

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

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка технологии модификации эластомера ИРП-1226 с целью увеличения межремонтного срока винтового забойного двигателя

УДК 622.243.92.05-036.074

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Сергеев Александр Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хорев Владимир Сергеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП

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

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

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Сергееву Анатолию Викторовичу

Тема работы:

Разработка технологии модификации эластомера ИРП-1226 с целью увеличения межремонтного срока винтового забойного двигателя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Определение оптимальных параметров упрочнения эластомеров. Применяемые компоненты для упрочнения: хлорид натрия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области; 2. Проведение экспериментальных исследований по разрушению полимеров в их водном растворе и в составе фильтрационной корки

	модельного бурового раствора; 3. Финансовый менеджмент; 4. Социальная ответственность; 5. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык; 6. Выводы по работе.
Перечень графического материала	Необходимость в графических материалах отсутствует

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Ассистент, Макашева Юлия Сергеевна
Социальная ответственность	Ассистент, к.т.н., Задорожная Татьяна Анатольевна
Разделы, выполненные на иностранном языке	Доцент, к.ф.н., Стрельникова Анна Борисовна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Какие гидравлические забойные двигатели используются при бурении на нефть и газ?

What are positive displacement mud motors in drilling for oil and gas?

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хорев Владимир Сергеевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Сергеев Анатолий Викторович		

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

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

Форма представления работы:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Выполнение литературного обзора</i>	50
	<i>Проведение лабораторных исследований</i>	40
	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хорев Владимир Сергеевич.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Сергееву Анатолию Викторовичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление	«Нефтегазовое дело»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	<p><i>Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта (НТИ)</i></p> <p><i>1. Материальные затраты НТИ</i></p> <p><i>2. Основная заработная плата исполнителей темы</i></p> <p><i>3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы</i></p> <p><i>4. Отчисления на социальные нужды</i></p> <p><i>5. Накладные расходы</i></p> <p><i>6. Бюджет научно – технического исследования</i></p>
------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<p>1. <i>Календарный график проведения НТИ</i></p> <p>2. <i>Бюджет проекта</i></p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Сергеев Анатолий Викторович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Сергееву Анатолию Викторовичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	магистратура	Направление	«Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объектом исследования является эластомер винтового забойного двигателя, областью применения которого является бурение и капитальный ремонт скважин.</i></p> <p><i>В качестве исследуемого вещества принят раствор натрий хлор NaCl. С его помощью происходит обработка резиновой обкладки ВЗД для улучшения прочностных характеристик резины и вследствие на ресурс оборудования в целом.</i></p> <p><i>В качестве рабочей зоны используется лаборатория кафедры бурения нефтяных и газовых скважин.</i></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования:</p> <p>1.2. Анализ выявленных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований:</p> <p>1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных и опасных факторов</p>	<p><i>Проведен анализ рабочей зоны, по результатам которого выявлены следующие вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – пониженная влажность воздуха; – температура воздуха в лаборатории; – отсутствие или недостаток естественного света; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – загазованность воздуха рабочей среды; – повышенная температура поверхности оборудования. <p><i>В качестве опасных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – химические (раздражающие и токсические); – электрический ток. <p><i>Рассмотреть источники опасностей, воздействие на человека, нормирование, мероприятия по защите от данных факторов.</i></p>
<p>2. Экологическая безопасность</p> <p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.</p> <p>2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.</p> <p>2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>	<p><i>Влияние объекта исследования на окружающую среду:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – химические отходы резины ИРП-1226 определяются как вторичные ресурсы и не могут нанести вред окружающей среде. – применяемое в работе химическое соединение хлорид натрия, из-за небольшого количества, находящегося в лаборатории, превышение предельно-допустимых концентраций не возникает. – утилизация отработанного раствора может происходить путем слива в

