 9 кольцевой формы, при этом центральная часть забоя скважины разрушается с помощью опоры 8, заканчивающейся

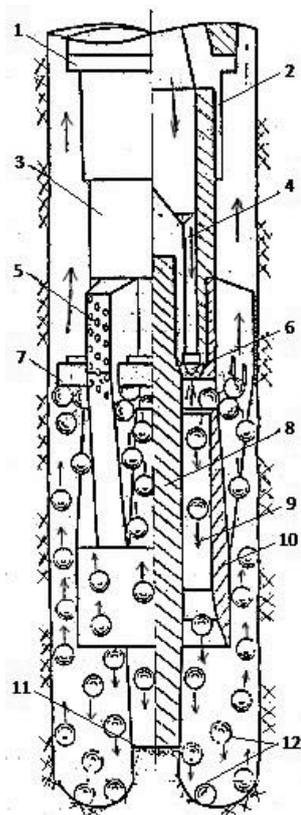


Рисунок 1.2 - Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с соплом и камерой смешения кольцевой формы:

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

твердосплавными зубьями 11 (Рисунок 1.2). Такая конструкция обеспечивает поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем в процессе бурения, использование задерживающего устройства 7 позволяет снять ограничения на максимальный расход промывочной жидкости, а также направлять шары во впускные окна.

Однако данная конструкция обладает рядом недостатков:

- наличие сопла щелевидной формы усложняет изготовление бурового снаряда;
- наличие опоры, разрушающей центральную часть забоя скважины, приводит к быстрому ее износу, особенно при бурении твердых и крепких ГП;
- для работы снаряда необходимы вращение и осевая нагрузка на долото, что противоречит первоначальной концепции шароструйного бурения и усложняет процесс бурения;
- разрушение забоя комбинированным

способом (периферийной части – шароструйным, центральной – вращательным) приводит к разной скорости разрушения, т.е. к сложности управления за процессом бурения;

- конструкция снаряда предусматривает использование шаров с меньшим максимально возможным диаметром, чем при использовании сопла и камеры смешения цилиндрической формы, в связи с чем, согласно [2, 6-7] уменьшается эффективность шароструйного бурения;
- большое отношение ( $>0,8$ ) диаметра используемых шаров к диаметру камеры смешения приводит к необходимости увеличения расстояния между долотом и забоем для поддержания требуемого диаметра скважины, в связи с чем, согласно [2, 6-7] уменьшается эффективность шароструйного бурения.

Ряд авторов [1, 4, 8] считает эффективной конструкцию ШЭБС, в основе которой лежит струйный аппарат с соплом и камерой смешения цилиндрической формы, периферия при этом разрушается механическим вооружением лопастного (Рисунок 1.3) и дробового (Рисунок 1.4) типов.

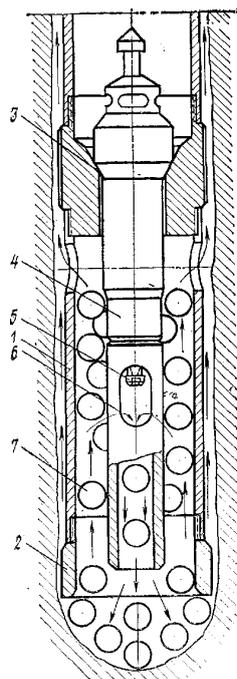


Рисунок 1.3 - Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с механическим вооружением лопастного типа: 1 – корпус; 2 – породоразрушающий опорный башмак; 3 – гнездо; 4 – струйный аппарат; 5 – сопло; 6 – камера смешения с окнами; 7 – шары

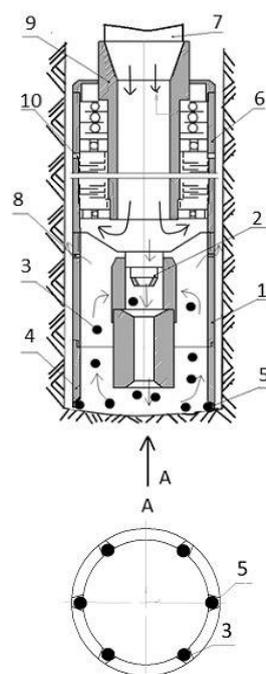


Рисунок 1.4 - Шароструйно-эжекторный буровой снаряд с механическим вооружением дробового типа: 1 – корпус; 2 – струйный аппарат; 3 – породоразрушающие шары; 4 – породоразрушающее кольцо; 5 – посадочные гнезда; 6 – турбинный аппарат; 7 – колонна бурильных труб; 10 – отверстия

Однако данные конструкции имеют недостатки, связанные с комбинированным разрушением забоя скважины: износ механического вооружения снаряда, необходимость во вращении и осевой нагрузке, сложность управления за процессом бурения.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что проанализированные конструкции ШЭБС эффективны лишь для бурения в горных породах малой и средней твердости. При проектировании конструкции ШЭБС для бурения в интервалах твердых и крепких горных пород необходимо учитывать следующие требования:

- не должно быть постоянного контакта бурового снаряда с забоем скважины, т.е. буровые снаряды с лапами, опорой и опорным башмаком являются нерациональными;

- необходимо избегать вращения бурового снаряда, а также создания осевой нагрузки, что усложняет процесс бурения;
- желательно, чтобы в основе конструкции лежал струйный аппарат с соплом и камерой смешения цилиндрической формы с их последовательным осевым расположением;
- камера смешения бурового снаряда должна оканчиваться диффузором, использование которого позволит шарам более интенсивно разрушать периферийную часть забоя скважины, тем самым можно поддерживать минимальное значение расстояния между долотом и забоем, что увеличит эффективность шароструйного бурения;
- необходимо использовать задерживающее устройство, позволяющее снять ограничения на расход промывочной жидкости, значение которого будет высоким для оптимального разрушения твердых и крепких горных пород;
- в процессе бурения необходимо осуществлять контроль над поддержанием оптимального расстояния между долотом и забоем и требуемого диаметра скважины;
- в конструкции бурового снаряда должна быть предусмотрена возможность замены изношенных шаров новыми в процессе рейса;
- конструкция бурового снаряда должна отличаться простотой устройства и эксплуатации.

Принимая во внимание вышеизложенные требования, на кафедре бурения скважин Томского политехнического университета разработали конструкцию шароструйно-эжекторного бурового снаряда (Рисунок 1.5) без необходимости постоянного контакта его частей с забоем скважины. Предложенная конструкция включает задерживающее устройство 3 конической формы, которое позволяет снять ограничения на расход промывочной жидкости, а также направлять шары непосредственно в камеру всасывания 4. Для лучшей разработки скважины по диаметру буровой снаряд заканчивается диффузором 6.

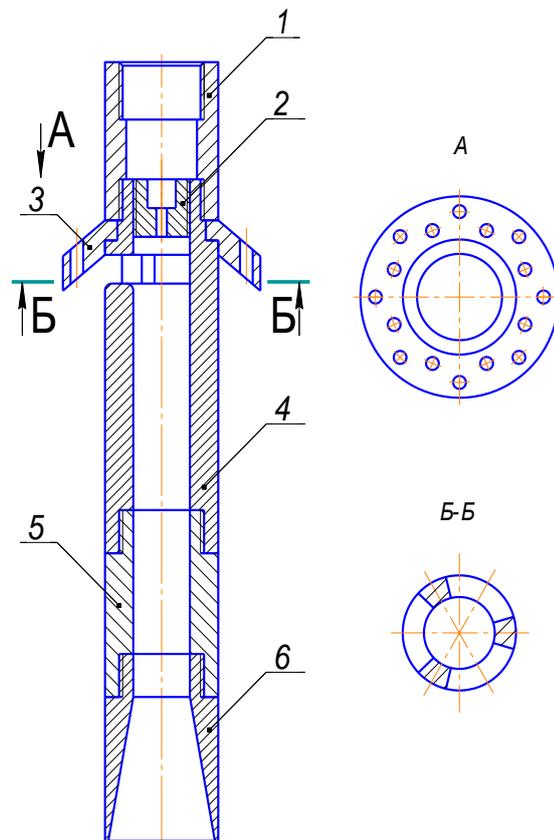


Рисунок 1.5 - Шароструйно-эжекторный буровой снаряд:

1 – переходник на нагнетательную магистраль; 2 – сопло; 3 – задерживающее устройство; 4 – камера всасывания; 5 – камера смешения; 6 – диффузор

## 1.2 Анализ технических средств для шароструйного бурения

Самым важным звеном при шароструйном бурении является непосредственно сам шароструйный аппарат, так как именно он реализует взаимодействие шаров с породой на забое, создавая необходимые условия и передавая необходимую энергию для циркуляции шаров и осуществления разрушения горной породы. В процессе исследований было проведено значительное количество поисковых работ, а также проанализированы различные конструкции шароструйных снарядов, которые позволили выделить следующие проблемы:

1. Серьезнейшей проблемой является формирование периферийной части забоя скважины, т.к. он имеет вогнутую форму.

2. Известно, что для эффективного разрушения горных пород буровой снаряд необходимо располагать на определенном расстоянии от забоя скважины. Поэтому имеет место проблема поддержания оптимального расстояния между долотом и забоем.

3. При работе снаряда существует проблема обеспечения оптимальной траектории движения шаров, которая обеспечивала бы их быстрый подъем в затрубном пространстве, быстрое прохождение через впускные окна и эффективное разрушение горных пород.

Со времени открытия способа различными учеными проводились опытно-конструкторские работы по совершенствованию шароструйных аппаратов.

Способы решения проблемы формирования периферийной части забоя скважина предлагались в ряде отечественных и зарубежных патентов. Среди них можно выделить следующие способы разрушения периферийной части забой скважины:

ударами шаров, вылетающих из струйного аппарата, расположенного параллельно оси скважины [8, 15–30] и под некоторым углом [7, 31–33]; механическим вооружением лопастного [34–40] и дробового [11,41,42] типов.

На территории Казахской ССР Уваковым А.Б. [6] при проведении полевых испытаний для поддержания оптимального расстояния от шароструйного долота до забоя скважины использовался следующий метод. Рассчитывалась средняя механическая скорость проходки в определенных горных породах, затем через каждый равный промежуток времени шароструйный аппарат опускался на определенную величину (например, каждые 2 минуты на 1 см). Однако использование данного способа поддержания расстояния сомнительно в случаях:

- малой геологической изученности буримых горных пород;
- при бурении скважин на больших глубинах.

Другие способы решения данной проблемы были предложены в патентных и других материалах:

- использование специального устройства для измерения расстояния от среза струйного аппарата до забоя скважины, выполненного на основе механического щупа [21] и счетчика количества шаров, проходящих через камеру смешения [17];
- жесткое закрепление струйного аппарата относительно механического вооружения, разрушающего периферийную [11, 34–42] и центральную [8, 16, 24] части забоя скважины;
- различные конструктивные особенности, основанные на изменениях гидродинамических условий при изменении расстояния между долотом и забоем [24, 27];
- использование в конструкции долота перекатывающегося по забою опорного элемента [31].

Поиск и анализ патентных материалов дал возможность выделить ряд возможных способов решения проблемы обеспечения оптимальной траектории движения шаров:

- установка магнита в нижнюю часть корпуса струйного аппарата, что позволяет отклонять шары, вылетающие из диффузора, к периферии скважины для более быстрого их подъема [37];
- резкое уменьшение площади снаряда над впускными окнами, что позволяет значительно снизить скорость восходящего потока и направить шары в камеру смешения для последующего всасывания [23, 24, 27–29, 31, 36];
- удержание поднимающихся восходящим потоком шаров при помощи задерживающего устройства [8, 20, 25, 32] и конструктивно в корпусе снаряда [11, 16, 22, 26, 30, 33–35, 37–39, 41];
- поднятие шаров паром при использовании газообразных рабочих агентов [18, 35].

Процесс бурения сопровождается постоянным износом шароструйного снаряда, который взаимодействует с шарами, а также происходит износ самих шаров, которые осуществляют процесс разрушения горной породы. На рисунке 1.6 представлены наиболее сильно подверженные износу части шароструйных снарядов.

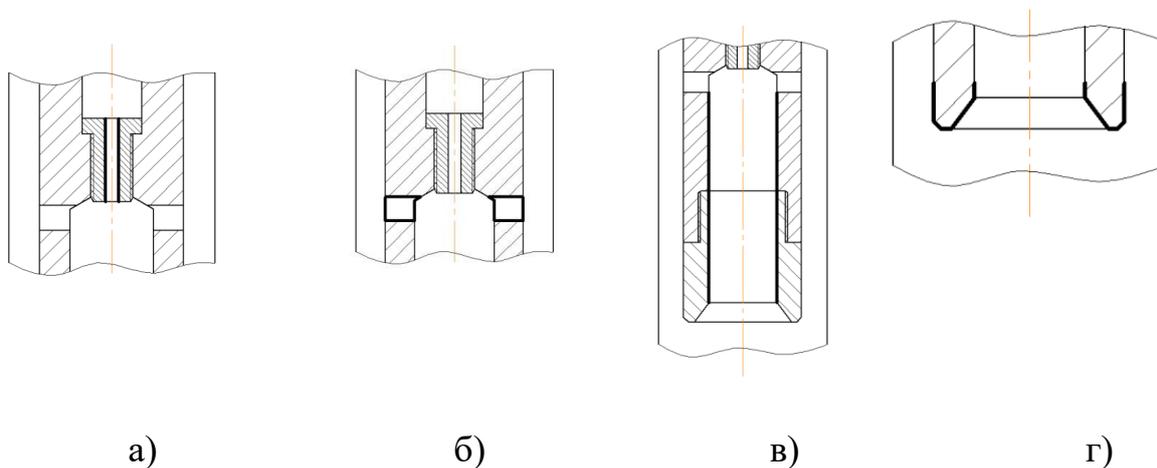


Рисунок 1.6 – Наиболее часто изнашиваемые части снаряда (показаны жирной линией):

а – первичное сопло; б – впускные окна; в – камера смешения; г – выходной торец диффузора

При этом сильный износ первичного сопла возможен вследствие абразивного воздействия бурового раствора, износ окон всасывания – за счет взаимодействия с шарами и шламом, камеры смешения – за счет кавитационной эрозии, выходного торца диффузора – вследствие отскоков шаров от забоя скважины. Поэтому актуальна разработка мероприятий по уменьшению износа снаряда. Если же износ снаряда неизбежен, можно использовать техническое решение, позволяющее производить смену струйного аппарата без подъема бурильных труб при помощи спускаемого в скважину овершота [33, 35], а также комбинированием спускаемого овершота и включением обратной промывки [33]. Проблему износа шаров можно решить использованием шаров из твердосплавных материалов, обладающих высокой износостойкостью. Также важным моментом в уменьшении износа породоразрушающих элементов является оптимизация их движения в

призабойной части скважины. Следует отметить, что процесс износа шаров во время бурения неизбежен и для поддержания эффективного бурения необходима подпитка новыми шарами взамен изношенных. Однако техническое решение данной проблемы до сих пор отсутствует.

При использовании механического вооружения для разрушения периферийной части забоя скважины возможны его заклинки, которые можно ликвидировать или предупредить за счет возможности отклонения камеры смещения при создании определенного значения осевой нагрузки [36]. Так как на больших глубинах присутствует сложность поддержания цилиндрической формы скважины, то компоновка бурильной колонны может быть снабжена калибратором для проработки стенок скважины [8, 16].

Эффективность шароструйного бурения определяется множеством факторов, поэтому изменение условий бурения (например, переход от бурения одной породы к другой) должно сопровождаться соответствующей корректировкой работы снаряда без проведения спускоподъемных операций. Поэтому имеет место разработка средств автоматизации и контроля процесса углубки скважины.

Известно [6], что процесс бурения шароструйным способом складывается из нескольких определенных последовательных этапов: 1) спуск в скважину шаров; 2) спуск в скважину шароструйного аппарата; 3) процесс бурения; 4) подъем аппарата из скважины; 5) извлечение шаров с забоя. В работе [6] представлена информация о проведении полевых испытаний. По этим данным было опробовано два способа доставки шаров на забой скважины. Первый заключается в доставке шаров в бумажных пакетах, которые сбрасывались в скважину. После включения подачи бурового раствора и начала процесса бурения эти пакеты размягчаются, из них высыпаются шары и пакеты выносятся на поверхность. Второй способ заключается в спуске в скважину специального контейнера, представляющего из себя колонковую трубу, суженную в нижней части и забитую глиной. Данный контейнер спускается на бурильных трубах, после включения насоса, под давлением жидкости шары

продавливают глину и перемещаются на забой скважины, а контейнер извлекается на поверхность. Для извлечения шаров с забоя скважины используют шароуловители различных конструкций, спускаемых на забой после извлечения долота из скважины. Высокая трудоемкость, низкая надежность и значительные потери времени на спуско-подъемные операции при выполнении этих операций требуют проведения детального анализа, изучения и совершенствования технологии шароструйного бурения. Так, например, возможна разработка устройства, способного спускать буровой снаряд с шарами на забой скважины, и поднимать шары с забоя скважины вместе со снарядом после окончания рейса без дополнительного спуска шароуловителя.

Шароструйное бурение также может применяться для геологоразведочного бурения. Так известны технические решения по отбору керна [8, 16, 26]. Также область применения данного способа бурения расширяется за счет использования его в качестве скважинного расширителя [32]. Кроме того, известны конструкции гидромониторного бура для бурения рыхлых горных пород при гидродобыче [43], шароструйного снаряда с нагревателем для бурения в мерзлых горных породах [35].

На основе вышеизложенного дальнейшее развитие шароструйного бурения возможно за счет разработки технических средств, обеспечивающих:

- оптимальную траекторию движения шаров в призабойной зоне;
- эффективное разрушение периферийной части забоя скважины;
- возможность контроля процесса углубки скважины и мониторинга забойных процессов;
- поддержание оптимального расстояния между долотом и забоем скважины;
- возможность управления шароструйным аппаратом без прерывания процесса бурения и осуществления дополнительных спускоподъемных операций;

- подпитку изношенных шаров новыми в процессе бурения;
- отбор керна и использование в целях геологоразведочного бурения;
- спуск на забой порции шаров и подъем шаров с забоя без подъема бурильных труб;

## 2 Расчет геометрических параметров шароструйного снаряда

Рассчитаем геометрические параметры ШЭБС.

Известно, что при шароструйном бурении для эффективного разрушения горной породы следует применять шары максимально возможного диаметра.

Определяем максимальный размер породоразрушающих шаров:

$$d_{\text{ш}} = \frac{D_{\text{СКВ}}}{6,6}, \quad (2.1)$$

где  $D_{\text{СКВ}}$  - диаметр скважины, равный диаметру долота  $D_{\text{д}} = 215,9$  мм.

$$d_{\text{ш}} = \frac{215,9}{6,6} = 32,71 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Так как планируется применять шарики от подшипников качения, то округлим полученное значение до их ближайшего стандартного диаметра. По значению равно 31,75 мм.

Исходя из полученного значения диаметра шара, вычислим основные геометрические параметры ШЭБС:

- диаметр камеры смещения;
- длину камеры смещения;
- наружный диаметр бурового снаряда;
- высоту технологических окон;
- диаметр выходного сечения сопла.

Все дальнейшие вычисляемые параметры будем приводить к нормальным линейным значениям.

## 2.1 Диаметр камеры смешения

По экспериментальным данным Увакова А.Б. во избежание заклинивания шаров в камере смешения ее диаметр должен определяться по формуле:

$$d_{\text{КС}} = 2,2 \cdot d_{\text{ш}}, \quad (2.3)$$

где  $d_{\text{ш}}$  – диаметр шара.

$$d_{\text{КС}} = 2,2 \cdot 31,75 = 71,97 \approx 72 \text{ мм.}$$

Следовательно, площадь камеры смешения вычисляется следующим образом:

$$S_{\text{КС}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{КС}}^2}{4}. \quad (2.4)$$

$$S_{\text{КС}} = \frac{3,14 \cdot 72^2}{4} = 4069,44 \approx 4070 \text{ мм}^2.$$

## 2.2 Наружный диаметр бурового снаряда

Согласно [6] наружный диаметр бурового снаряда равен:

$$d_{\text{бс}}^{\text{H}} = D_{\text{СКВ}} - 2 \cdot 1,1 \cdot d_{\text{ш}}. \quad (2.5)$$

$$d_{\text{бс}}^{\text{H}} = 215,9 - 2 \cdot 1,1 \cdot 31,75 = 143,93 \approx 144 \text{ мм.}$$

## 2.3 Длина камеры смешения

Согласно [6] длина камеры смешения определяется нижеследующим выражением:

$$l_{\text{КС}} = 8 \cdot d_{\text{КС}} \quad (2.6)$$

$$l_{\text{КС}} = 8 \cdot 72 = 576 \approx 580 \text{ мм.}$$

## 2.4 Высота технологических окон

Согласно [6] определяем высоту технологических окон:

$$h_{\text{то}} = 1,25 \cdot d_{\text{ш}} \quad (2.7)$$

$$h_{\text{то}} = 1,25 \cdot 31,75 = 39,69 \approx 40 \text{ мм.}$$

## 2.5 Форма входного участка камеры смешения

Влияние формы входного участка камеры смешения учитывается коэффициентом инжектируемого потока, представляющим собой произведение коэффициентов скорости камеры смешения, диффузора и входного участка. Изменение формы входного участка камеры смешения влияет на величину коэффициента скорости входного участка. При уменьшении коэффициента скорости уменьшается коэффициент инжектируемого потока, падает коэффициент инжекции или уменьшается степень сжатия аппарата.

Согласно данным, представленным в работе [24], наиболее рациональной является коноидальная форма, однако она сложна в изготовлении. Наиболее простой и в тоже время обладающей незначительным сопротивлением является коническая форма с углом конусности 45–60° [25–26].

По конструктивным соображениям вход в камеру смешения снабжен фаской шириной 0,5 мм под углом 45°.

## 2.6 Размеры диффузора

Наиболее сложной задачей расчета является установление оптимальной формы диффузора, соответствующей безотрывному течению и минимуму потерь энергии при заданных режимных параметрах.

По экспериментальным данным, приведенным в большинстве работ, значение оптимального угла раскрытия диффузора составляет 8°. На основании экспериментальных исследований [28] установлено, что наилучшая скорость проходки при шароструйном бурении наблюдается при угле раствора

диффузора, равным  $30^\circ$ . Авторы объясняют это тем, что с увеличением угла раствора уменьшается длина диффузора, что в свою очередь ведет к увеличению величины скорости шара, с которой он ударяется о забой скважины.

Высоту диффузора можно определить по формуле:

$$l_d = \frac{\frac{d_{bc}^H - d_{kc}}{2} - r_1}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.8)$$

где  $d_{bc}^H$  – наружный диаметр струйного аппарата,  $r_1$  – толщина стенки диффузора в выходном сечении,  $\alpha$  – угол раскрытия диффузора.

Для обеспечения достаточного количества ударов шаров по периферийной части забоя при меньшем расстоянии между долотом и забоем, выбираем угол раскрытия  $\alpha = 10^\circ$ .

Толщину стенки определяем следующим образом:

$$r_1 = 0,5 \cdot d_{ш}. \quad (2.9)$$

$$r_1 = 0,5 \cdot 32,71 = 16,355 \approx 18 \text{ мм.}$$

Тогда высота диффузора равна:

$$l_d = \frac{\frac{144 - 72}{2} - 18}{0,176} = 102,27 \approx 100 \text{ мм.}$$

## 2.7 Толщина ребер технологических окон

Необходимо спроектировать минимально возможную ширину ребер технологических окон без потери жесткости бурового снаряда.

Для начала определим толщину стенок камеры смещения, так как это значение равно толщине ребер.

$$h = \frac{d_{\text{бс}}^{\text{н}} - d_{\text{кс}}}{2}. \quad (2.10)$$

$$h = \frac{144 - 72}{2} = 36 \text{ мм.}$$

Определение остальных размеров ребер жесткости будет определено конструктивно.

После определения всех необходимых геометрических показателей снаряда заносим их в таблицу для последующего выполнения чертежа ШЭБС с учетом этих размеров.

Таблица 2.1 – Основные геометрические параметры ШЭБС

Параметр	$D_{\text{д}}$	$d_{\text{ш}}$	$d_{\text{кс}}$	$d_{\text{бс}}^{\text{н}}$	$l_{\text{кс}}$	$h_{\text{то}}$	$d_{\text{сопла}}$	$k$	$\alpha$	$l_{\text{д}}$	$r_1$
Значение, мм	215,9	31,75	72	144	580	40	26	$0,5 \times 45^\circ$	$10^\circ$	100	18

## 2.8 Определение технологических параметров шароструйного бурения

Расчёт оптимального режима шароструйного бурения будет проводиться для скважины диаметром 215,9 мм в гранитном массиве ( $P_c=900 \text{ кг/мм}^2$ ,  $E_2=1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$ ,  $\mu_2=0,25$ ). Промывочная жидкость – вода ( $\rho_{\text{ж}}=1000 \text{ кг/м}^3$ ).

Предполагается для бурения использовать шары подшипников, работающих в агрессивных средах и при повышенной температуре (коррозионно-стойкая, теплостойкая) из стали 96Х18-Ш ( $E_1=200026 \text{ МПа}$ ,  $\mu_1=0,28$ ,  $\rho_{\text{ш}} = 7,75 \text{ кг/м}^3$ ).

Исходя из предыдущих расчётов, принимаем длину бурового снаряда

$$l_{\text{бс}} = 1000 \text{ мм.}$$

1. Рассчитывается оптимальная масса порции шаров по формуле:

$$m_{\text{ш}} = m_{1\text{ш}} \cdot N^{\text{ш}} = \frac{\rho_{\text{ш}} \cdot \pi \cdot d_{\text{ш}}^3 \cdot N^{\text{ш}}}{6}, \quad (2.11)$$

где  $N_{\text{ш}}$  – количество поднимающихся шаров в затрубном пространстве, вычисляемое по формуле:

$$N^{\text{ш}} = \left( \frac{l_{\text{бс}}}{d_{\text{ш}} \cdot C_1} \right) \cdot \left( \frac{\pi \cdot (d_{\text{бс}} + D_{\text{СКВ}})}{2 \cdot d_{\text{ш}} \cdot C_2} \right), \quad (2.12)$$

где  $C_1$  – коэффициент, учитывающий зазор между рядами, по экспериментальным данным  $C_1=1,5$ ;  $C_2$  – коэффициент, учитывающий зазор между шарами в ряду, по экспериментальным данным  $C_2=1,5$ .

$$N^{\text{ш}} = \left( \frac{1000}{31,75 \cdot 1,5} \right) \cdot \left( \frac{3,14 \cdot (144 + 215,9)}{2 \cdot 31,75 \cdot 1,5} \right) \approx 250,$$

$$m_{\text{ш}} = m_{1\text{ш}} \cdot N^{\text{ш}} = \frac{7750 \cdot 3,14 \cdot 0,03175^3 \cdot 250}{6} = 32,45 \text{ кг.}$$

Материал шаров 96X18-Ш  $\rho_{\text{ш}} = 7,75 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

2. Определяется величина скорости шара, необходимой для разрушения горной породы в оптимальном режиме [6,7]:

$$V_{\text{опт}} = 2,15 \cdot \left( \frac{4 \cdot (1 - \mu_1^2)}{E_1} + \frac{4 \cdot (1 - \mu_2^2)}{E_2} \right)^{2,5}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{g \cdot P_c^5}{\rho_{\text{ш}} \cdot d_{\text{ш}}^3 \cdot \left( \frac{4}{d_{\text{ш}}} - \frac{4}{0,78 \cdot D_{\text{СКВ}}} \right)^3}}. \quad (2.13)$$

$$V_{\text{опт}} = 2,15 \cdot \left( \frac{4 \cdot (1 - 0,28^2)}{2 \cdot 10^5} + \frac{4 \cdot (1 - 0,25^2)}{0,98 \cdot 10^5} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{9,8 \cdot 9 \cdot 10^8}{7,75 \cdot 10^3 \cdot (31,75 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left( \frac{4}{31,75 \cdot 10^{-3}} - \frac{4}{0,78 \cdot 215,9 \cdot 10^{-3}} \right)^3}}$$

$$= 44,045 \approx 44 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3. Скорость падения шаров в воде рассчитывается по формуле Риттингера:

$$q = w \sqrt{\frac{d_{\text{ш}}(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{ж}})}{\rho_{\text{ж}}}}, \quad (2.14)$$

где  $w$  – коэффициент, равный для шарообразных тел 5,11.

Отсюда

$$q = 5,11 \sqrt{\frac{31,75 \cdot 10^{-3}(7,75 \cdot 10^3 - 1000)}{1000}} = 2,4 \text{ м/с.}$$

Необходимо также учитывать максимально допустимую скорость течения жидкости в кольцевом пространстве для предупреждения смывания глинистой корки.

4. Максимально возможную скорость восходящего потока находят из выражения

$$V_{\text{кп max}} = \frac{q}{1,3},$$

$$V_{\text{кп max}} = \frac{2,4}{1,3} = 1,85 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

5. Максимальный расход жидкости, подаваемой насосом, при котором не происходит размывания стенок:

$$Q_{pmax} = V_{кп max} \cdot S_{кп} = V_{кп max} \cdot \frac{\pi \cdot (D_d^2 - d_{бс}^2)}{4}; \quad (2.15)$$

$$Q_{pmax} = 1,85 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,216^2 - 0,144^2)}{4} = 135,67 \frac{м^3}{ч}.$$

6. По техническим характеристикам бурового насоса или группы буровых насосов (при условии их параллельной установки) выбирается расход  $Q_p$ , величина которого должна быть меньше величины максимально возможного расхода  $Q_{pmax}$ .

Выбираем насос буровой трехпоршневой УНБТ–950 /А со следующей характеристикой производительности

Таблица 2.2 - Характеристика бурового насоса УНБТ – 950/А

Дпоршня, мм	Предельно давление на выходе, МПа	Частота двойных ходов в минуту	Подача, м <sup>3</sup> /ч
180	19,0	100	132,5

7. Величина необходимой средней скорости бурового раствора в буровом снаряде определяется по формуле:

$$V_{бс} = \frac{V_{опт}}{\varepsilon}, \quad (2.16)$$

где  $\varepsilon$  – отношение скорости шаров к скорости жидкости в буровом снаряде, принимается равному 0,7 [7].

$$V_{бс} = \frac{44}{0,7} = 62,86 \frac{м}{с}.$$

8. Определяется требуемый коэффициент эжекции:

$$n = \frac{S_{кс} \cdot V_{бс}}{Q_p} - 1. \quad (2.17)$$

$$n = \frac{0,00407 \cdot 62,86}{\frac{132,5}{3600}} - 1 = 2,95.$$

При это необходимо учесть коэффициент эжекции шаров. Так по [7] коэффициент эжекции по жидкости будет равен разности общего коэффициента эжекции и коэффициента эжекции по шарам. Для вычисленного значения оптимальной скорости он примерно равен 0,9:

$$n_{ж} = n - n_{ш}. \quad (2.18)$$

$$n_{ж} = 2,95 - 0,9 = 2,05.$$

9. По графику зависимости коэффициента эжекции от отношения площади сопла к площади камеры смешения (рис. 2), полученного американскими специалистами [2] при неизменном диаметре камеры смешения, определяется требуемое отношение  $S_c/S_{кс}$ .

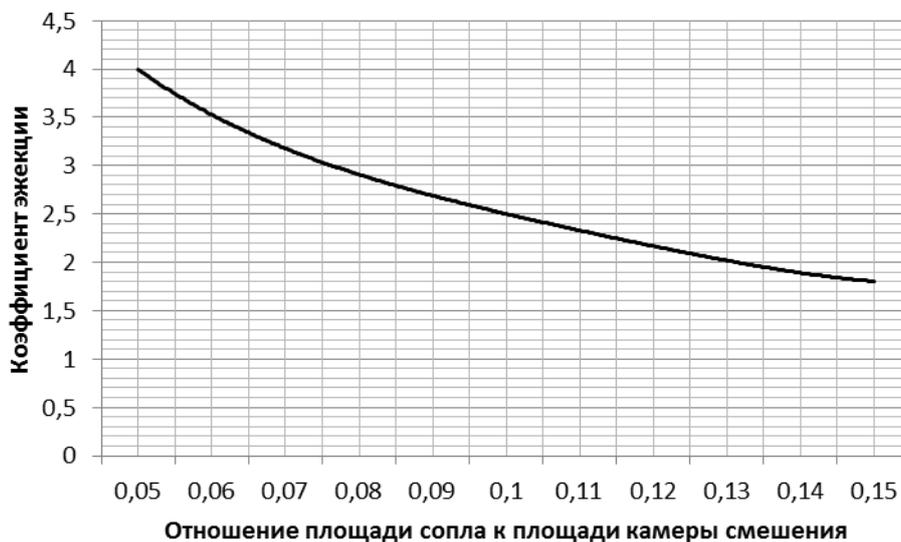


Рисунок 2.1 - Зависимость коэффициента эжекции от отношения площади сопла к площади камеры смешения

Следует отметить, что значения коэффициента эжекции, равные 2÷4, являются наиболее приемлемыми. В случае превышения коэффициента эжекции ухудшаются условия выноса шлама, в результате чего уменьшается

КПД струйного аппарата и затрачивается дополнительная энергия на его измельчение.

Полученному значению коэффициента эжекции  $n_{ж} = 2,05$  соответствует  $\frac{S_c}{S_{kc}} = 0,12$ .

По [7] определяется диаметр и площадь выходного сечения сопла:

$$S_c = \left[ \frac{S_c}{S_{kc}} \right] \cdot S_{kc}, \quad (2.19)$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{kc} \cdot \left[ \frac{S_c}{S_{kc}} \right]}{\pi}}. \quad (2.20)$$

$$S_c = 0,13 \cdot 4070 = 529,1 \text{ мм}^2,$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 529,1}{3,14}} = 25,96 \approx 26 \text{ мм}.$$

Далее следует определить форму сопла.

От выбора геометрической формы сопла зависит изменение перепадов давлений и расхода жидкости. По [22,28] наилучшие результаты дает сопло, выполненное в виде конической насадки, заканчивающейся коротким цилиндрическим sprыском. Коническая насадка увеличивает выходную скорость, а цилиндрическая часть сохраняет форму струи и предотвращает ее от разбрызгивания.

По экспериментальным данным [7, 25] оптимальное значение угла конусности конической части насадки составляет 12–15°, согласно [28] оптимальный угол конусности составляет 13°24'. Для обеспечения технологичности изготовления назначаем 13°30'.

Длина цилиндрической части сопла определяется по формуле:

$$l_{\text{соп}}^{\text{цил}} = (1 \dots 2) \cdot d_{\text{соп}}^{\text{цил}}. \quad (2.21)$$

$$l_{\text{соп}}^{\text{цил}} = 2 \cdot 26 = 52 \text{ мм.}$$

Конструктивно назначаем длину сопла равной  $l_{\text{соп}} = 140$  мм. Отсюда длина конической части сопла:

$$l_{\text{соп}}^{\text{кон}} = l_{\text{соп}} - l_{\text{соп}}^{\text{цил}}. \quad (2.22)$$

$$l_{\text{соп}}^{\text{кон}} = 140 - 52 = 88 \text{ мм.}$$

С учетом принятого угла конусности  $13^{\circ}30'$  получаем, что диаметр входного сечения сопла  $d_c = 68$  мм.

Также необходимо учесть возможность сборки сопла и корпуса шароструйного аппарата. Из схемы, видно, что целесообразно выбирать наружный диаметр сопла близким к внутреннему диаметру камеры смешения.

Исходя из технологического процесса формообразования резьбы обработкой резанием выбираем резьбу М110х4 для соединения сопла с камерой смешения.

Определим оптимальное расстояние между выходным сечением рабочего сопла и входным сечением камеры смешения.

Расчет производится из условия, что при расчетном коэффициенте эжекции конечное сечение свободной струи равно входному сечению камеры смешения.

Согласно расстояние между выходным сечением рабочего сопла и входным сечением камеры смешения определяется по формуле:

$$l_{\text{КС}}^{\text{соп}} = (1 \dots 1,5) \cdot d_{\text{КС}}, \quad (2.23)$$

$$l_{\text{КС}}^{\text{соп}} = 1,25 \cdot d_{\text{КС}} = 1,25 \cdot 72 = 90 \text{ мм.}$$

Согласно [3, 4,8] расстояние определяется нижеследующим выражением:

$$l_{\text{КС}}^{\text{соп}} = (1 \dots 3) \cdot d_{\text{соп}}^{\text{цил}}. \quad (2.24)$$

$$l_{\text{КС}}^{\text{соп}} = 1,5 \cdot d_{\text{соп}}^{\text{цил}} = 1,5 \cdot 26 = 39 \text{ мм}$$

Следовательно, значение расстояния между выходным сечением рабочего сопла и входным сечением камеры смешения необходимо выбрать в интервале 39...90 мм.

В ходе проведенных исследований было установлено, что расстояние между выходным сечением сопла и верхним срезом технологических окон должно быть равно нулю.

Также следует отметить, что высота технологических окон для свободного прохождения используемых шаров равна 40 мм.

В соответствии с вышесказанным выбирается расстояние равное высоте технологических окон:

$$l_{\text{КС}}^{\text{соп}} = h_{\text{ТО}} = 40 \text{ мм.}$$

10. Перепад давлений в сопле вычисляется по формуле:

$$\Delta P_c = \frac{Q_p^2 \cdot \rho_{\text{бр}}}{\mu^2 \cdot 2 \cdot S_c^2}, \quad (2.25)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода сопла, для принятой формы сопел равный 0,95.

$$\Delta P_c = \frac{0,367^2 \cdot 1000}{0,95^2 \cdot 2 \cdot 0,0005291^2} = 2,67 \text{ МПа.}$$

Согласно [22, 24, 27] рассчитанный перепад давления в сопле должен быть не более 12 МПа для предупреждения интенсивного износа сопла при течении через него бурового раствора.

$$2,67 < 12.$$

11. Рассчитываются потери давления в циркуляционной системе  $\Sigma(\Delta P_i)$ :

$$\Sigma(\Delta P_i) = \Delta P_T + \Delta P_{КП} + \Delta P_3, \quad (2.26)$$

где  $\Delta P_T$  – потери давления в бурильной колонне,  $\Delta P_{КП}$  – потери давления в затрубном пространстве,  $\Delta P_3$  – потери давления от замков в затрубном пространстве.