	<p>канализацию т.к. не образует других соединений и ПДК содержания их в воде не будет превышена.</p> <p>Влияние процесса исследования на окружающую среду выражены загрязнением буровым раствором и различными флюидами, попадающими во время бурения в необсаженный ствол скважины, попадание газа в воздушную среду, оказывающее негативное влияние на атмосферу, загрязнением земляного покрова в месте слива шлама и в области устья скважины.</p> <p>Рассмотреть влияние вышеописанных факторов на окружающую среду и предложить возможные мероприятия и средства защиты окружающей среды от данных факторов.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования.</p> <p>3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.</p> <p>3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС.</p>	<p>В качестве наиболее распространенной ЧС в лаборатории рассмотрен пожар. Необходимо описать возможные причины данной ЧС, рассмотреть мероприятия по предотвращению ЧС и составить план действий на случай, если ЧС уже случилась</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>4.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.</p> <p>4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователей</p>	<p>Рассмотреть нормы охраны труда для работника лаборатории, а также нормы по компоновке рабочего места в лаборатории.</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Сергеев Анатолий Викторович		

Реферат

Магистерская диссертация содержит 90 страниц, 24 рисунков, 18 таблиц, 48 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: винтовой забойный двигатель, ротор, статор, эластомер, упрочнение, износостойкость.

Объектом исследования является эластомер ВЗД, который является одним из основных элементов рабочей пары винтового забойного двигателя.

Цель работы – разработка оптимальной методики упрочнения эластомера ВЗД.

Задачи:

- определить оптимальное время выдержки образцов резины ИРП-1226 в растворе натрий хлор;

- определить оптимальную температуру обработки образцов резины ИРП-1226 в растворе натрий хлор.

В данной магистерской диссертации были проведены испытания резины ИРП-1226, используемой в винтовых забойных двигателях, с различной степенью обработки. Также рассмотрены основные факторы, приводящие к выходу из строя винтового забойного двигателя. Изучены известные методы борьбы с износом эластомера ВЗД. Описана методика проводимых исследований. Представлены результаты проведенных экспериментов, направленные на износ образцов резины ИРП-1226.

Оглавление

Введение

1	Литературный обзор	14
1.1	История создания винтовых забойных двигателей	14
1.2	Устройство и принцип работы винтового забойного двигателя.....	20
1.3	Основные неисправности ВЗД	25
1.4	Классификация износа эластомера	28
1.5	Способы борьбы с износом эластомера.....	30
2	Экспериментальная часть.....	36
2.1.	Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера..	37
2.2.	Методика проведения экспериментальных исследований	40
2.3	Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение	42
2.1.3	Описание эксперимента на износ резанием.....	42
2.3.2	Описание эксперимента на износ трением	45
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	48
3.2	Расчет затрат на специальное оборудование и компоненты для проведения научных исследования и экспериментальных работ.....	49
3.3	Затраты по основной заработной плате	50
3.4	Затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа	53
3.5	Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды	54
3.6	Накладные расходы.....	55
3.7	Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	55
4	Социальная ответственность	57
4.1	Производственная безопасность	58
4.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, создаваемых объектом исследования	58
4.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, возникающих в лабораторном помещении при проведении исследований.....	58
4.1.3	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	63

4.2 Экологическая безопасность.....	64
4.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	64
4.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	65
4.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	65
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
4.3.1 Анализ вероятных ЧС, инициируемых объектом исследования	66
4.3.2 Анализ вероятных ЧС, возникающих в лаборатории при проведении исследований	67
4.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	67
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны исследователя	69
4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	71
Заключение	73
Список используемых источников.....	74
Приложение А	79
Приложение Б.....	80
Приложение В.....	81

Введение

Одну из лидирующих позиций в строительстве нефтяных и газовых скважин заслуженно заняли винтовые забойные двигатели (ВЗД). Объемы бурения ВЗД в отдельных регионах России достигают отметки в 75% и почти всегда используются при капитальном ремонте скважин. Это объясняется рядом эксплуатационных характеристик двигателей:

- эффективная отработка долот благодаря оптимальным кинематическим характеристикам;
- небольшие осевые габариты что позволяет применять ВЗД при строительстве наклонно направленных и горизонтальных скважин;
- простота сборки и ремонта.