Для определения  $\Delta P_T$  и  $\Delta P_{КП}$  необходимо определить режим движения жидкости.

Известно, что при промывке скважины водой в кольцевом пространстве практически всегда режим течения турбулентный.

Поэтому потери давления в трубах и кольцевом пространстве при турбулентном движении бурового раствора рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха [24-26]:

$$\Delta P_T = \lambda_T \cdot \frac{8 \cdot \rho_{бр} \cdot Q^2 \cdot L_{СКВ}^{max}}{\pi^2 \cdot d_B^5}, \quad (2.27)$$

$$\Delta P_{КП} = \lambda_{КП} \cdot \frac{8 \cdot \rho_{бр} \cdot Q^2 \cdot L_{СКВ}^{max}}{\pi^2 \cdot (D_{СКВ} - d_H)^3 \cdot (D_{СКВ} + d_H)^2}, \quad (2.28)$$

где  $\lambda_T$ ,  $\lambda_{КП}$  – коэффициенты гидравлического сопротивления в трубах и кольцевом пространстве, принимаются равными 0,02 и 0,035 соответственно.

Соотношение наружного диаметра бурильных труб муфтово-замкового соединения и основного диаметра скважины принимается равным [27]:

$$\frac{d_T}{D_{СКВ}} = 0,6. \quad (2.29)$$

Отсюда

$$d_T = 0,6 \cdot D_{СКВ} = 0,6 \cdot 215,9 = 129,54 \text{ мм.}$$

По таблице 5 выбираем диаметр бурильных труб равным 140 мм с соответствующим диаметром муфты 171 мм. Внутренний диаметр 120 мм.

Таблица 2.3 - Размеры, масса и жесткость стальных бурильных труб

Труба		толщина стенки, мм	Муфта наружный диаметр, мм	Масса, кг		
Условный	Наружный			1 м гладкой трубы	двух высадок	муфты
60	60,3	7; 9	80	9,15; 11,3	1,5	02.07.11
73	73	7; 9; 11	95	11,4; 14,2; 16,8	2	4,2
89	89	7; 9; 11	108	14,2; 17,8; 21,2	3,2	4,4
102	101,6	7; 8; 9; 10	127	16,4; 18,5; 20,4 22,4	5	7
114	114,3	7; 8; 9; 10; 11	140	18,5; 20,9; 23,3 25,7; 28,0	6	9
127	127	7; 8; 9; 10	152	20,7; 23,5; 26,2; 28,9	6,5	10
140	139,7	8; 9; 10; 11	171	26; 29; 32; 35	7,5	14
168	168,3	9; 10	197	35,3; 39,0	9,5	16,7

Вычисляем потери давления в трубах и кольцевом пространстве:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot \frac{8 \cdot 1000 \cdot 0,0368^2 \cdot 4500}{3,14^2 \cdot 0,12^5} = 3,97 \text{ МПа},$$

$$\Delta P_{кп} = 0,035 \cdot \frac{8 \cdot 1000 \cdot 0,0368^2 \cdot 4500}{3,14^2 \cdot (0,2159 - 0,140)^3 \cdot (0,2159 + 0,140)^2} = 3,12 \text{ МПа}$$

Вычисляются потери давления от замков в затрубном пространстве по формуле [22, 25, 27]:

$$\Delta P_3 = \frac{L_{скв}^{max}}{l_{1т}} \cdot \left( \frac{D_{скв}^2 - d_n^2}{D_{скв}^2 - d_3^2} - 1 \right)^2 \cdot \rho_{бр} \cdot V_{кп}, \quad (2.30)$$

где  $V_{кп}$  – скорость движения бурового раствора в затрубном пространстве в области бурильных труб, рассчитываемая по формуле:

$$V_{\text{кп}} = \frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot (D_{\text{СКВ}}^2 - d_{\text{н}}^2)}. \quad (2.31)$$

$$V_{\text{кп}} = \frac{4 \cdot 0,0368}{3,14 \cdot (0,2159^2 - 0,14^2)} = 1,74 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$\Delta P_3 = \frac{4500}{12} \cdot \left( \frac{0,2159^2 - 0,14^2}{0,2159^2 - 0,171^2} - 1 \right)^2 \cdot 1000 \cdot 1,74 = 0,2 \text{ МПа.}$$

12. Исходя из величин  $\Delta P_c$ ,  $\Sigma(\Delta P_i)$ , найдем давление перед буровым снарядом:

$$P_{\text{бс}} = P_{\text{вых}} - (\Delta P_{\text{т}}), \quad (2.32)$$

где  $P_{\text{вых}}$  - давление насоса на выходе.

$$P_{\text{бс}} = 19 - 3,97 = 15,03 \text{ МПа.}$$

13. Тогда сила давления на клапан составит:

$$F = P_{\text{бс}} \cdot S_{\text{кв}},$$

$$F = 15,03 \cdot 10^6 \cdot 4070 \cdot 10^{-6} = 44892 \text{ Н}$$

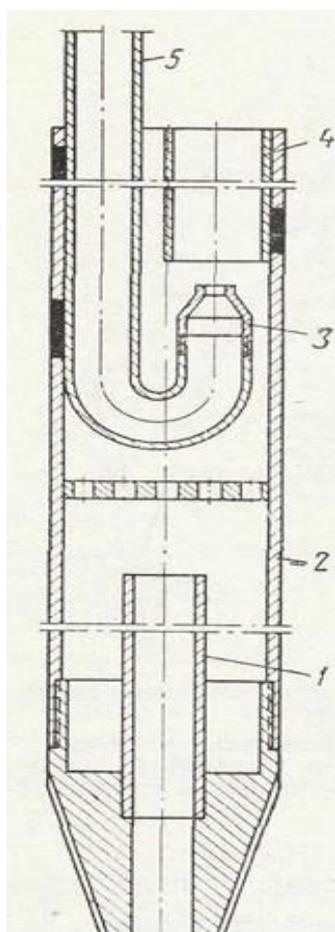
Это значение будет рабочим значение пружины, т.е.  $F = F_2$ .

### 3. Разработка технических устройств для подпитки изношенных шаров новыми без подъема колонны бурильных труб

#### 3.1 Постановка задачи

Как упоминалось в п. 1.2 процесс бурения шароструйным способом складывается из нескольких определенных последовательных этапов:

1) спуск в скважину шаров; 2) спуск в скважину шароструйного аппарата; 3) процесс бурения; 4) подъем аппарата из скважины; 5) извлечение шаров с забоя с помощью шароуловителей (конструкция струйного шароуловителя представлена на рисунке 3.1).



В процессе шароструйного бурения неизбежен износ шаров. Результаты американских исследователей свидетельствуют о том, что при бурении кварцита за 3,5 часа вес порции в 63,5 кг уменьшился на 1,13 кг [1]. По результатам промышленных испытаний Увакова А.Б. [6] в среднем за 100 ч бурения шары изнашиваются по диаметру на 4–5 мм. Известно, что при шароструйном бурении для эффективного разрушения горной породы следует применять шары максимально возможного диаметра. Следовательно, износ шаров по диаметру приведет к значительному снижению механической скорости бурения. Таким образом, в процессе бурения необходимы исключение из циркуляции изношенных до определенного диаметра шаров и подпитка призабойной зоны новыми.

Рисунок 3.1.

Струйный шароуловитель:

- 1 – трубка;
- 2 – корпус;
- 3 – сопло;
- 4 – камера смешения;
- 5 – бурильные трубы;

По методикам расчета шароструйных снарядов различных авторов [1, 6, 8] диаметр используемых шаров больше диаметра первичного сопла, т.е. исключается возможность подпитки призабойной зоны шарами через колонну бурильных труб. Подпитка через затрубное пространство является нерациональной вследствие возможности прихвата бурильных труб и недоспуска шаров до забоя скважины. Предшествующие исследователи при шароструйном бурении использовали рейсовую подпитку, т.е. перед началом бурения на забой скважины засыпалась одна порция шаров, которая обеспечивала процесс углубки скважины в течение рейса. Недостатками данного способа являются высокая трудоемкость в силу значительного числа спуско-подъемных операций и уменьшение механической скорости бурения вследствие циркуляции изношенных по диаметру шаров.

Таким образом, необходима разработка забойного шаропитателя, с помощью которого можно было бы подпитывать призабойную зону новыми шарами. Причем возможны следующие варианты реализации подпитки:

1. По количеству подпиток:
  - одной порцией шаров;
  - несколькими порциями шаров.
2. По способу поступления в призабойную зону:
  - через затрубное пространство;
  - через камеру смещения шароструйного аппарата.

На следующем этапе было необходимо разработать способ воздействия на рабочий элемент шаропитателя.

Основными способами воздействия на рабочий элемент шаропитателя являются:

1. Спуск внутри колонны бурильных труб на трубах меньшего диаметра специального упорного элемента – создание давления за счет его разгрузки на рабочий элемент.

2. Увеличение расхода промывочной жидкости, что влечет за собой

увеличение давления, действующего на рабочий элемент.

3. Спуск запорного клапана-клина, в результате чего герметизируется внутренняя область шаропитателя, включение насоса, создание давления, действующего на рабочий элемент.

Первый способ является трудоемким, т.к. необходимо значительное количество спуско-подъемных операций. Эффективность шароструйного бурения в большой мере зависит от расхода промывочной жидкости, а возможность увеличения расхода подразумевает использование насоса не на всю мощность. Это говорит о нерациональности использования второго способа воздействия на рабочий элемент шаропитателя. На основании изложенного третий способ является самым рациональным.

Патентный поиск выявил 3 конструкции дробопитателей, которые применялись при дробовом бурении [52–54]. Создание давления на рабочие элементы этих дробопитателей осуществляется вторым способом.

Согласно [52] при подаче промывочной жидкости на забой скважины в дросселе 3 (рисунок 3.2) создается перепад давления, действующий на поршень. Под действием этой силы шток 4 идет вниз до ограничительной втулки 9, сжимая пружину 5. Камера Б, заполненная дробью, выходит из капронового кольца 8 и дробь из камеры поступает на забой скважины через колонковую трубу. Одновременно втулка 10 входит внутрь кольца 8, камера А отделяется от камеры Б и поступления дроби на забой не происходит. Для подачи на забой очередной порции дроби буровой инструмент приподнимается и одновременно прекращается подача промывочной жидкости. Давление под поршнем при этом снимается и шток 4 с помощью пружины 5 возвращается в исходное положение. Дробь, находящаяся в камере А, поступает в камеру Б и при восстановлении циркуляции жидкости цикл повторяется.

Конструкция другого дробопитателя [53] отличается тем, что с целью предотвращения самозаклинок керна подпитка осуществляется через затрубное пространство. Для этого он снабжен уплотнительным элементом с центральным

отверстием, с которым взаимодействует наружная боковая поверхность штока 4 (рисунок 3.3), а корпус 6 выполнен с боковыми отверстиями, размещенными над уплотнительным элементом.

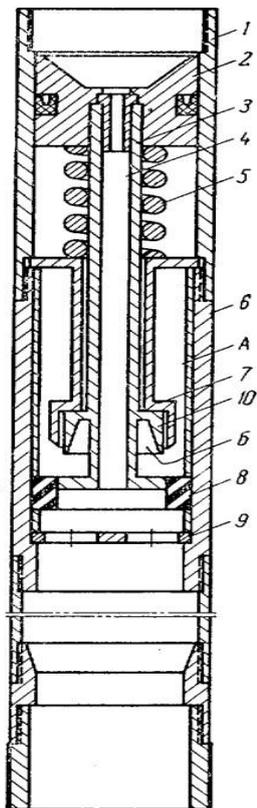


Рисунок 3.2 – Забойный дробопитатель  
 1 – цилиндр; 2 – поршень;  
 3 – дроссель; 4 – шток; 5 – пружина;  
 6 – корпус; 7 – втулка; 8 – капроновое  
 кольцо; 9 – ограничительная втулка;  
 10 – втулка

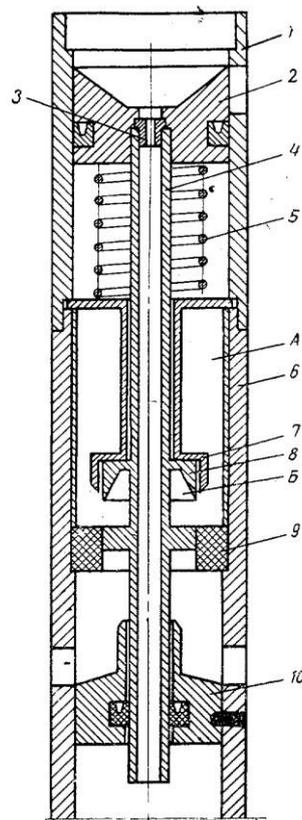


Рисунок 3.3 – Забойный дробопитатель  
 1 – цилиндр; 2 – поршень;  
 3 – дроссель; 4 – шток; 5 – пружина;  
 6 – корпус; 7 – направляющая втулка;  
 8 – капроновое кольцо;  
 9 – ограничительная втулка;  
 10 – втулка

Дробопитатель другой конструкции [54] работает следующим образом. В процессе бурения через дробопитатель прокачивают промывочную жидкость. Вследствие этого гибкая диафрагма 12 гидравлического включателя отжимается до ограничительной сетки 14 (рисунок 3.4). При этом шток 11 прижимает тягу 9 и вводит зуб ее головки в зацепление с храповыми выступами нижнего конца дозирующей трубы 6. При подъеме снаряда корпус дробопитателя поднимается, и тяга, соединенная с колонковой трубой 16 через

шток 10, перемещает дозирующую трубу 6 в нижнее положение. Часть дробы из полости между трубой 6 и корпусом дробопитателя 2 высыпается внутрь дозирующей трубы 6 и вместе с промывочной жидкостью попадает на забой. При последующем подъеме снаряда труба 6 переместится вниз на высоту еще одного храпового выступа и далее до конца нижней части дозирующей трубы.

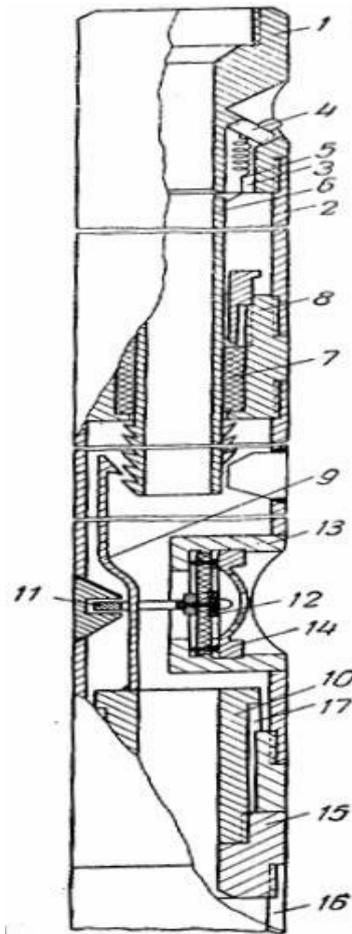


Рисунок 3.4 – Забойный гидравлический дробопитатель:

- 1 – переходник; 2 – корпус дробопитателя; 3 – канал; 4 – пробка; 5 – тросик; 6 – центральная дозирующая труба; 7 – уплотнение; 8 – переходник; 9 – тяга; 10, 11 – шток; 12 – диафрагма гидравлического включателя; 13 – гнездо корпуса диафрагмы; 14 – ограничительная сетка; 15 – переходник; 16 – колонковая труба; 17 – шлицы

### 3.2. Разработка технических устройств для подпитки изношенных шаров новыми без подъема колонны бурильных труб

Нами разработаны четыре конструкции забойных шаропитателей, два из которых осуществляют разовую подпитку шаров в затрубное пространство, а два других – порционную подпитку непосредственно в буровой снаряд.

Рассмотрим конструкцию забойного шаропитателя I, обеспечивающего разовую подпитку в затрубное пространство. На рисунке 3.5 представлена схема шаропитателя, на рисунке 3.6 – комбинированный разрез (слева от осевой линии изображено исходное положение, справа – рабочее).

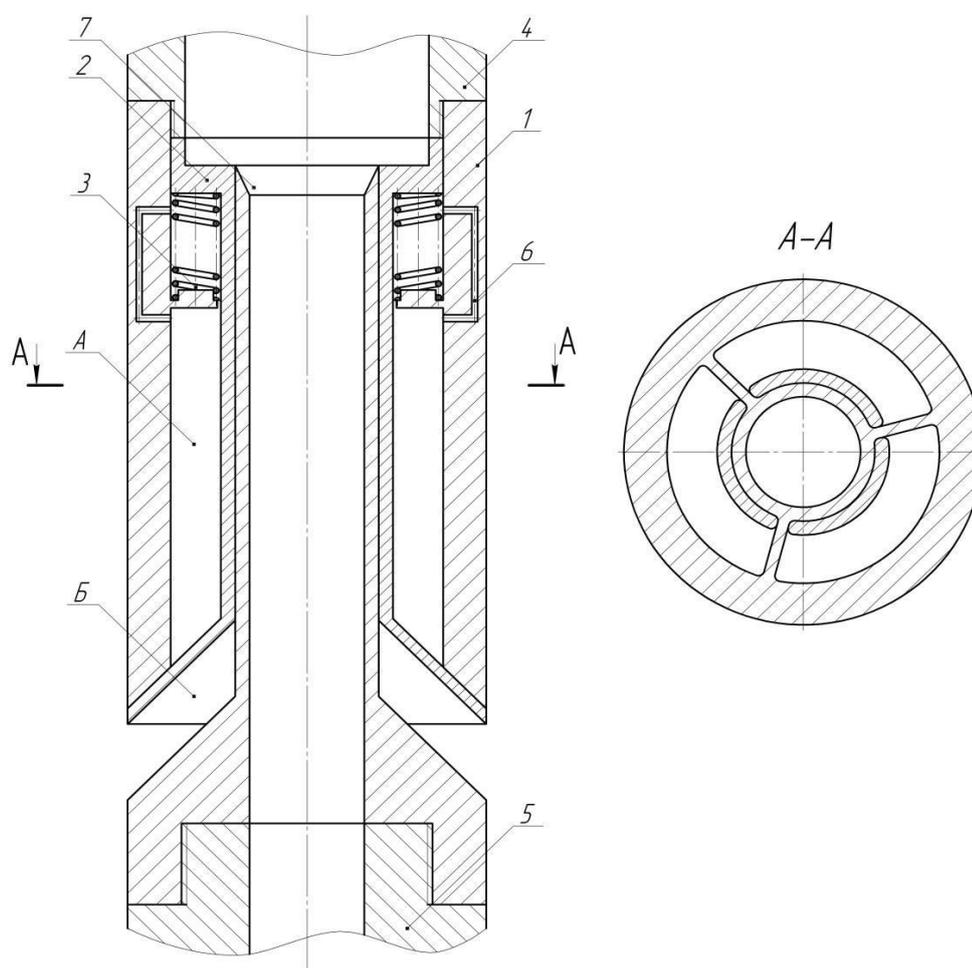


Рисунок 3.5 – Схема забойного шаропитателя I:

- 1 – корпус; 2 – подвижный элемент; 3 – пружина; 4 – колонна бурильных труб;  
5 – шароструйный аппарат; 6 – перепускной канал; 7 – седло

Забойный шаропитатель I (рисунок 3.5) состоит из корпуса 1 и подвижного элемента 2 с посадочными местами под пружины 3. Корпус 1 в

верхней части соединяется с колонной бурильных труб 4, а в нижней – с шароструйным аппаратом 5. В корпусе 1 имеется перепускной канал 6 и седло 7 для герметизированной посадки запорного клапана 8. В пространстве между корпусом 1 и подвижным элементом 2 расположены камеры А для размещения шаров.

Перед спуском шаропитателя в скважину в камеры А засыпается необходимое количество шаров. При необходимости подпитки в колонну бурильных труб 1 сбрасывается запорный клапан 8, который садится в седло 7, тем самым перекрывая подачу бурового раствора к буровому снаряду (рисунок 3.6). Вследствие роста давления на верхнюю поверхность подвижного элемента 2 сжимается пружина 3, в результате чего он опускается. При спуске подвижного элемента 2 до крайнего нижнего положения, шары через пространство Б начинают высыпаться в затрубное пространство. Высыпание шаров из камеры происходит под действием силы гравитации и за счет давления, создаваемого струей бурового раствора, поступающего через перепускной канал 6. После высыпания всех шаров останавливается буровой насос, в результате чего пружина разжимается, а подвижный элемент возвращается в исходное положение. Далее в колонну бурильных труб 4 на талевом канате спускается овершот, который захватывает головку запорного клапана 8 и поднимает его на поверхность. После этого процесс бурения возобновляется.

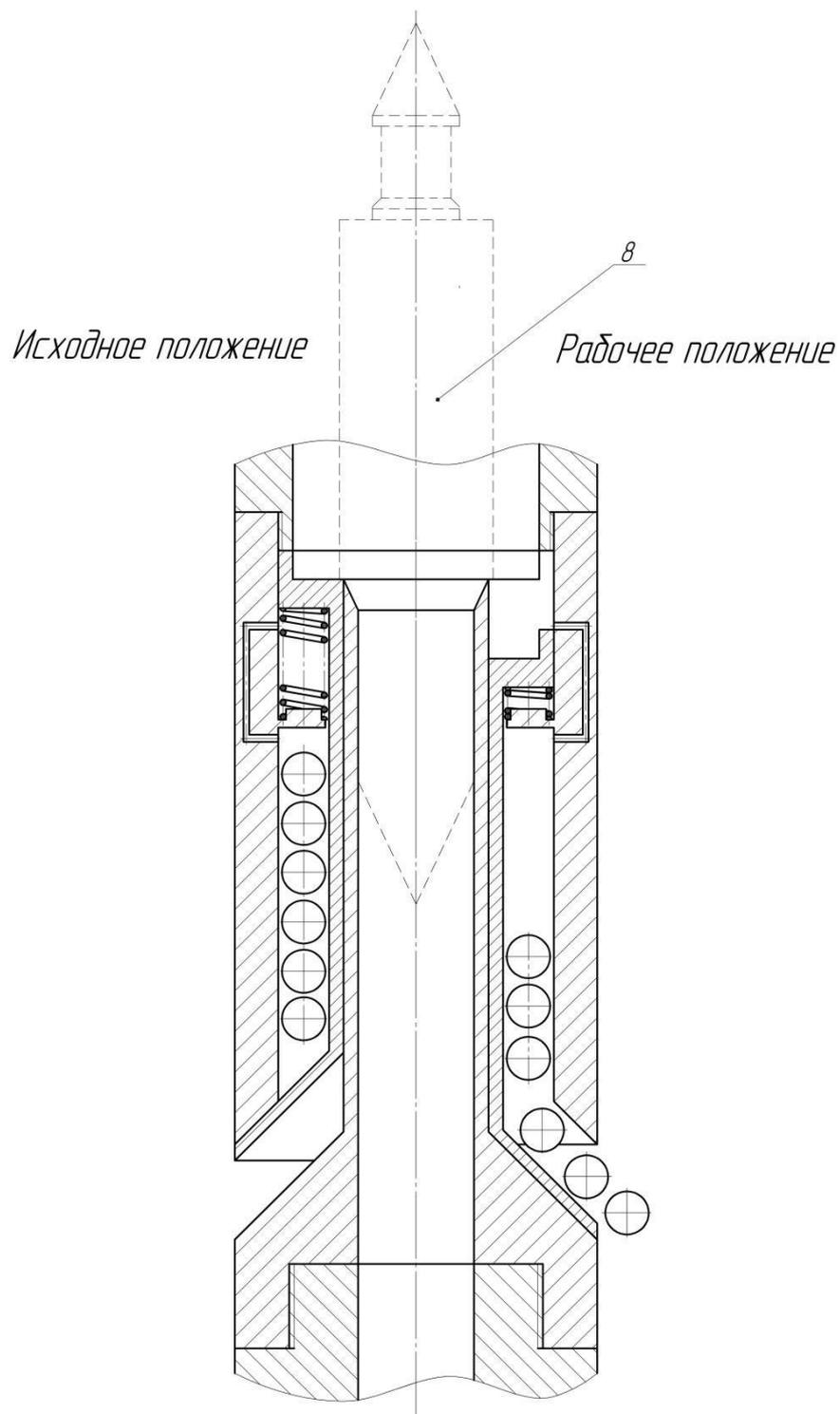


Рисунок 3.6 – Комбинированный разрез забойного шаропитателя I:

- 1 – корпус; 2 – подвижный элемент; 3 – пружина; 4 – колонна бурильных труб;  
 5 – шароструйный аппарат; 6 – перепускной канал; 7 – седло;  
 8 – запорный клапан

Конструкция забойного шаропитателя II представлена на рисунке 3.7. Принцип действия такой конструкции аналогичен предыдущему, за исключением того, что процесс высыпания шаров начинается тогда, когда

положение окон 8 совпадает с положением отверстий 9 для входа шаров.

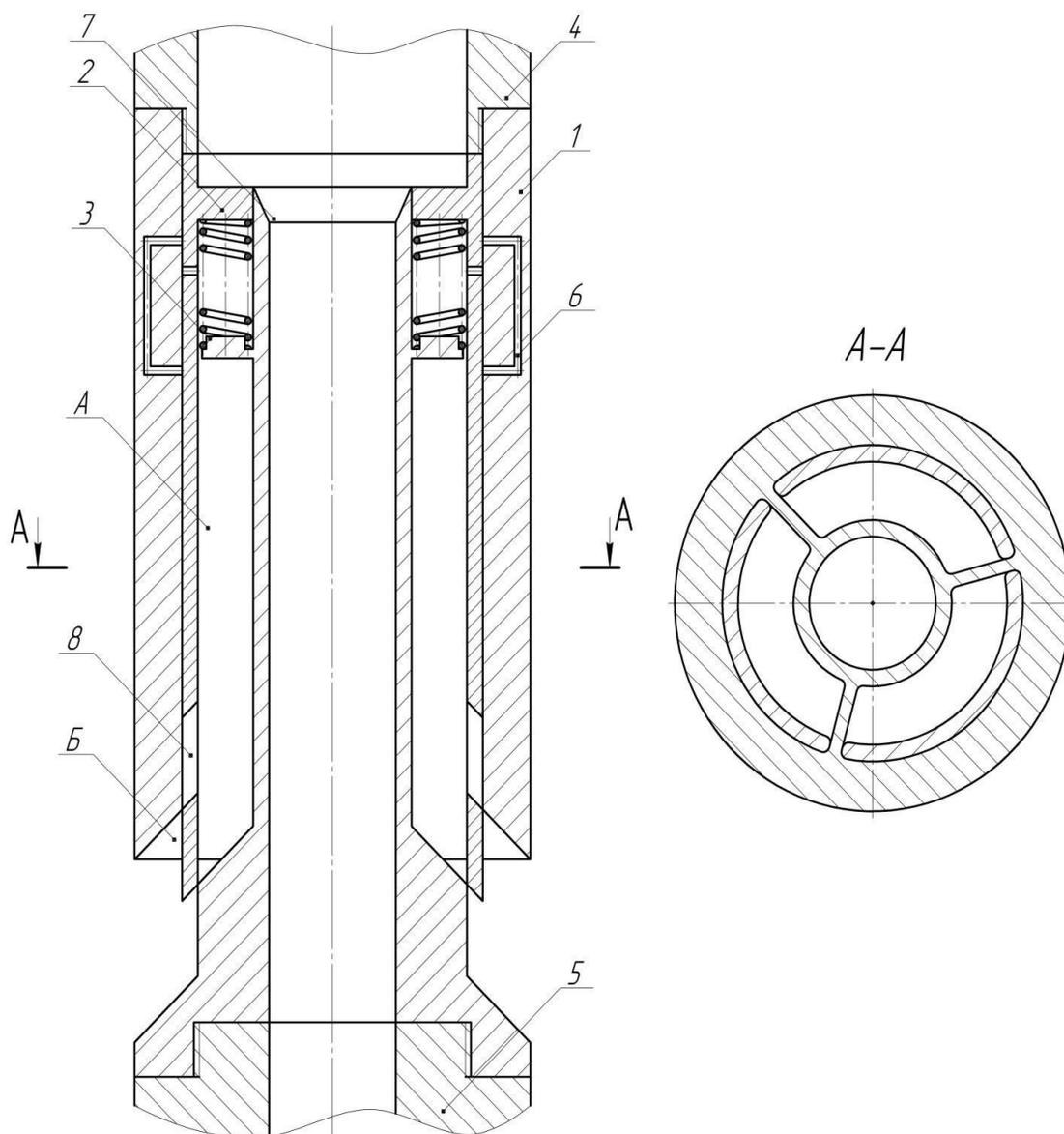


Рисунок 3.7 – Схема забойного шаропитателя II:

- 1 – корпус; 2 – подвижный элемент; 3 – пружина; 4 – колонна бурильных труб;  
5 – шароструйный аппарат; 6 – перепускной канал; 7 – седло;  
8 – окно; 9 – отверстие для выхода шаров

Как отмечалось выше, другие разработанные нами шаропитатели обеспечивают порционную многоразовую подпитку непосредственно в буровой снаряд. Комбинированный разрез забойного шаропитателя III представлена на рисунке 3.8. Принцип действия такого шаропитателя

аналогичен предыдущим. Многоцветная порционная подпитка реализуется за счет перегородок 7, выполненных на корпусе 1 и подвижном элементе 2. Перегородки делят камеру для шаров на необходимое количество секций. Причем в исходном положении секции заполнены через одну. Принцип работы данного шаропитателя следующий. При создании давления на верхнюю поверхность шаропитателя его подвижная часть опускается, в результате чего шары из самой нижней секции высыпаются в шароструйный аппарат, а шары из камеры А – в камеру Б и т.п.

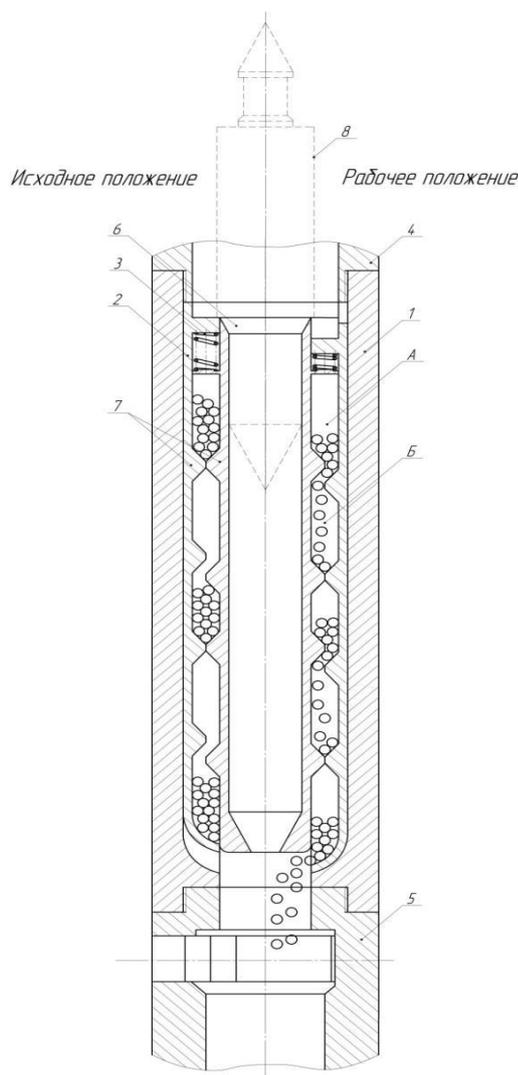


Рисунок 3.8 – Комбинированный разрез забойного шаропитателя III:

- 1 – корпус; 2 – подвижный элемент; 3 – пружина; 4 – колонна бурильных труб;  
5 – шароструйный аппарат; 6 – седло; 7 – перегородки; 8 – запорный клапан

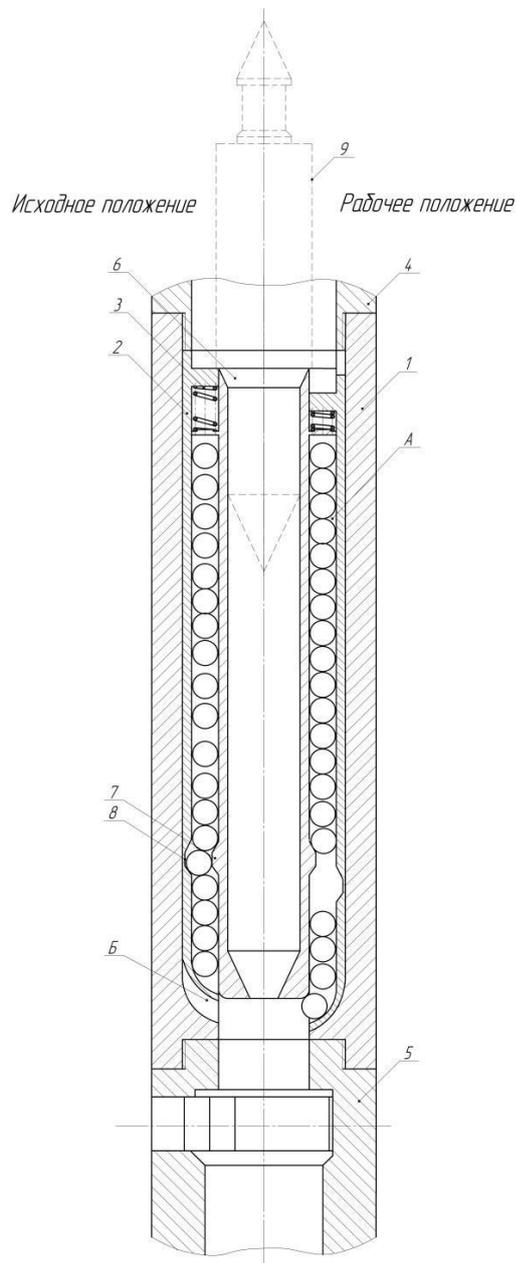


Рисунок 3.9 – Комбинированный разрез забойного шаропитателя IV:

- 1 – корпус; 2 – подвижный элемент; 3 – пружина; 4 – колонна бурильных труб;  
 5 – шароструйный аппарат; 6 – седло; 7 – перегородки; 8 – паз;  
 9 – запорный клапан

Другая конструкция шаропитателя представлена на рисунке 3.9. Принцип действия такого шаропитателя аналогичен предыдущим. Многоцветная порционная подпитка реализуется за счет специальной конструкции нижней части камеры А, в которой на внутренней части корпуса 1 имеются перегородки 7, а в подвижной части 2 – паз 8. Причем перегородки 7 и паз 8 расположены относительно друг друга таким образом, что при

опускании подвижного элемента 2 блокируется пространство ниже перегородок 7 и часть шаров через камеру Б высыпается в шароструйный аппарат 5. При снятии давления подвижный элемент 2 приходит в исходное положение и нижняя часть камеры А вновь заполняется шарами.

Помимо порционной подпитки, конструкции шаропитателей III и IV имеют еще одно важное преимущество: высыпание шаров происходит непосредственно в камеру смешения. Такой способ подпитки шаров дает возможность применению задерживающего устройства в затрубном пространстве.

### **3.3 Разработка конструкции шаропитателя**

Разработка конструкции включала в себя несколько этапов:

1. Построение первичной трехмерной модели по имеющимся схемам изобретенных шаропитателей.
2. Проверка технологичности построенной модели и возможности ее изготовления в заводских условиях.
3. Учет проблемных моментов и внесение поправок в существующую трехмерную модель.

Разработанная конструкция шаропитателя включает в себя семь элементов-деталей: корпус, буртик, неподвижный элемент, подвижный элемент, прижимной диск, укрепляющее кольцо и пружины. В процессе разработки конструкции упор делался на простоту сборки данного аппарата.