Однако среди всех достоинств винтовых забойных двигателей имеется и существенный недостаток – быстрый износ резиновой обкладки статора в рабочей паре «ротор-статор».

Актуальность темы. Вслед за развитием современных технологий бурения, возрастают требования, предъявляемые к повышению износостойкости и надежности бурового оборудования. Около 50% всех неисправностей винтовых забойных двигателей связано с износом рабочих органов, состоящих из рабочей пары трения «резина-металл».

Целью данной работы является определение оптимальных параметров (время и температура) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия для максимального упрочнения и увеличения межремонтного срока службы.

Объектом исследования – эластомер ВЗД, который является одним из основных элементов рабочей пары винтового забойного двигателя.

Предметом исследования является анализ износостойкости резины ИРП-1226.

1 Литературный обзор

1.1 История создания винтовых забойных двигателей

Турбинный способ бурения получил широкое распространение благодаря ускоренному разбуриванию нефтегазоносных площадей Урало-Поволжья и Западной Сибири. Данное развитие способствовало получению высоких темпов роста добычи нефти и газа. Однако средний показатель проходки за рейс эксплуатационного бурения отставал от показателей нефтяной промышленности в США.

Значительное отставание было связано с неэффективным использованием шарошечных долот, так как использование многоступенчатых турбобуров не позволяло задать частоты вращения ниже 400-500 оборотов в минуту. Вследствие этого возник вопрос о создании низкооборотных двигателей, способных работать в оптимальном диапазоне частот вращения. Для усовершенствованных шарошечных долот этот показатель был в пределах 40-80 об/мин в твердых горных породах и 120-200 об/мин в мягких.

Перед отечественной нефтяной промышленностью возник вопрос: переход к роторному бурению или создание низкооборотных забойных двигателей [1,2,3].

В некоторых районах СССР, таких как Северный Кавказ, Западная Украина и др., роторное бурение достигла определённых успехов. Все же к развитию данного способа бурения по техническим, экономическим и психологическим причинам не была готова к развитию. Из-за отсутствия бурильных труб, буровых установок соответствующим высокому техническому уровню, а также вследствие государственной поддержки турбинного бурения, роторное бурение отставало от мирового уровня [1,2].

В отсутствие необходимых средств для строительства новых заводов и эксплуатационных баз или поставщиков из-за рубежа новых технологий сделало невозможным переход на роторный способ бурения, так как темпы развития отрасли снизились бы во много раз. Так, на базе низкооборотных забойных двигателей, был определён доминирующий способ бурения.

Большинство работ данного направления было сосредоточено в одной организации - ВНИИ буровой техники (ВНИИБТ) и проводились по пяти программам:

- супермногоступенчатые многосекционные турбобуры (до 6-8 секций), содержащие в одном агрегате до 800 ступеней числом ступеней;
- турбобуры с разнообразными системами для регулирования частоты вращения вала;
- редукторные электробуры;
- объемные гидравлические машины;
- редукторные турбобуры.

Переход от турбобуров к объемным забойным двигателям был наиболее эффективным решением проблемы создания забойного гидравлического двигателя с характеристиками, которые будут отвечать требованиям новых конструкций долот [1].

Стремление применять известных в общем машиностроении типов объемных гидромашин в бурение скважин прослеживались в технической и патентной литературе, начиная с 30-х годов. Это объясняется превосходством объемного привода над динамическим и, самое важное, более высоким КПД объемных гидравлических двигателей и простотой регулирования скорости вращения выходного вала, а также возможностью контролировать нагрузку на двигатель по перепаду давления.

Опираясь из уровень развития техники, применительно к вращательному способу бурения, за последние годы наибольшее внимание специалистов привлекли роторные гидромашинны.

Анализ технической и патентной литературы доказывает, что практически все виды роторных гидромашин проходили испытание в качестве забойных двигателей в бурение скважин.

Еще в 1932 г. Г.А. Любимовым была предложена конструкция ротационного объемного двигателя, рабочим органом которого являлись цилиндрический статор и ротор с выдвигаемыми лопатками. После первых

испытаний выявилась недостаточная долговечность двигателя, и работы были прекращены. В том же направлении вели разработки отечественные инженеры Х.А. Асфандияров, П.Н. Григорьев, Р.Т. Закиров, Т.З. Налбандов, Г.О. Скловский и другие, а за рубежом Е. Garrison, Н. McDonald. Однако в бурении скважин ни одна из известных схем объёмных двигателей промышленного применения не нашла [1].

Первым из работоспособных образцов, нашедших промышленное применение, стал гидравлический двигатель, представляющий из себя обращенный насос Муано, который относился к планетарно-роторному типу гидромашин. Впервые принципиальную возможность применения в бурении одновинтовых двигателей обосновали в 1939 г. Т. Hudson и W. Gerber. Позднее W. Clark запатентовал конструкцию, которая явилась прототипом двигателя «Dyna Drill» фирмы «Smith Tool».

В нашей стране в это же время независимо от разработок "Smith Tool" лабораторные испытания моделей одновинтовых двигателей в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте проводил Д. Д. Саввин.

В 60-70 годах практически одновременно и в США, и в СССР началась разработка экспериментальных образцов винтовых забойных двигателей.

Американские специалисты фирмы R. Moineau (1887-1948 гг.) - французский инженер, изобретатель пневматических и одновинтовых гидравлических машин.

«Smith Tool» разработали двигатели для наклонно-направленного бурения как замену турбобурам. В нашей же стране, где турбинный способ бурения был основным, гидравлические двигатели служили техническим средством, используемым для привода низкооборотных долот. Длительные исследовательские работы во ВНИИБТ по усовершенствованию ГЗД дали определённые результаты и в 1966 г. привели к появлению предложенного С.С. Никомаровым, Н.Д. Деркачем, М.Т. Гусманом, Ю.В. Захаровым и В.Н. Меньшениным новейшего типа ВЗД, в котором рабочие органы впервые в мире

были созданы на базе многозаходного винтового героторного механизма (ВГМ), который выполнял функцию планетарного редуктора.

В 70-ых годах во ВНИИБТ, а также в его филиале в Перми Ю.В. Вадецким, Д.Ф. Балденко, Д.М. Кочиевым, Ю.В. Захаровым, С.С. Никомаровым, М.Т. Гусманом были выдвинуты основы рабочего процесса, технологии изготовления и конструирования, а также технология применяемая при бурение винтовыми двигателями.

Вопросам конструирования, испытания и внедрения ВЗД посвятили свою деятельность сотрудники Московского и региональных подразделений ВНИИБТ П.И. Астафьев, Н.П. Безлепкин, М.Г. Бобров, А.В. Власов, В.В. Голдобин, У.А. Гюлизадс, В.А. Каплун, Ю.А. Коротаев, Л.П. Медведева, П.Ф. Мутовкин, Ю.Ф. Потапов, Ю.М. Сарапулов, В.И. Семенец, В.А. Хабецкая, А.В. Цепкое, Т.Н. Чернова, В.А. Щелканоков, Н.Д. Щербюк и другие.

Отечественные инженеры и научные работники не только предложили оригинальную схему рабочих органов, но и разработали на уровне изобретений новые конструкции двигателей и отдельных узлов, получив около 100 авторских свидетельств, 12 из которых были запатентованы за рубежом.