С учетом всех правок, на заключительном этапе модель разработанного шаропитателя выглядит следующим образом (рисунок 3.10):

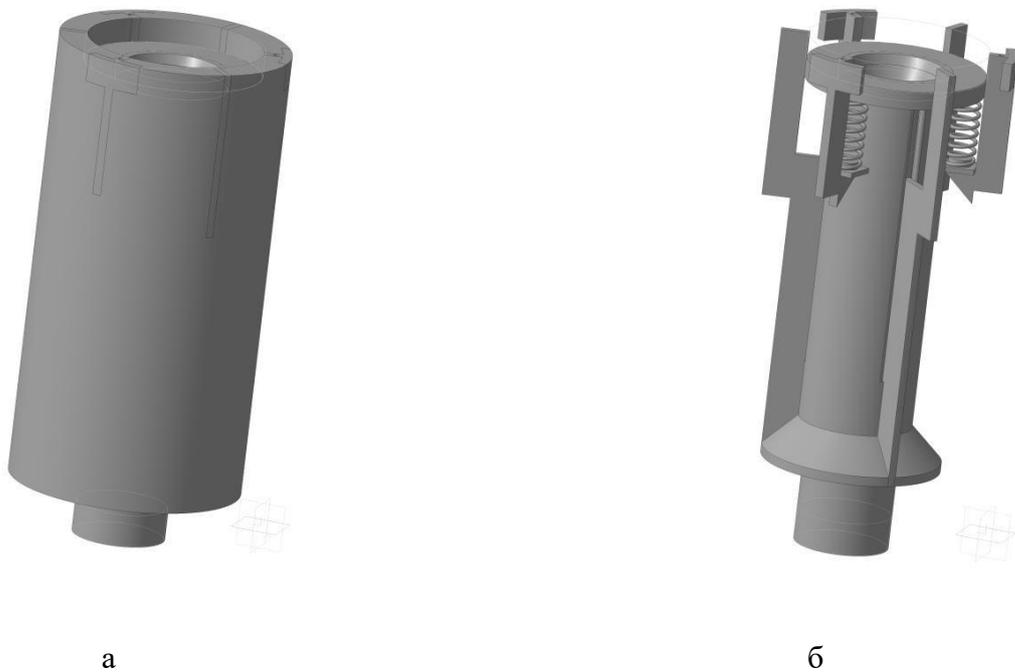


Рисунок. 3.10 – Трехмерная модель шаропитателя а – в корпусе; б – без корпуса

Анализ разрабатываемых конструкций позволил создать такую конструкцию, которая имеет достаточно простой процесс сборки и изготовления (все рисунки показаны в продольном разрезе для лучшей наглядности):

1. В изготовленный корпус в подходящие пазы вставляются буртики (рисунок 3.11, 3.12):

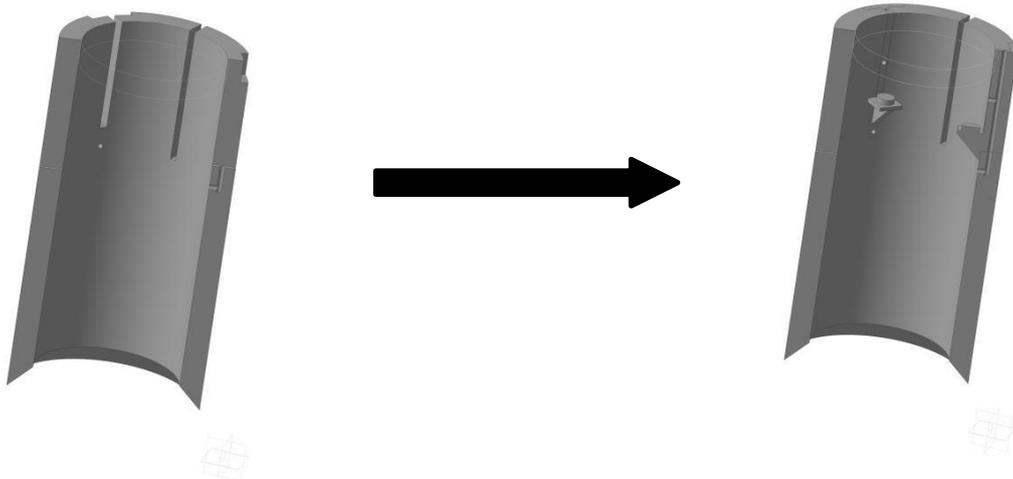


Рисунок 3.11

Рисунок 3.12

2. Далее на посадочные места пружин, выполненные на буртиках, садятся пружины (рисунок 3.13):

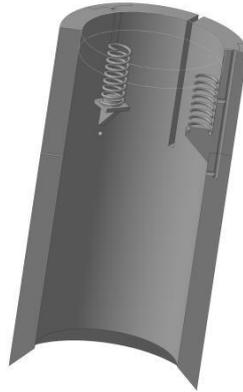


Рисунок 3.13

3. Сверху в соответствующие пазы вставляется неподвижный элемент конструкции (рисунок 3.14):

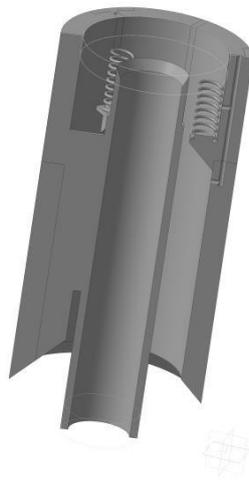


Рисунок 3.14

4. После этого с нижней части корпуса заводится подвижный элемент шаропитателя, а сверху на него садится укрепляющее кольцо (рисунок 3.15, 3.16):

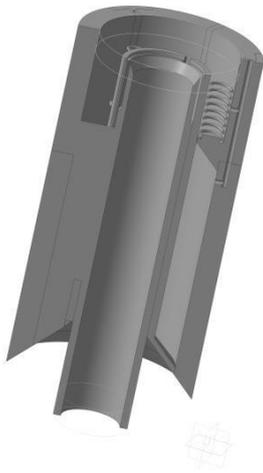


Рисунок 3.15

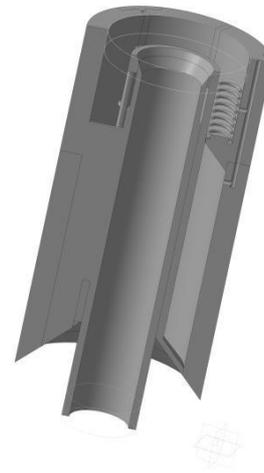


Рисунок 3.16

5. Заключительным этапом является ввинчивание прижимного диска в верхнюю часть подвижного элемента, соединенного с укрепляющим кольцом (рисунок 3.17)

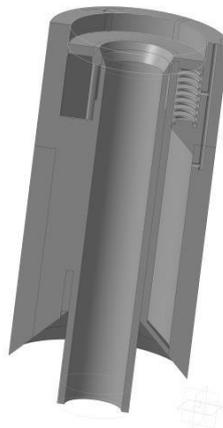


Рисунок 3.17

Принцип работы такого аппарата аналогичен принципу работы забойного шаропитателя I, описанной выше.

В процессе создания конструкций были использованы справочно методические пособия [55-57], справочники [58-60], учебные пособия [61], государственные стандарты [62,63].

#### **4. Магнитный уловитель железных частиц**

Научно – производственные компании специализирующиеся на постоянных магнитах Nd-Fe-B, разрабатывают и модернизируют производство магнитных сепараторов.

В настоящее время разработаны и производятся магнитные системы , применяемые для тонкой очистки рабочих жидкостей от железных и ферромагнитных примесей .

Данная проблема возникает из за трения металлических изделий которые загрязняют рабочую среду вследствие чего выводят из строя агрегаты и приводит к сокращению срока службы. Для устранения данной проблемы и удаления металлических частиц из рабочих жидкостей можно использовать магнитные системы.

Применение магнитного сепаратора возможно как на стадии монтажа, так и на стадии ремонта гидросистем машин, когда необходимо выполнять операции промывки и опрессовки системы в целом, а также её элементов на специальных стендах.

Сепаратор магнитный с ферритобариевыми магнитными элементами широко используют для предварительной очистки СОЖ на многих станках, и прежде всего на шлифовальных. Основным элементом сепаратора (рис. 13) является ротор 1, снабженный постоянными магнитами 3. Ферромагнитные частицы притягиваются к ротору, выжимаются резиновым роликом 2, соскабливаются ножом 4 и сбрасываются в сборник 5. Одновременно отделяется некоторая часть немагнитных примесей, находящихся в потоке ферромагнитных частиц. Николаевский опытный завод смазочных систем выпускает четыре модели сепараторов типа Х43—4 с пропускной способностью 15—200 л/мин.

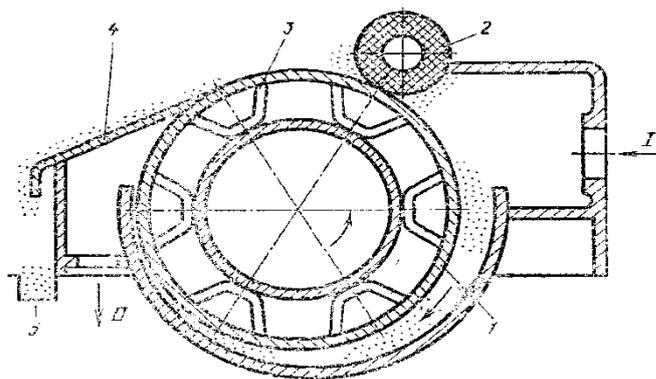


Рисунок 4.1 Схема магнитного сепаратора:

I – вход суспензии ; II – выход очищенной СОЖ

1 – ротор, 2 – ролик , 3 – постоянный магнит, 4 – соскабливающий нож, 5 – сборник

Магнитные уловители предназначены для улавливания ферромагнитных примесей в резервуарах и Трубопроводах. Конструктивно они выполнены в виде резьбовых пробок, содержащих постоянный магнит. Выпускаются три модели уловителей: М18-1,5; М27-2 и М42-2 (ГОСТ 17429—72). Масса задерживаемых уловителями частиц 0,05—0,07 кг. Скорость потока жидкости в зоне установки уловителей не должна превышать 0,01 м/мин.

Магнитные патроны предназначены для улавливания и удержания ферромагнитных частиц на пути движения жидкости от сливной магистрали к насосу. Рабочий элемент патрона состоит из магнитных втулок, установленных одноименными полюсами друг к другу. Хвалынский завод гидроаппаратуры выпускает восемь моделей патронов типа Г42-1 (ОСТ 742-1—73). Масса задерживаемых патроном частиц 0,03—0,4 кг. Патрон рекомендуется очищать через каждые 500 ч работы.

Магнитные фильтры предназначены для улавливания ферромагнитных примесей на напорных линиях. В магнитных фильтрах типа ФМ Елецкого завода «Гидропривод» отделителем частиц является ферромагнитная решетка, помещенная в магнитное поле. Конструкции фильтров описаны в работе [30], технические характеристики приведены в табл. 19. Все фильтры работают при давлении 0,63 МПа, тонкость очистки 5—10 мкм. Степень очистки жидкостей

при однократном цикле составляет 70 %, а при многократном использовании не менее 85 %.

#### 4.1 Концепция улавливающего устройства

Улавливающе-подпитывающее устройство представляется нам модульной конструкцией, состоящей из съемных ШУ и ШП, которые, в свою очередь соединяются с шароструйным аппаратом. Преимуществами модульной конструкции являются:

- возможность взаимозаменяемости элементов;
- возможность многократной сборки/разборки и смены места положения;
- удобство при транспортировке и монтаже.

Улавливание шаров также является важной темой для изучения. Стоит отметить, что конструкция шароуловителя разрабатывается на базе забойных металлоуловителей, магнитных стружкоуловителей принцип действия которых основан на увеличении кольцевого пространства между компоновкой и стенками скважины.

Можно сделать вывод, что при разработке улавливающе-подпитывающего устройства главной целью является оптимизация работы всей системы, осуществляющей разрушение забоя.

Основные критерии оптимизации системы:

- подобрать из существующих ШУ такую конструкцию, которая соответствовала бы общей схеме ША;
- добиться необходимых геометрических параметров ША, удовлетворяющих исходным данным по скважине;
- спроектировать магнитный шароуловитель в соответствии с геометрическими параметрами основных узлов ША и скважины.

Исходя из вышеизложенного был предложен шароуловитель магнитного типа. Принципиальная схема механизма представлена на (рисунке 4.2)

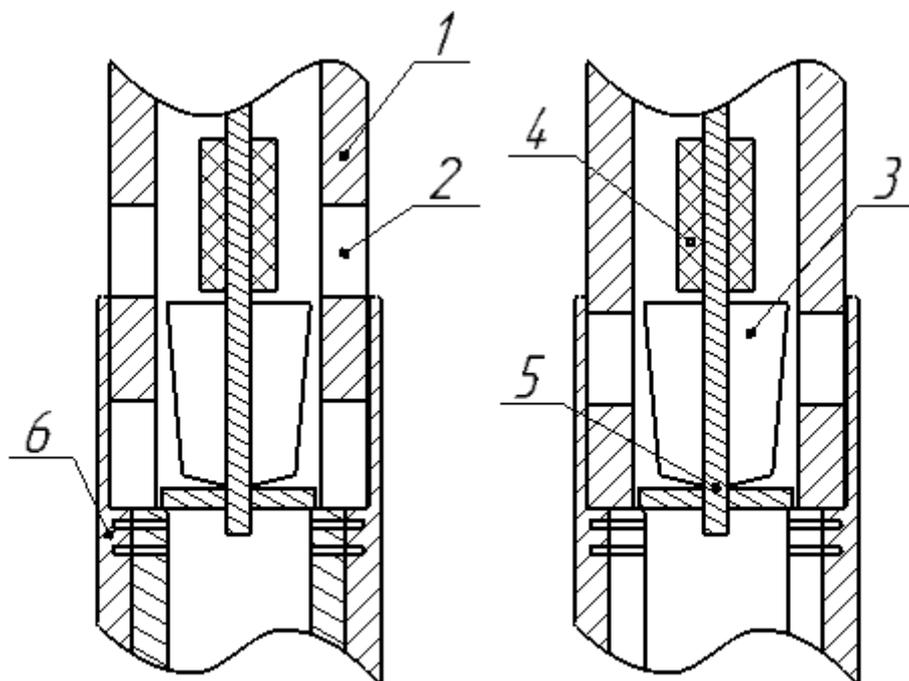


рисунок 4.2 – шароуловитель магнитного типа

1 – корпус; 2 – окно для улавливания отработанных шаров; 3 – корзина;  
4 – магнитная установка; 5 – запорный клапан; 6 – затворные шторки

Принцип работы магнитного шароуловителя заключается в следующем. На запорном клапане 5 установлены импульсный электромагнит 4 и корзина для сбора отработанных шаров 3. Запорный клапан 5 под напором промывочной жидкости воздействует на затворные шторки 6, тем самым окна 2 для улавливания отработанных шаров. Напором промывочной жидкости отработанные шары поднимаются и затягиваются импульсным электромагнитом 4 в трубное пространство, в последующем опускаясь в корзину 3 для сбора шаров. Извлекая запорный клапан 5 приводим механизм в исходное положение.

Достоинства данной конструкции:

- за счет данного способа объемная доля шлама в корзине для улавливания отработанных шаров сводится к минимуму;

- за счет подбора размеров входного окна можно сортировать шары по износу, тем самым работоспособные шары будут оставаться в скважине;
- в связи с внедрением импульсного электромагнита исключаем прилипание при спуске в трубном пространстве.
- простота технологического процесса при изготовлении механизма

Предложенные варианты сыграют немалую роль для шароструйного бурения и бурения в целом, так как сокращается время на спуско-подъемные операции, становится возможной подача и улавливание шаров без извлечения колонны, что в конечном итоге ведет к увеличению рейсовой скорости и повышению технологической и экономической эффективности.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ5Е	Турсунову Уктамжану Муратжановичу

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/ специальность</b>	21.04.01 «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i>	<i>Оценка затрат на приобретение оборудования для изготовления шароструйно эжекторного бурового снаряда</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормативы расхода материалов на технологический процесс</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i>

<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка эффективности НИИ «Разработки шароструйно эжекторного бурового снаряда»</i>	<i>Обоснование перспективности разработки в целях повышения технико-экономических показателей</i>
2. <i>Произвести расчет затрат научно-исследовательского проекта</i>	<i>1. Определение основных статей расходов на реализацию проекта; 2. Составление сметы затрат; 3. Формирование бюджета для проведения научно-исследовательского проекта.</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Оценка эффективности научного исследования</i>

<b>Перечень графического материала</b>
1. Расчетные формулы 2. Таблицы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Материальные затраты</li> <li>– Затраты на энергоносители</li> <li>– Затраты по основной заработной плате</li> <li>– Затраты на единоразовые выплаты в связи со сдачей этапа</li> <li>– Отчисления в государственные внебюджетные фонды</li> <li>– Контрагентные расходы</li> <li>– Общие затраты</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Шарф И.В.	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ5Е	Турсунов Уктамжан Муратжанович		

## 5. Экономическое обоснование рентабельности применения установки шароструйно-эжекторного бурового снаряда

В данной главе отражены и проведены расчеты всех видов расходов, направленных на проведение научного исследования и разработки конструкции шароструйно – эжекторного бурового снаряда.

Затраты на выполнение научно-исследовательского проекта включают в себя следующие элементы:

- затраты на приобретение оборудования для преобразователя плотности;
- затраты на специальное оборудование и рабочие компоненты;
- затраты на оплату труда;
- затраты на страховые взносы;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

### 5.1 Расчет материальных затрат

Величина расходов, затраченных на приобретение оборудования, используемых, непосредственно, в разработке самого шароструйно – эжекторного бурового снаряда, рассчитывается по формуле:

$$Z_o = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (5.1)$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Коэффициент  $k_T$ , описывающий транспортные расходы на доставку материалов принимается минимальным, равным 15% (т.е.  $k_T = 0,15$ ) от самой

стоимости этих материалов. Минимальный уровень стоимости доставки объясняется тем, что все составляющие изделия изготавливаются в городе, где проводится разработка, местными компаниями и лицами.

Все рассчитанные материальные затраты, необходимые для разработки конструкции шароструйно – эжекторного бурового снаряда представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Стоимость оборудования шароструйно – эжекторного бурового снаряда

<i>Наименование</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Цена за ед., тыс. руб.</i>	<i>Затраты на материалы, (ЗМ), тыс. руб.</i>
Шароструйно – эжекторный буровой агрегат:				
- Колонна бурильных труб	шт.	15	10000	150000
- Калибратор	шт.	1	8500	8500
- Переводник	шт.	1	2600	2600
- Корпус	шт.	1	3500	3500
- Кольцевое сопло	шт.	1	3100	3100
- Присоединительная головка	шт.	1	2400	2400
- Опора	шт.	1	3200	3200
- Крышка корпуса	шт.	2	6000	12000
- Направляющая	шт.	1	2700	2700
- Блок электроники	шт.	1	2300	2300
- Датчик давления	шт.	1	10000	10000
- Задерживающее устройство	шт.	1	9000	9000
- Подпитывающее устройство	шт.	2	8500	17000
- Программное обеспечение	шт.	1	7000	7000
Суммарная стоимость				233300
Итого, с учетом транспортных расходов				268295

Таким образом, стоимость приобретения оборудования для сборки шароструйно – эжекторного бурового агрегата по расчетам составила 268295 тыс. руб.

## 5.2 Нормативные затраты на энергоносители

Определяются по основным видам энергии:

- бензин (л/руб);
- дизельное топливо (л/руб);

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за единицу., тыс. руб.	Затраты на топливо
Бензин	литр	1000	38,50	38500
Дизельное топливо	литр	1500	40,90	61350
Сумма				99850

Таким образом, стоимость приобретения топлива составила 99850 тыс. руб.

### 5.3 Затраты по основной заработной плате

Данная статья расходов включает основную заработную плату научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В данном проекте такими работниками являются руководитель, инженер и лаборант.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (5.2)$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.2 – Рассчитанные должностные месячные оклады

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{tc}$ , руб.	$Z_m$ , руб
Руководитель	4	2,18	13080	25500
Инженер	3	1,68	10080	19700
Лаборант	1	1	6000	11700

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (5.3)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

Фд – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в 2017 г.

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
1	2	3	4
Календарное число дней	365		
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	98	118	118
Потери рабочего времени, дни - отпуск	48	24	24
- невыходы по болезни	16	18	10
Действительный годовой фонд рабочего времени, дни	203	205	213

Произведя расчет по формуле 3 с учетом годового фонда рабочего времени, получим средневзвешенную заработную плату для каждого рабочего (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Средневзвешенная заработная плата для научно-технического персонала

Исполнитель	Руководитель	Инженер	Лаборант
Средневзвешенная ЗП, руб.	1307	1074	615

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (5.4)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5.5);

$Z_{\text{дн}}$  – средневзвешенная заработная плата работника, руб.

Общие затраты на основную заработную плату научно-технического персонала, непосредственно участвующего в проводимых работах, составляют 1389666,53 руб. (один миллион триста восемьдесят девять тысяч шестьсот шестьдесят шесть рублей 53 копейки).

#### 5.4 Затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа

В результате работы были понесены затраты на единовременные выплаты работникам денежных средств в связи со сдачей этапа. Следовательно, при расчете затрат на проведение опытно-конструкторской работы необходимо их учесть. Результаты затрат на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа, представлены в (таблице 5.5).

Таблица 5.5 – Суммы единовременных выплат

Исполнитель	Сумма выплаты, руб.
Руководитель	100 000
Инженер	100 000
Лаборант	60 000

Общие затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа, составляет 260000 руб.