Признанием приоритета советских разработок была продажа в 80-е годы лицензий компании «Drilex», впоследствии превратившейся в одну из ведущих транснациональных компаний по использованию и производству ВЗД. В дополнение к лицензионному соглашению фирме «Drilex» было продано 28 двигателей диаметром 172-240 мм и организовано демонстрационное бурение отечественными двигателями в важнейших нефтяных регионах мира.

Результаты бурения получили большой резонанс в деловом мире и печати. Так, популярный журнал из Америки «Ocean Industry» в номере за июнь 1982 г. разместил редакционную статью, где отмечалось, что «обобщенные показатели в бурение новым советским объемным двигателем, полученные на первых этапах, превзошли все возможные ожидания».

В первые годы зарубежными фирмами поставлялись лишь высокооборотные двигатели для выполнения специальных работ в интервалах набора кривизны и при корректировке направления ствола [1].

В 80-90-е гг., учитывая положительный опыт эксплуатации винтовых забойных двигателей и развитие технологии бурения наклонно направленных и горизонтальных скважин, а также эффективность использования ВЗД при выполнении ремонтно-восстановительных и специальных работ, многие зарубежные фирмы стали специализироваться на выпуске ВЗД различного назначения.

В последние годы наблюдается исключительно высокий рост парка ВЗД числа машиностроительных и сервисных компаний, занятых их проектированием, изготовлением и эксплуатацией. По официальным данным, в 1998 г. в мире насчитывалось не менее 22 таких компаний, причем более половины из них образованы в 90-е годы. Следует подчеркнуть, что в последние годы почти все компании - производители ВЗД стали активно использовать винтовые многозаходные рабочие органы, которые были впервые запатентованы в России в 1966-1979 годы. К этому времени срок действия многих наших патентов, защищающих конструкцию многозаходных двигателей, уже истек и западные компании были свободны от правовых и финансовых обязательств.

В 1998-2001 годах ВЗД стали активно применяться при бурении наклонно-направленных и вертикальных скважин в следующих российских компаниях: «Лукойл-Пермь» (43 % общей проходки), «Удмуртнефть» (40 %), «Татнефть» (37 %), «Башнефть» (25 %), «Сургутнефтегаз» (24 %).

В течение пяти лет в «Сургутнефтегаз» (1997-2001 гг.) винтовыми двигателями было пробурено более 1,8 млн. метров горных пород. В 1997 г. ВЗД было пробурено 191 560 м, а в 2001 г - 534 275 м. Это говорит о значительно улучшенных технических и технологических характеристиках ВЗД [1,4].

В 90-х годах более 20 крупнейших иностранных компаний, после завершения сроков действия лицензионных соглашений, начали

крупномасштабное производство многозаходных ВЗД, ставших основным способом бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин.

Внедрение новых отечественных забойных винтовых двигателей серии ДО-106 и ДР-106 и развитие технологий бурения вторых стволов способствовало значительному росту объемов бурения боковых стволов. Так в ОАО «Сургутнефтегаз» за 4 года с 1997 до 2001 года было пробурено 238 боковых стволов из обсадных колонн, нефтяная компания «Башнефть» с 1991 по 2001 годы пробурила около 60 горизонтальных скважин, в ОАО «Удмуртнефть» - более 70.

Необходимо отметить, что процент пробуренных скважин с применением данных двигателей увеличивался с каждым годом. Это объясняется как важнейшими эксплуатационными преимуществами двигателей, так и объективными предпочтительными факторами, такими как появление на рынке бурения новых технологий буровых работ и нового поколения низкооборотных шарошечных долот.

В период с 1980 по 2007 гг. в области совершенствования техники и технологии ВЗД запатентовано более 100 конструкторских и технических решений.

Машиностроительные и сервисные предприятия продолжают работать над улучшением конструкций двигателей и поиском инновационных решений, развивают производственные процессы для их изготовления, попутно развивая технологии бурения с использованием винтового забойного двигателя.

Несмотря на всё многообразие размеров и типов зарубежных ВЗД, практически все их силовые секции изготавливаются несколькими специализированными предприятиями, среди наибольшую известность имеют Robbins & Myers, PCM, PV Fluid Roper Pumps.