#### 5.5 Отчисления в государственные внебюджетные фонды

Затраты на страховые взносы в Пенсионный фонд, Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений в государственные внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5.5)$$

где:  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 5.6 – Размер обязательных отчислений страховых взносов

Вид затрат	Руководитель	Инженер	Лаборант
Основная ЗП, руб.	640 288,55	463 919,95	285 458,03
Единовременные выплаты, руб.	100 000	100 000	60 000
Размер страховых взносов, руб.	200 618,2	152 822,31	93 619,13
Суммарные страховые взносы для всего персонала составили			447 059,63

## 5.6 Расчет контрагентных расходов

В результате изготовления стенда испытательного, который сам по себе является целостным уникальным оборудованием, появилась потребность в его аттестации, без которой его нельзя было бы использовать при проведении предварительных испытаний уже изготовленных вибрационных поточных преобразователей плотности.

Кроме того, зарубежные аттестованные преобразователи плотности и вязкости, купленные и установленные на стенд в роли эталонных, подлежат обязательной поверке, которая должна проводиться в специализированных лабораториях.

Перечень работ, выполняемых сторонними организациями по договору или контракту, а также величины стоимости их проведения представлены в таблице 5.7, 5.8.

Таблица 5.7 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к контрагентным расходам

Наименование	Кол-во	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, (Зк), тыс. руб.
Разработка программы методики и аттестации испытательного оборудования с проведением его первичного запуска	1	49000	4900
Проведение поверки измерительных приборов и отдельных компонентов	1	100000	100000
Подсоединение труб	20	20	400
Результирующая стоимость затрат			105300

Для правильной и безопасной работы установки необходим ее правильный монтаж специалистами инженерно-технического отдела. Рассмотрим основные виды работ, которые необходимы для проведения монтажа шароструйно – эжекторного бурового снаряда. Данные виды работ так же относятся к контрагентным услугам.

Таблица 5.8 – Затраты на монтаж шароструйно– эжекторного бурового агрегата

№	Вид монтажных работ	Количество дней	Стоимость работ, рублей
1	Подготовка площадки, отсыпка	2	50000
2	Отсыпка обваловки для недопущения аварийных розливов нефтепродуктов	1	10000
3	Сбор отдельных узлов	4	110000
4	Установка насосов, присоединение рукавов высокого давления с агрегатом	0,5	10000
5	Опрессовка линии давлением в 250 атм.	0,5	5000
<b>Итого</b>		8	185000

Общие затраты на контрагентные работы составило 290300 рублей.

### 5.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Величина бюджета на разработку научно-исследовательской продукции является нижним пределом по уровню затрат, который защищается научной организацией при формировании договора с заказчиком.

Бюджет включает в себя учет всех ранее рассчитанных необходимых затрат, для проведения научных исследований и получения, в конечном итоге, продукт, который и является целью работы.

Таблица 5.9 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к контрагентным расходам

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	268295	Пункт 2
2. Затраты на энергоносители	99850	Пункт 3
3. Затраты по основной заработной плате	1389666,53	Пункт 4
4. Затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа	260000	Пункт 5
5. Отчисления в государственные внебюджетные фонды	447 059,63	Пункт 6
6. Контрагентные расходы	290300	Пункт 7
7. Итоговая величина затрат		Сумма

Бюджетный фонд, сформированный для проведения научно-исследовательской работы по разработке конструкции шароструйно – эжекторного бурового снаряда, составил 2755171,16 руб

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Магистранту:

<b>Группа</b> 2БМ5Е	<b>ФИО</b> Турсунову Уктамжану Муратжановичу
------------------------	---

<b>Институт</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПМ</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Нефтегазовое дело

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочее место – кустовая площадка. Оборудование: Шароструйно – эжекторная буровая установка.
--	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 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><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны</li> <li>– Токсичность нефти и нефтепродуктов;</li> <li>– Повышенные уровни шума.</li> </ul> <p><i>Опасные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенная взрывоопасность;</li> <li>– Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</li> <li>– Пожаровзрывоопасность;</li> <li>– Сосуды, работающие под давлением.</li> </ul> <p><i>Воздействие на окружающую среду:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферы;</li> <li>– загрязнения почвы.</li> </ul> <p><i>Возникновение чрезвычайных ситуаций: техногенного характера (пожар, взрыв, разливы нефти) ..</i></p>
<p>1.2. 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>Источники опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Устьевая арматура;</li> <li>– Запорная арматура;</li> <li>– Насосные установки;</li> <li>– Сепараторы;</li> <li>– Попутные подогреватели нефти.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Уплотнение;</li> <li>– Целостность фланцевых соединений;</li> <li>– Изоляция движущихся частей.</li> </ul> <p>Причины возникновения пожаров и взрывов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Перегрев оборудования;</li> <li>– Отсутствие заземления;</li> <li>– Механические повреждения;</li> <li>– Утечка продукта.</li> </ul> <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Обучение пожарной ТБ;</li> <li>– Контроль оборудования.</li> </ul> <p>Первичные средства пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– огнетушитель;</li> <li>– вода;</li> </ul> <p><i>песок.</i></p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу</li> </ul>	<p>Загрязнение атмосферы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Выбросы газа в атмосферу;</li> </ul> <p>Загрязнение почвы:</p>

(выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	– разливы нефти; Средства защиты: – очистительные аппараты воздуха; – оборудование для очистки выбросов; – фильтры; – соблюдение норм технологического режима; – постоянный контроль и ремонт средств добычи; систематическое наблюдение за аппаратами, оборудованием и трубопроводами.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС: Разрыв трубопровода, заклинивание ротора насоса, разрушение герметизирующего экрана и т.д.  При возникновении аварийных ЧС необходимо: Произвести отключение насосного агрегата, сбросить давление в рабочем контуре, опорожнить насосный агрегат, принять меры по ликвидации последствий аварии.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Возможные ЧС: – утечка; – пожар; – взрыв. Действия при возникновении ЧС: – отключение питания; – применение огнетушителя; – эвакуация; вызов пожарной команды.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова Ольга Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Е	Турсунов Уктамжан Муратжанович		

## 6. Техногенная безопасность

### 6.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Таблица 6.1 - основные вредные и опасные факторы

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Подготовка места проведения работ по обслуживанию оборудования;  Спуско-подъемные операции;  огневые работы;  газоопасные;  Ремонт сосудов, работающих под давлением.	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.  2. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.  3. Влияние паров нефти и газа.  4. Утечки токсичных и вредных веществ (сероводород).  5. Превышение шума и вибрации	1. Высокое давление  2. Взрывопожароопасность  3. Воздействие потенциальной энергии.  4. Движущиеся элементы	СНиП 3.05.05-84 [3] ВСН 51-1-97 [4] СТО Газпром 14-2005 [5] ГОСТ 2222-95 [6] СТО Газпром 2-3.5-454-2010 [7] ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ [8] ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ [9] ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) [10] СНиП 23-05-95* [11] СНиП 21-01-97 [12] ГОСТ 12.1.012.-90

#### Метеорологический фактор

Одна из главных особенностей условий труда операторов шароструйно – эжекторной установки – это работа, в основном, на открытом воздухе а также работа, связанная с перемещениями на территории объекта и между объектами, частыми подъемами на специальные площадки, находящиеся на высоте. Поэтому в условиях сурового климата Западной Сибири и Крайнего Севера с низкими температурами (зимой до  $-50^{\circ}\text{C}$ ) и высокой влажностью (летом до 100%) играют метеорологические факторы.

При низкой (сверхдопустимых норм) температуре окружающей среды тепловой баланс нарушается, что вызывает переохлаждение организма, ведущее к заболеванию. В случае низкой температуры воздушной среды уменьшается подвижность конечностей вследствие интенсивной теплоотдачи организм, что сковывает движения. Это может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

При длительном пребывании работающего в условиях низкой температуры и, следовательно, переохлаждении организма возможно возникновение различных острых и хронических заболеваний: воспаление верхних дыхательных путей, ревматизм и другие. Результатами многократного воздействия низких температур являются пояснично-крестцовый радикулит и хроническое повреждение холодом (ознобление).

При высокой температуре снижаются внимание и скорость реакции работающего, что может послужить причиной несчастного случая и аварии. При работе в летнее время при высокой температуре (до +50 С) возможны перегревания организма, солнечные и тепловые удары.

Кусты, как правило, засыпаются песком, поэтому при сильных ветрах случается поднятие частиц песка и пыли, которые могут попасть в глаза и верхние дыхательные пути.

Работающие на открытом воздухе в холодное время года обеспечиваются комплектом средств индивидуальной защиты:

- Рукавицы;
- Обувь;
- Головные уборы;
- Средства защиты лица и органов дыхания.

Так же должна осуществляться доставка к месту работы и с работы должна осуществляться в утепленном транспорте. Для периодического обогрева и отдыха работников предусматриваются помещения, оборудованные в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.2.540-96.

## **Вредное влияние паров нефти и газа**

В таблице 6.1 приведены основные вредные и опасные факторы, которые присутствуют на рассматриваемом участке эксплуатируемой скважины, и те, которые могут возникнуть в силу различных обстоятельств, связанных с нарушением техники безопасности и с отклонением совершаемых действий рабочих и лиц, ответственных за проведение работ повышенной опасности от нормативно-технической документации, предусматривающей безопасное проведение тех или иных видов работ, требующих серьезного внимания, большого опыта и знания правил охраны труда и промышленной безопасности.

Меры защиты от воздействия паров нефти и нефтепродуктов – спецодежда, спец.обувь, фильтрующий противогаз, индивидуальный газоанализатор, рукавицы, крем.

В нефти содержатся: сероводород, метанол.

Сероводород – бесцветный газ с резким запахом тухлых яиц, который ощущается даже при небольших концентрациях. Сероводород тяжелее воздуха, поэтому скапливается в низких и заглубленных местах. При вдыхании вызывает угнетенное состояние, воздействует на слизистые оболочки глаз, вызывая слезотечение, жжение глаз, светобоязнь. При больших концентрациях не ощущается его запах, т.к. происходит паралич обонятельного нерва, появляется головокружение, тошнота. При концентрации  $1000 \text{ мг/м}^3$  и выше, наступает паралич дыхания и сердца, и мгновенная смерть. ГОСТ 22387.2-83.

Средства защиты – фильтрующий противогаз с коробкой марки «КД», шланговый противогаз.

Метанол - (метиловый спирт) является очень ядовитой жидкостью. По цвету, вкусу и запаху напоминает этиловый (винный) спирт. Метанол может поступать в организм человека через кожу, дыхательные пути и пищевой тракт. Действие паров метанола выражается в раздражении слизистых оболочек глаз и головной болью. Особенно опасно поступление в организм через пищевой тракт. Прием внутрь 10г метанола вызывает тяжелое отравление, нередко

сопровожающееся потерей зрения и полной слепотой, а доза в 30 – 100 г является смертельной.

### **Шум и вибрация**

На месторождении источниками шума и вибрации являются движущиеся части механических агрегатов (гидроимпульсный механизм, насосы, попутные подогреватели нефти, факела и т.д.). Вибрация значительное влияние оказывает на вестибулярный аппарат. Воздействие вибрации и шума приводит к вибрационной болезни.

В качестве индивидуальных защитных средств при работе в шумных помещениях используются различные протившумы (антифоны). Они изготавливаются либо в виде вставляемых в наружный слуховой проход вкладышей из мягких звукопоглощающих материалов, либо в виде наушников.

В процессе работы должны использоваться инструменты и механизмы, оборудованные приспособлениями, гасящими вибрацию или изменяющими ее частотную характеристику (специальная обувь и рукавицы с виброгасящей прокладкой).

Таблица 6.2. Допустимые уровни шума, дБ, на рабочем месте

Категория работ по тяжести труда	Уровни шума, дБ, для степени напряженности труда			
	Легкая	Средняя	1 степень напряженности	2 степень Напряженности
Легкая и средняя	80	80	60	50
Тяжелая	65	75	-	-

Таблица 6.3 - Допустимые величины вибрации в производственных помещениях предприятий

Амплитуда колебаний вибрации, мм	Частота вибрации, Гц	Скорость колебательных движений, см/с	Ускорение колебательных движений, см/с <sup>2</sup>
0,6-0,4	До3	1,12-0,76	22-14
0,4-0,15	3-5	0,76-0,46	14-15
0,15-0,05	5-8	0,46-0,25	15-13
0,05-0,03	8-15	0,25-0,28	13-27
0,03-0,009	15-30	0,28-0,17	27-32
0,009-0,007	30-50	0,17-0,22	32-70
0,007-0,005	50-75	0,22-0,23	70-112
0,005-0,003	75-100	0,23-0,19	112-120
* 1,5-2	45-55	1,5-2,5	25-40

## 6.2 Анализ опасных производственных факторов

### Высокое давление

Специфическая особенность условий эксплуатации гидроимпульсного механизма – высокое давление. В связи с этим любое ошибочное действие оператора при выполнении работ может привести к опасной аварии.

К работам на шаростуйно-эжекторном механизме с высоким давлением допускаются рабочие и специалисты, прошедшие подготовку по курсу. Проверка знаний и переподготовка этих кадров проводятся не реже одного раза в 3 года.

### Повышенная пожаро и взрывоопасность

Взрыв или возгорание газообразных или смешанных горючих химических веществ наступает при определенном содержании этих веществ в воздухе, что приводит к разрушению и повреждению зданий и сооружений, технологических установок, емкостей и трубопроводов. При взрыве газоздушнoй, паровоздушнoй смеси или пыли образуется ударная волна.

## Мероприятия по защите:

- Не допускать перегрева установки
- На рабочем месте запрещено нахождение взрывчатых веществ
- Использование открытого огня
- Обязательное прохождение инструктажа по пожарной безопасности

## Действие ударной волны на человека

- менее 10кПа считается безопасным,
- При избыточном давлении от 10 до 30 кПа- легкие поражения или легкопроходящие нарушения,
- От 30 до 60 кПа –поражения средней тяжести
- От 60 до 100 кПа – тяжелые контузии и травмы,
- Более 100 кПа - крайне тяжелые контузии и травмы, которые могут привести к гибели.

## **Наличие высокого напряжения**

Эксплуатация гидроимпульсного механизма характеризуется с наличием высокого напряжения в силовом кабеле. В непосредственной близости друг от друга и часть кабеля проходит по поверхности, что увеличивает зону поражения электротоком, а следовательно и вероятность несчастного случая.

Все токоведущие части должны подвергаться постоянному осмотру, на наличие пробоев, заземления и т.д. Проверка надежности крепления аппаратов, контактов наземного электрооборудования и другие работы, связанные с возможностью прикосновения к токоведущим частям, осуществляется только при выключенной установке, выключенном рубильнике со снятыми предохранителями. Установка включается и выключается нажатием кнопки "Пуск" и "Стоп" или поворотом пакетного переключателя, расположенных на наружной стороне двери станции управления.

При обслуживании электрооборудования оператор должен пользоваться диэлектрическими перчатками, как основным защитным средством. В качестве дополнительного защитного средства должны быть использованы диэлектрические боты.

Корпусы трансформатора и станции управления, а также броня кабеля должны быть заземлены.

### **Механическое травмирование Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования**

Подвижными частями оборудования являются:

- подвижные столы и стойки станков;
- вращающиеся шпиндели с закрепленными в них заготовкой или инструментом;
- ходовые винты;
- передачи (ременные, цепные и др.) расположенные вне корпусов станков.

Источниками движущихся частей также являются транспортные устройства. Основной величиной характеризующей опасность подвижных частей является скорость их перемещения. Согласно ГОСТ 12.2.009-80 опасной скоростью перемещения подвижных частей оборудования, способных травмировать ударом, является скорость более 0,15 м/с. Движущиеся части оборудования представляют опасность травмирования рабочего в виде ушибов, порезов, переломов и др., которые могут привести к потере трудоспособности.

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-74 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» движущие части производственного оборудования, если они являются источником опасности,

должны быть ограждены, за исключением частей, ограждение которых не допускается функциональным их назначением.

Одним из важных условий безопасного труда является недоступность подвижных частей оборудования, для рабочего, в ходе технологического процесса.

Для этого проводят следующие мероприятия:

1. Устанавливают защитные устройства (местные ограждения, крышки, кожуха и др.).

2. Крупногабаритные перемещающиеся части оборудования и транспортные устройства окрашивают чередующимися под углом 45° полосами желтого и черного цветов.

3. На наружной стороне ограждений наносят предупреждающий знак опасности по ГОСТ 12.4.026-76.

4. Устанавливают предохранительные и блокирующие устройства предотвращающие поломку деталей станков, самопроизвольное опускание шпинделей, головок, бабок, поперечен и др. частей.

5. Устанавливают тормозные устройства обеспечивающие остановку шпинделя в течение не более 5 с. Для этого применяются колодочные тормозные устройства и торможение электродвигателя противовключением.

6. При установке заготовок и снятии деталей применяются автоматические устройства (механические руки, револьверные приспособления и др.) для исключения соприкосновения рук станочников с движущимися приспособлениями и инструментом.

7. Контроль на станках размеров обрабатываемых заготовок и снятие деталей для контроля проводится лишь при отключенных механизмах вращения или перемещения заготовок, инструмента и приспособлений.

Операторы гидроимпульсного механизма получают травмы из-за нарушения техник безопасности, плохого состояния или отсутствия площадки, неудовлетворительного обеспечения инструментами и приспособлениями.

Все открытые движущиеся составные части механизмов, могущие служить причиной травмирования обслуживающего персонала, должны иметь ограждения.

### **6.3 Региональная безопасность**

#### **Защита атмосферы**

В настоящее время введен в эксплуатацию ряд месторождений, содержащих сероводород в количествах, образующих при утечке газа опасные концентрации в воздушной среде. Несчастные случаи, связанные с отравлениями сероводородом, сравнительно редки, но они часто приводят к тяжелому исходу.

Сероводород, содержащийся в газе, представляет опасность отравления для человека, попавшего под струю газа при продувке аппаратов, при дыхании в местах его скопления в производственных помещениях, при очистке аппаратов в случае недостаточной подготовки их для этого, при текущем ремонте скважин, выделяющих сероводород. Высокая интенсивность внутренней коррозии оборудования и коммуникаций служит причиной утечки нефти, газа, воды и выделения сероводорода в окружающую среду.

Мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации месторождений нефти и газа, содержащих сероводород, охватывают по характеру работы, начиная от создания специального оборудования, стойкого к сероводородной коррозии и кончая разработкой специальных требований по их эксплуатации и

охране труда. Безопасная эксплуатация нефтяных месторождений, содержащих сероводород, достигается использованием блочного оборудования, унификацией технологии сбора и подготовки нефти и газа и воды, извлечением сероводорода из добываемой продукции и нейтрализацией разрушающего действия сероводорода на технологическое оборудование

### **Защита гидросферы**

При разливах нефти на водной поверхности место разлива нефти локализуется с помощью специальных поплавков - бон. С нижней части бонов имеется металлическая пластина шириной 8 см, предотвращающая перетекание нефти под бонами. Локализованную нефть собирают плавающими насосными агрегатами импортного производства ("Морской дьявол" и т.п.) с гидравлическим приводом от стационарного дизельного двигателя. Сбор нефти производится либо в линии близлежащих нефтепроводов, либо в случае их удаленности в отдельные резервуары, с периодической откачкой нефти из них автоцистернами. Для бесперебойной работы насосного агрегата разлитая нефть периодически подтягивается к насосу при помощи бон.

Технологический процесс сбора нефти с поверхности земли и загрязненного грунта включает в себя следующие операции:

- срезание верхней части грунта совместно с загрязнениями и создание продольных валов по ходу техники;
- погрузку загрязненного грунта в транспортные средства и его транспортировку в отведенные для этого места.
- Срезание грунта и оформление валов рекомендуется выполнять при помощи автогрейдеров, скреперов, бульдозеров.

### **Защита литосферы**

При малых аварийных разливах нефти, ее распространение предотвращают путем оконтуривания участка плугами ПЩ-1, ПКЛ-70, ПЛ-1, агрегируемых с трактором АХТ-55 или ДТ-75. Оконтуривание производят

вспашкой с глубиной погружения лемеха в почву на 20-25 см. Если плуг создает односторонний отвал, то отвал ведут навстречу потоку поступления нефти.

Средние разливы нефти локализуют с помощью траншей, которые отрывают на пути потока нефти экскаваторами МК-22 и ЭТР-206А и аккумулируют разлитую нефть в траншее с последующей ее быстрой откачкой.

Выемку грунта производят в сторону, противоположную от направления поступления нефти, на расстоянии от края траншеи не менее 1 метра. Через каждые 200-300 метров отвала создаются технологические разрывы шириной не менее 5 метров для подъезда к траншее техники, предназначенной для сбора нефти из траншеи.

Локализация больших объемов разлива нефти производится также с помощью траншей. Технологический процесс локализации нефти аналогичен локализации нефти при средних разливах.

#### **6.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Соблюдение трудовой и производственной дисциплины всеми работающими - основное условие безопасности при обслуживании нефтяных скважин.

Работы связанные с эксплуатацией Гидроимпульсного механизма (обслуживание, перевозка, монтаж, демонтаж) выполняются в соответствии с правилами безопасности и инструкциям по охране труда для рабочих цехов добычи нефти и ППД, а также следующими документами:

1. Правило безопасности в нефтяной и газовой промышленности, утверждение Госгортехнадзором.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок, утвержденные Госэнергонадзором.
3. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок, утвержденные Госэнергонадзором.

4. Правила устройства электроустановок, утвержденные Госэнергонадзором.

5. Руководство по эксплуатации Гидроимпульсного механизма, утвержденное ОКБ БН.

На каждом кусте должна быть оборудована пульт-будка с имеющимися в наличии аптечкой, бачком с питьевой водой, носилками, а также мебелью для отдыха.

Работа в темное время суток осуществляется при освещении объекта, во избежании травматизма.

Концентрация паров и газов в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК (углеводороды предельно С-С<sub>10</sub> в пересчете на С – 300 мг/м<sup>3</sup>, ГОСТ 12.1.005-76). Во время ремонта скважин при наличии в воздухе рабочей зоны нефтяных паров и газов, превышающих ПДК, необходимо заглушить жидкостью соответствующих параметров и качества. В загазованных зонах работы должны проводиться в соответствующих противогазах.

Монтаж (демонтаж) установки и его обслуживание производит электротехнический персонал, изучивший схемы станций управления, прошедший производственное обучение и стажировку на рабочем месте.

Наземное оборудование установки механизма устанавливается в специальной будке или на открытой местности на расстоянии не менее 20 м.

Месторасположение станции управления должно обеспечивать свободный выход из будки.

Электрооборудование на открытой местности должно иметь ограждение и предупреждающий знак.

Прокладка кабеля по эстакаде рядом с действующими кабелями, находящимися под напряжением допускается при следующих условиях:

- Работу должны выполнять рабочие, имеющие опыт прокладки кабелей, по наряду-допуску.

- Работать следует в диэлектрических перчатках, с одетыми на них брезентовыми рукавицами. Санитарные нормы действия тока на организм, устанавливает ГОСТ 12.1.000-76.

## **6.5 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Согласно трудовому законодательству, каждый гражданин имеет право на охрану здоровья от неблагоприятного воздействия, возникающего в процессе ведения производственных работ (в том числе в результате аварий).

При обустройстве и эксплуатации месторождений особое внимание планируется уделять сохранению здоровья человека. Учитывая особенности сложившихся биолого-генетических, биоритмических, социальных, психологических и природных стереотипов, предполагается разработка соответствующей системы для трех групп людей: 1) здоровье местного населения, проживающего в районе рассматриваемого месторождения (в данном случае под районом подразумевается территория месторождения и прилегающая к ней зона, на которую будет оказываться прямое или косвенное влияние при обустройстве и эксплуатации месторождения); 2) здоровье персонала, работающего на месторождении вахтовым методом; 3) здоровье персонала, работающего на месторождении и постоянно проживающего в районе нефтедобычи.

На работу следует принимать лиц не моложе 18 лет, годных по состоянию здоровья, соответственным образом обученных и прошедших инструктаж по технике безопасности.

Перевозка рабочих на место и обратно должна осуществляться на бортовых автобусах или специально оборудованных грузовых бортовых автомобилях, а в труднодоступных местностях на вездеходах. Продолжительность рабочего времени установлена трудовым законодательством и не должна превышать 41 час в неделю.

К числу специально уполномоченных государственных органов, осуществляющих надзор и контроль за соблюдением законодательства об охране труда и не зависящих в своей деятельности от работодателей, относятся Федеральная инспекция труда (Рострудинспекция), Госгортехнадзор, Госатомнадзор, Госэнергонадзор, Государственная экспертиза условий труда, общественный контроль.

Для защиты работников, выполняющих различные виды работ, связанных с шароструйно - эжекторным механизмом, применяется спецодежда и спецобувь: сапоги кирзовые и резиновые рыбацкие, рукавицы резиноканевые, противогаз фильтрующий БФК, каска и многое другое.

## **6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одной из наиболее частых аварий является взрыв. При выборе электрооборудования для объектов шароструйно - эжекторного механизма необходимо учитывать специфические условия работы электрических установок, связанных с наличием взрывоопасных газов и паров. К взрывоопасным относятся смеси с воздухом горючих газов и паров горючих жидкостей с температурой вспышки 450С и ниже, а также горючей пыли или волокон с нижним пределом взрываемости не выше 65 г/см<sup>3</sup>.

В зависимости от температуры самовоспламенения устанавливаются 5 групп взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78:

Таблица 6.4 - 5 групп взрывоопасных смесей

Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения °С
T1	Свыше 450
T2	300 до 450
T3	200 до 300
T4	135 до 200
T5	100 до 135

Ответственность за пожарную безопасность несут должностные лица, специально назначенные руководителем. Таблички с указанием лиц, ответственных лиц, вывешиваются при входе в операторскую. Эти лица должны обеспечить выполнение действующих правил на вверенных им объектах.

Каждый куст оборудован стационарными системами пожаротушения и молниеотводами.

Защита технологического оборудования и электроустановок от атмосферных перенапряжений осуществляется буровой вышкой (стержневой молниеотвод высотой 53 м). При размещении буровой, на ровной площадке, практически все привышечные сооружения, имеющие высоту не более 7 м и расположенные в радиусе до 40 м от устья скважин, защищены буровой вышкой от прямого попадания молний. Защита питающей высоковольтной линии электропередач от атмосферных перенапряжений осуществляется для ЛЭП-35 кВ и выше - трубными разрядниками и подвеской защитного тока.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований проведен обширный литературный обзор, по результатам которого были выявлены основные проблемы шароструйного способа бурения и малоизученные вопросы.

- разработано улавливающее устройство, которое значительно повысило эффективность шароструйного бурения;
- Определены основные геометрические параметры ШЭБС исходя из диаметра выбранной скважины
- найдены необходимые для осуществления процесса бурения расход и давление, подобран буровой насос
- были исследованы процессы движения шаров и шлама при работе бурового снаряда;
- было разработано устройство для подпитки изношенных шаров новыми без подъема колонны бурильных труб.
- разработан магнитный уловитель шаров, который значительно сократит время спуско-подъемных операции

В итоге были получены все необходимые данные для непосредственного конструирования.

Дальнейшие направления исследований:

1. Необходимо создать предложенную модель шароуловителя магнитного типа для дальнейшего исследования.
2. Необходимо разработать рекомендации по определению оптимального расстояния от долота до забоя для конкретных геологотехнических условий.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Vol. 207. – 1956. – p. 135.
  2. Леджервуд Л.У. Обзор работ по созданию усовершенствованных способов бурения нефтяных скважин (перевод с англ.). ГОСИНТИ, 1961. – 258 с.
  3. Маккрей Л.У., Коле Ф.У. Технология бурения нефтяных скважин. – Гостоптехиздат, 1963. – 417 с.
  4. Воздвиженский Б.И., Васильев М.Г. Буровая механика. Госгеолтехиздат, 1954. – 491 с.
  5. Сулакшин С.С. Современные способы разрушения горных пород при бурении скважин. – М.: Недра, 1964. – 106 с.
  6. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.
  7. Штрассер В.В. Исследование процессов разрушения горных пород ударами шаров (к теории шароструйного бурения): дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / В.В. Штрассер; Южно-Казахстанское геологическое управление, Партия техники разведки; науч. рук. Г.Л. Кушев, А.Б. Уваков. – Алма-Ата, 1966. – 217 с.
  8. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.
  9. Давиденко А.Н., Игнатов А.А., Вяткин С.С. Некоторые вопросы гидромеханического способа бурения // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2011. – № 14(181) – С. 75–78.
  10. Вяткин С.С. Современное состояние и проблемы развития физических способов бурения. // Материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции студентов. Серия: «Бурение». – 2011. – С. 20–22.
- Игнатов А.А., Вяткин С.С. Особенности конструкции и механики работы нового гидродинамического снаряда // Породоразрушающий и

металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – 2011. – Вып. 14. – С. 58–61.

12. 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.

13. Конюшая Ю.П. Открытия советских учёных. Ч. 1: Физико-технические науки. / Предисл. И.С. Наяшкова. – 3-е изд., доп. – М.: Изд – во МГУ, 1988. – 478 с.

14. Гиневский А.С, Власов Е.В., Каравосов Р.К. Акустическое управление турбулентными струями. – М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2001. – 240 с.

15. Патент № 1032837, Е 21 В 7/18, Е 21 В 7/14. Устройство для термомеханического бурения скважин / О.Л. Дербенева, А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, И.В. Чугунов - № 3373919/22-03; Заявлено 29.12.1981; Оpubл. 15.08.1986.

16. Патент № 1002498, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд / М.М. Майлибаев – № 3278854/22-03; Заявлено 24.04.1981; Оpubл. 07.03.1983.

17. Патент № 870705, Е 21 С 37/16, Е 21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ эрозионного бурения скважин и устройство для его осуществления / Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, А.А. Капустин, Г.Г. Каркашадзе, Г.А. Янченко – № 2798122/22-03; Заявлено 18.07.1979; Оpubл. 07.10.1981.

18. Патент № 685825, Е 21 С 37/16, Е21 С 21/00, Е 21 В 7/18. Способ термомеханического бурения скважин / Г. А. Янченко, И.В. Чугунов, Я.И. Шнапир, Г.Г. Каркашадзе, А.А. Капустин, О.Л. Дербенева, В.Е. Горяев, Г.К. Герасимов, А.А. Боголюбов, Л.С. Дербенев – № 2623146/22-03; Заявлено 02.06.1978; Оpubл. 15.09.1979.

19. Патент № 188407, Е 21 С 21/00. Способ термодинамического разрушения горных пород / В.Е. Горяев - № 1021728/22-3; Заявлено 30.07.1965; Оpubл. 28.11.1966.

20. Патент США № 2807442, кл. 255-61. Momentum pellet impact drilling apparatus / Ledgerwood L.W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 24.09.1957.

21. Патент США № 2724574, кл. 175-28. Hydraulic standoff control for pellet impact drilling / Ledgerwood L.W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 22.11.1955.
22. Патент США № 2706104, кл. 255-61. Gravity-momentum recirculation pellet impact drilling bit / Ortloff J. E.– Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 12.04.1955.
23. Патент США № 2727727, кл. 255-61. Combination of pellet impact drilling and rotary shot drilling / Williams P. S.– Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 20.12.1955.
24. Патент США № 2761651, кл. 255-61. Apparatus for cyclic pellet impact drilling / Ledgerwood L.W. – Заявлено 06.03.1952; Оpubл. 04.09.1956.
25. Патент США № 2735654, кл. 255-61. Expanding type momentum pellet impact drilling apparatus / Hildbrandt A. B. – Заявлено 28.10.1952; Оpubл. 21.02.1956.
26. Патент США № 2724575, кл. 255-72. Pellet impact core drill / Deily F. H. – Заявлено 10.12.1952; Оpubл. 22.11.1955.
27. Патент США № 2728557, кл. 255-61. Controlling off-bottom position of pellet impact drill / McNatt E. M. – Заявлено 15.07.1953; Оpubл. 27.12.1955.
28. Патент США № 2841365, кл. 255-1.8. Pellet recycle control in pellet impact drilling / Ramsey G. H. et al – Заявлено 27.10.1953; Оpubл. 01.07.1958.
29. Патент США № 2771274, кл. 255-61. Recycle fluid control in pellet impact drilling / Hildebrandt A. B. – Заявлено 28.10.1953; Оpubл. 20.11.1956.
30. Патент США № 2692116, кл. 255-61. Retractable pellet impact drill bit/ Camp J. M. et al – Заявлено 23.04.1954; Оpubл. 19.10.1954.
31. Патент США № 2868509, кл. 255-61. Pellet impact drilling apparatus / Williams P. S. – Заявлено 07.06.1956; Оpubл. 13.01.1959.
32. Патент США № 2743086, кл. 255-73. Pellet impact reaming apparatus / Roth M. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 24.04.1956.

33. 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.

34. Патент № 417599, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / А.Б. Уваков, В.В. Штрассер – № 1451266; Заявлено 15.06.1970; Оpubл. 28.02.1974.

35. Патент № 939710, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Коротков В. П. – № 3009898; Заявлено 02.12.80; Оpubл. 30.06.82.

36. Патент № 1120733, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / А.В. Дугарцыренов, О.Р. Ларин, Е.А. Потехин, Л.С. Дербенев, А.А. Боголюбов, Г.Г. Каркашадзе, И.В. Чугунов – № 3597561; Заявлено 31.05.1983; Оpubл. 15.08.1986.

37. Патент № 2114274, Е 21 В 7/18. Шароструйный снаряд для бурения скважин / Т.Н. Зубкова – № 96123178/03; Заявлено 05.12.1996; Оpubл. 27.06.1998.

38. Патент №2124620, Е 21 В 7/18. Устройство для шароструйного бурения скважин / Т.Н. Зубкова – № 97100372/03; Заявлено 14.01.1997; Оpubл. 10.01.1999.

39. Патент США № 2717761, кл. 255-1.8. Reverse circulation pellet impact drilling and coring apparatus / Ledgerwood L.W. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл.13.09.1955.

40. Патент США № 2779571, кл. 255-61. Pellet impact drill bit with controlled pellet return / Ortloff J. E. – Заявлено 09.04.1954; Оpubл. 29.01.1957.

41. Патент США № 2698736, кл. 255-61. Combination pellet impact drill and annulus cutting drill / Ledgerwood L.W. et al – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 04.01.1955.

Патент США № 2727726, кл. 255-61. Shot drilling-pellet impact drill bit / Ramsey G. H. – Заявлено 29.01.1952; Оpubл. 20.12.1955.

43. Патент № 1057688, Е 21 С 45/00, Е 21 В 7/18. Гидромониторный

бур/ Н.Г. Малухин, Э.И. Черней, С.В. Марчев, А.И. Курылев – № 3442088; Заявлено 21.05.1982; Оpubл. 30.11.1983.

44. Арбит В. С. Исследование и разработка методики расчета эжекторных буровых устройств с целью создания эффективных технических средств для бурения и освоения скважин: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1974. – 204 с.

45. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. М.: Машиностроение, 1971. – 671 с.

46. Помазкова З.С. Расчет струйных насосов к установкам для нефтяных скважин. – М.: Б. и., 1961. – 66 с.

47. Рабочий процесс и основы расчета струйных насосов/Кирилловский Ю.Л., Подвидз Л.Г. Научн. тр. /, М.: ВНИИГидромаш, 1960. – Вып. 26, С. 96–135.

48. Сазонов Р. П. Экспериментальное исследование водоструйных насосов с цилиндрической камерой смешения//Изв. ВТИ. 1949. № 11. С. 13–17.

49. Соколов Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 350 с.

50. Фридман Б. Э. Гидроэлеваторы. – М.: Машгиз, 1960. – 323 с.

51. Методы и средства исследований: учебное пособие / Н.Г. Квеско, П.С. Чубик; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.

52. Патент №152844, Е 21 В. Забойный гидравлический дробопитатель/ А. Б. Кушелевич и В.И. Новожилов – № 775020/22-3; Заявлено 20.04.1962; Оpubл. 1963.

53. Патент №275918, Е 21 В 7/16. Забойный дробопитатель/Н.Г. Егоров № 1309957/22-3; Заявлено 04.03.1969; Оpubл. 14.07.1970.

54. Патент №177380, Е 21 В. Забойный гидравлический дробопитатель/А. Закиров-Зиев, А.Б. Кушелевич – № 92670822-3; Заявлено 26.10.1964; Оpubл. 18.11.1966.

55. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 1. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977. – 623 с. с ил.
56. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977. – 574 с. с ил.
57. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 3. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1977. – 360 с. с ил.
58. Мягков В.Д. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1982. – Ч. 1. – 543 с.,ил.
59. Мягков В.Д. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1983. – Ч. 1. – 448 с., ил.
60. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие. Изд-е 2-е, перераб. и дополн. – Калининград: Янтар. сказ. 2002. – 454 с.: ил., черт. – Б. ц.
61. ГОСТ 10549-80 Выход резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски.
62. ГОСТ 27148-86 Изделия крепежные. Выход резьбы, сбеги, недорезы и проточки. Размеры.
63. Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. Безопасность жизнедеятельности: Учеб.– метод. пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 145 с. Гринин А.С., Новиков В.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие.– М.: ФАИР-

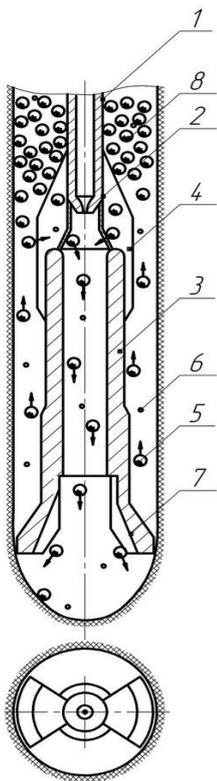
## Приложение А

### 1. Literary Review

#### 1.1 Analysis of existing designs of ejector pellet impact drill bit

Pellet impact drilling is a process during which rock is destroyed, this procedure occurs due to a large number of carbide or steel pellet, which, during the drilling process, are in contact with the bottom at high speed.

Since all drilling should being carried out by colliding pellet with the rock composing the bottom of the well, creating a load on the rock with. Moreover, since the only rock-destruction element of the drill head that are subject to wear, they are able to be replaced or supplemented by adding new pellet from the surface, so that there is no need to remove the drill bit from the well to replace i.



The pellet impact method is being carried out with the help of ejector pellet impact drill bit, which in turn promote the continuous circulation of pellet bottom hole zone. This method was considered both by scientists from America and from the post-Soviet space. The basis of the drilling method of this technology is the following features and advantages in comparison with other types of drilling:

- Simplicity of construction and operation of the unit
- Long duration of drilling due to the absence of a chisel
- Quick replacement of worn out pellet
- A simple way to remove worn out pellet
- Exclusion of calculations of axial loads
- Economically profitable

Figure 1.1 - "Gravity-injection" drilling tool:

1 - a string of drill pipes; 2 - nozzle;  
3 - mixing chamber; 4 - ribs;  
5 - rock-destroying pallet;  
6 - cuttings of cuttings; 7 - paws;  
8 - "cloud of reserve pellet"

Drilling occurs without rotation, as a result of which the wear resistance of drill pipes is higher and allows the use of pipes made of light alloy materials.

A number of American scientists and researchers used a "gravitational-injection» drilling device to perform field tests.

The design of the projectile provides for the use of special paws 7 in contact with the bottom of the well to maintain the optimal distance between the bit and the face without destroying it. On the bottom of the well, a portion of pellet 5 is pellet filled; the mud pump is turned on. The working fluid supplied to the apparatus is been accelerated in the nozzle 2 and exits at a high speed into the mixing chamber 3 at a high speed. In this case, a vacuum zone is being formed in the space between the nozzle 2 and the mixing chamber 3. Due to the discharge, the working fluid is being sucked in with the suspended pellet 5 and the particles of slurry 6 from the annular space. Then the biphasic mixture passes through the mixing chamber and strikes the rock, causing destruction.

Further, the liquid entrains the pellet 5 into the annular gap between the chisel and the walls of the borehole, which, partially recirculating, rise above the nozzle 2 and stop due to the increase in the annular space and decrease the amount of liquid by injecting it, forming a "cloud of reserve pal" 8. This process is been repeated many times.

The disadvantages of this design include:

Increased wear of the paws due to contact with rocks and blows of circulating pellet

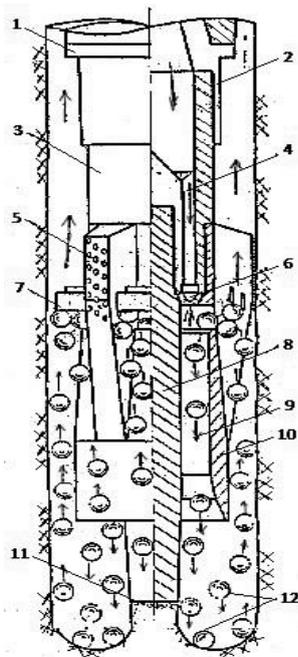
The need for rotation of the drilling tool for the destruction of slaughtering areas, blocked by paws

Overlapping a large area of the face with the paws, and therefore the effectiveness of pellet drilling is been reduced;

Need to maintain a strictly prescribed flow rate, because When it decreases, the "cloud of reserve pellet impact" will be located below the nozzle, and with an

increase in the flow of liquid - higher, which will reduce the consumption of pellets in the mixing chamber, hence reducing the efficiency of pellet impact drill bit. The above-mentioned drawbacks in the design of the "gravity-injection" drilling tool, as well as a departure from the original concept of pellet impact drill bit, predetermined the further work of researchers and production workers. To date, many different designs of ejector pellet impact drill bit shells have been developed, providing:

- Maintaining the required borehole diameter
- Maintaining the optimal distance between the bit and the face
- Optimal trajectory of pallet motion in the bottom hole zone.
- The choice and justification of the design of the SHEBS for drilling in hard and strong rocks is an important research task.



A small flow of pellet in a mixing chamber (no more than 140 w / s) is indicated, which is performed by a jet apparatus with a nozzle and a cylindrical mixing chamber with their successive axial arrangement by Zaurbekov S.A. In . In this connection, a projectile with a nozzle 6 and a mixing chamber 9 of annular shape was proposed, the central part of the bottom of the well being destroyed by the support 8, which ends with hard-alloy teeth 11 (Figure 1.2).

Such a design ensures that the optimal distance between the bit and the bottom during drilling is been maintained, the use of the delay device 7 allows to remove the restrictions on the maximum flow rate of the washing liquid and to direct the pellet into the inlet ports.

Figure 1.2 - pellet impact drill bit tool with nozzle and mixing chamber of annular shape:

1 - calibrator; 2 - the sub; 3 - connecting head; 4 - liquid supply channels; 5 - calibrating-centering ribs; 6 - annular nozzle; 7 - delay device; 8 - support of the projectile; 9 - annular mixing chamber; 10 - shell of the projectile; 11 - hard-alloy teeth; 12 - pellet

However, this design has a number of disadvantages:

- The presence of a slot-shaped nozzle complicates the manufacture of the drilling tool;
- The presence of a support that destroys the central part of the bottom of the well leads to its rapid wear, especially when drilling solid and strong GP;
- The work of the projectile requires rotation and an axial load on the bit, which contradicts the original concept of pellet impact drill bit and complicates the drilling process;

Destruction of the face in a combined way (the peripheral part - pellet impact drill bit, central - rotational) leads to a different rate of failure, i.e. To the complexity of managing the drilling process;

The design of the projectile involves the use of pellet with a smaller maximum possible diameter than when using a nozzle and a cylindrical mixing chamber, in connection with which, according to, the efficiency of pellet drilling is reduced;

The large ratio ( $> 0.8$ ) of the diameter of the pellet used to the diameter of the mixing chamber leads to the need to increase the distance between the bit and the bottom to maintain the required borehole diameter, and therefore, according to, the efficiency of pellet drilling is reduced.

A number of authors consider the effective construction of a SHEB based on a jet apparatus with a nozzle and a mixing chamber of a cylindrical shape, the periphery is destroyed by the mechanical arms of the blade (Figure 1.3) and shot (Figure 1.4) types

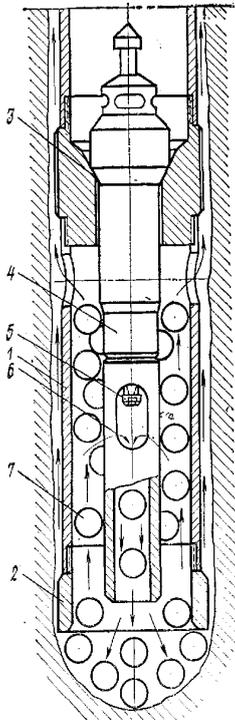


Figure 1.3 - Pellet impact drill bit device with mechanical weapons of blade type:

1 - body, 2 - rock-breaking support shoe; 3 - socket;

4 - jet device, 5 - nozzle;

6 - mixing chamber with windows; 7 – pellet

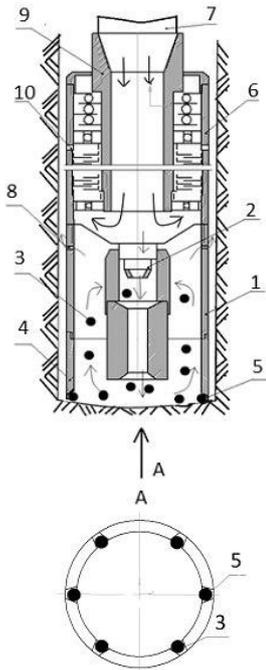


Figure 1.4 - Pellet impact drill bit device with mechanical weapons of shot type:

1 - housing; 2 - jet device;

3 - rock-destroying pellets;

4 - rock-destroying ring;

5 - landing nests, 6 - turbine unit, 7 - drill pipe string,

10 – Holes

However, these designs have disadvantages associated with the combined destruction of the bottom hole: the wear of the projectile's mechanical weapons, the need for rotation and axial load, the complexity of controlling the drilling process.

To sum up, it should be noted that the analyzed structures of SHEBS are effective only for drilling in rocks of small and medium hardness. When designing the design of the SHEB for drilling in the intervals of solid and solid rock, the following requirements must be taken into account:

There should be no permanent contact between the drilling rig and the bottom of the well, i.e. Drilling shells with paws, support and support shoe are irrational;

It is necessary to avoid the rotation of the drilling tool, as well as creating an axial load, which complicates the drilling process;

It is desirable that the design is based on a jet apparatus with a nozzle and a cylindrical mixing chamber with their successive axial arrangement;

The mixing chamber of the drilling tool must end with a diffuser, the use of which will allow the pellet to more intensively destroy the peripheral part of the bottom of the well, thereby maintaining the minimum distance between the bit and the bottom, which will increase the efficiency of pellet drilling;

It is necessary to use a delay device, which allows to remove restrictions on the flow rate of the washing liquid, the value of which will be high for optimal destruction of hard and strong rocks;

During drilling, it is necessary to control the maintenance of the optimum distance between the bit and the bottom and the required borehole diameter;

In the design of the drilling tool should be provided for the possibility of replacing worn pellet with new during the voyage;

The design of the drilling tool should be distinguished by the simplicity of the device and operation.

Taking into account the above requirements, the well drilling department at Tomsk Polytechnic University has developed the design of ejector pellet impact drill bit rig (Figure 1.5) without the need for permanent contact of its parts with the well

bottom. The proposed construction includes a conical shaped stopper 3 that allows to remove restrictions on the flow rate of the washing liquid and to direct the pellet directly to the suction chamber 4. For better development of the well, the drill string ends with a diffuser 6 for the diameter.

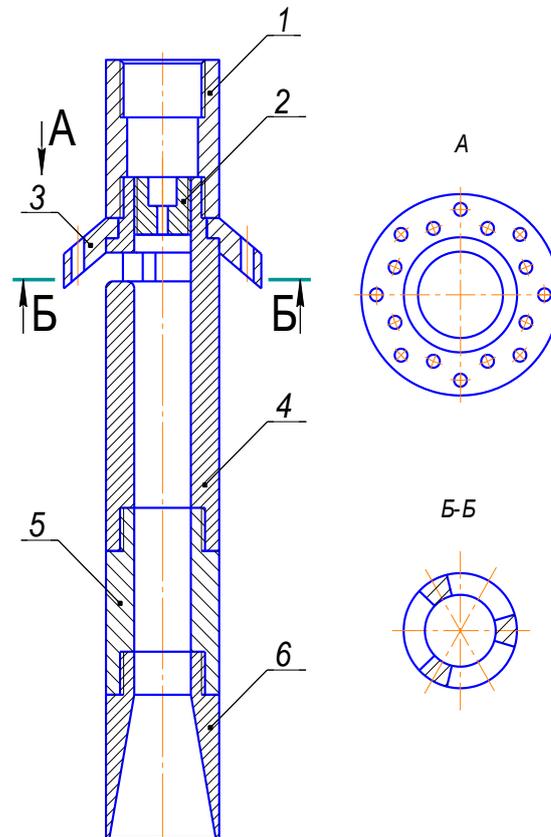


Figure 1.5 - Ejector pellet impact drill bit

1 – discharge sub; 2 – nozzle, 3 – arrester; 4 – inlet chamber;

5 – mixing chamber; 6 – diffuser

## 1.2. Analysis of technical means for pellet drilling

The most important link in pellet impact drill bit is directly the pellet-jet device itself, since it implements the interaction of the pellet with the rock at the bottom, creating the necessary conditions and transferring the necessary energy for the circulation of pallet and for the destruction of the rock. In the process of research, a considerable number of prospecting works were been carried out, and various

designs of pellet impact drill bit projectiles were been analyzed, which made it possible to identify the following problems:

1. the most serious problem is the formation of a peripheral

Parts of the bottom hole, because it has a concave shape.

2. It is known that for the effective destruction of rock drilling, the projectile must be located at a certain distance from the bottom of the well. Therefore, there is a problem of maintaining the optimal distance between the bit and the bottom.

3. When the projectile is operating, there is a problem of ensuring an optimal

The trajectory of pellet motion, which would ensure their rapid rise in the annulus, rapid passage through the inlet windows and effective destruction of rocks.

Since the discovery of the method, various scientists have conducted experimental design work to improve pellet impact drill bit devices.

Methods of solving the problem of forming the peripheral part of the bottom hole were been proposed in a number of domestic and foreign patents. Among them, one can single out the following ways of destruction of the peripheral part of the bottom hole:

Impacts of pallet emitted from the jet apparatus located parallel to the borehole axis and at an angle;

- Mechanical weapons of the blade and shot types.

Uvakov A.B. on the territory of the Kazakh SSR used the following method during the field tests to maintain the optimum distance from the pellet impact drill bit to the bottom of the well. The average mechanical rate of penetration in certain rocks was calculated, then after every equal time the pellet impact drill bit device fell by a certain amount (for example, every 2 minutes per 1 cm). However, the use of this method of maintaining distance is questionable in the following cases:

- Small geological study of the rock;
- When drilling wells at great depths.

Other ways to solve this problem were been proposed in patent and other materials:

- Use of a special device for measuring distance

From the cutoff of the jet apparatus to the bottom of the well, made on the basis of a mechanical probe and the counter of the number of pellet passing through the mixing chamber;

- Rigid fixing of the jet device in relation to

Mechanical weapons that destroy the peripheral and central parts of the bottom hole;

- Various design features based on

Changes in hydrodynamic conditions with a change in the distance between the bit and the face ;

- use in the construction of the bit rolling on the face

The supporting element.

The search and analysis of patent materials made it possible to identify a number of possible ways of solving the problem of ensuring the optimal trajectory of pellet motion:

- the installation of a magnet in the lower part of the housing of the jet device, which allows to deflect pellet flying out from the diffuser to the periphery of the well for faster lift;
- a sharp decrease in the area of the projectile above the inlet windows, which

Allows significantly reducing the rate of the ascending flow and directing the pellet into the mixing chamber for subsequent absorption;

- keeping the ascending pellet rising when

Aid of the delay device and constructively in the shell of the projectile;

- Raising the pellet with steam when using gaseous workers agents .

The drilling process is been accompanied by constant wear of the pellet impact drill bit projectile, which interacts with the pellet, and wears the pellet themselves, which carry out the process of rock destruction. Figure 1.3 shows the most highly prone to wear parts of pellet impact drill bit projectiles.

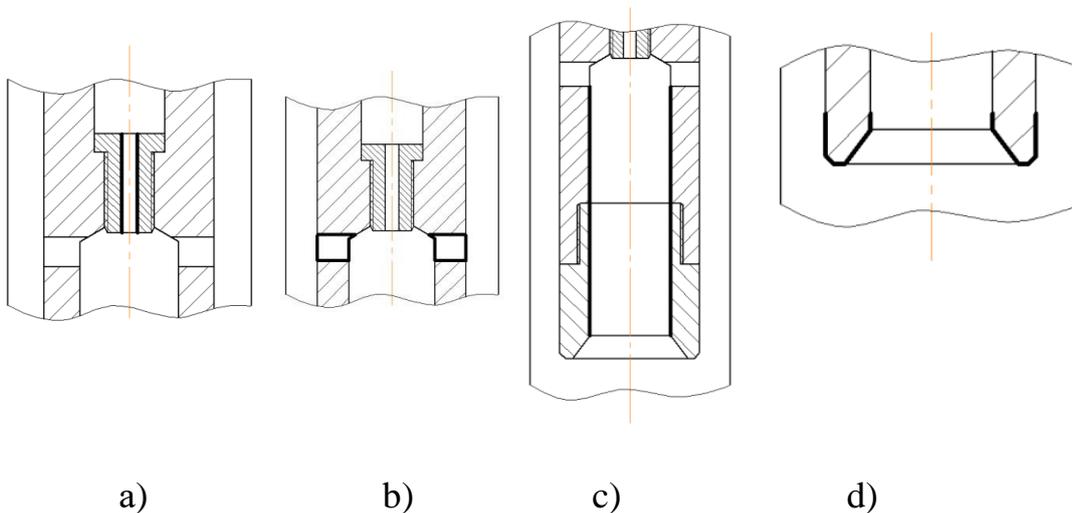


Figure 1.3 - The most frequently worn parts of a projectile  
(shown bold line):

A is the primary nozzle; B - inlet windows; C - mixing chamber; D - outlet end of the diffuser

In this case, strong wear of the primary nozzle is possible due to abrasive action of the drilling mud, wear of the suction windows due to interaction with pellet and sludge, mixing chamber due to cavitation erosion, outlet end of the diffuser due to bouncing pallet from the bottom of the well. Therefore, it is urgent to develop measures to reduce the wear of the projectile. If the wear of the projectile is unavoidable, a technical solution can be used that allows changing the jet apparatus

without lifting the drill pipes by means of an overshot overhang, and by combining the descending overshoot and turning on backwashing .

The problem of pellet wear can be solved by using pellet made of carbide materials with high wear resistance. In addition, an important point in reducing the wear of the rock destruction elements is the optimization of their movement in the bottom hole part of the well. It should be noted that the process of wear of pellet during drilling is inevitable and to support efficient drilling. It is necessary to feed new pellet in place of worn ones. However, there is still no technical solution to this problem.

When mechanical weapons are used to destroy the peripheral part of the bottom of the well, its junctions are possible, which can be eliminated or prevented by the possibility of deflecting the mixing chamber when a certain value of the axial load is created. Since at great depths there is a difficulty in maintaining the cylindrical shape of the well, the drill string arrangement can be equipped with a calibrator for working the walls of the borehole.

A number of factors determines the effectiveness of pellet drilling, so the change in drilling conditions (for example, the transition from drilling one rock to another) should be accompanied by a corresponding adjustment of the projectile without carrying out tripping operations. Therefore, there is a development of automation and control equipment for the deepening of the well.

It is known that the drilling process by pellet impact drill bit method consists of several definite successive stages: 1) descent into the well of pellet; 2) descent into the well of the pellet impact drill bit device; 3) the drilling process; 4) lifting the device from the well; 5) extraction of pellet from the face. In, information is provided on field testing. According to these data, two methods of shipping pellet to the bottom of the well were tested. The first is to deliver the pellet in paper bags that were been dropped into the well. After turning on the mud supply and starting the drilling process, these bags soften, pellet are been poured out of them and the bags

are carried to the surface. The second method consists in lowering into the well a special container, which is a core tube narrowed in the lower part and clogged. This container descends on the drill pipes, after the pump is been turned on, under pressure of the fluid, the pellet push the clay and move to the bottom of the well, and the container is been removed to the surface. For the extraction of pellet from the bottom of the well, pellet collectors of various designs are been used, descending to the face after removing the bit from the well. High labor intensity, low reliability and significant time losses for downhole operations in performing these operations require detailed analysis, study and improvement of pellet impact drill bit technology. Therefore, for example, it is possible to develop a device capable of lowering the drill with pellet to the bottom of the well, and lifting the pellet from the bottom of the well with the projectile after the end of the voyage without additional descent of the pellet catch.

Sharing blasting can also been used for geological exploration drilling. Therefore, the technical solutions for core selection are known. Also, the scope of this drilling method is expanded by using it as a borehole expander. In addition, there are known designs of a hydraulic jet drill for drilling loose rock in hydraulic production , a pellet impact drill bit projectile with a heater for drilling in frozen rocks .

On the basis of the foregoing, the further development of pellet drilling is possible through the development of technical facilities that provide:

- Optimal trajectory of pellet motion in the bottom hole zone;
- Effective destruction of the peripheral part of the bottom hole;
- Ability to control the process of whole deepening and monitoring downhole processes;
- Maintain the optimal distance between the bit and the bottom of the well;

- Possibility to control the pellet device without interrupting the drilling process and performing additional tripping operations;

- Recharge of worn pellet with new ones during drilling;

- Core sampling and use for geological exploration drilling;

- launching pe

llet into the face and lifting pellet from the face without lifting the drill pipes;

- Well bore from the surface, etc.