Относительно небольшая металлоемкость и простая, по сравнению с поршневыми двигателями, конструкция этих машин явились важными факторами, благодаря которым их широко используют в современной технике.

Благодаря перечисленным особенностям можно отметить, что ВЗД по праву являются фактически незаменимым типом объемных гидравлических машин, относительно долговечных даже при применении рабочих жидкостей, которые содержат твердую фазу и не обладают специальными смазывающими свойствами. Достигается это за счет особенностей конструктивного исполнения и принципа действия и силовой секции двигателя.

1.2 Устройство и принцип работы винтового забойного двигателя

Характеризуются объёмные гидравлические двигатели по трём основным признакам:

- наличие рабочих камер, периодически сообщающихся с входом или выходом машины, при этом жидкость должна заполнять каждую камеру или выталкиваться из нее;
- смена давления в рабочей камере от начального до конечного последовательно, за счёт изменения объема камеры или скачкообразно за счёт того, что камера находится в сообщении с выходом;
- незначительная зависимость усилий на рабочих органах двигателя от скорости передвижения жидкости в камерах [1,2].

Наличие щелевых уплотнений и развитых поверхностей трения является характерным для роторных гидромашин, поэтому большая их часть работает используя жидкости свободные от механических примесей, т.е. с хорошей смазывающей способностью.

Общий вид винтового забойного двигателя показан на рисунке 1[5].

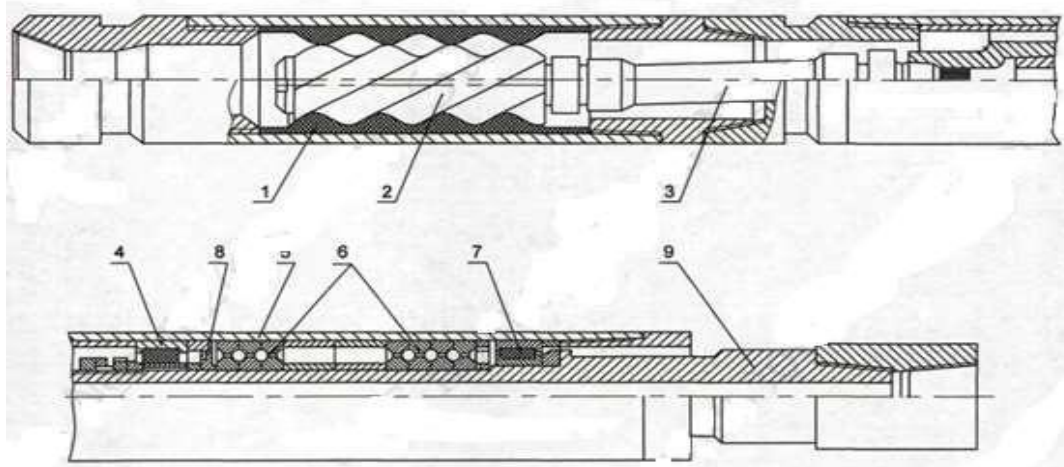


Рисунок 1 – Типовая конструкция винтового забойного двигателя. 1 – статор; 2 – ротор; 3 – шарнирное соединение; 4,7- радиальные опоры; 5 – корпус шпинделя; 6 – осевая опора; 8 – торцевое уплотнение; 9 – вал шпинделя.

Согласно общей теории винтовых роторных гидравлических машин, считается, что элементами рабочих органов (РО) являются:

- статор двигателя с полостями, которые примыкают по концам к камерам высокого давления и камерам низкого давления;
- ротор - винт, носит название ведущего, с его помощью крутящий момент передается исполнительному механизму;
- замыкатели - винты, носят название ведомых, их назначение состоит в том, чтоб уплотнять двигатель то есть не давать жидкости переливаться из камеры с высоким давлением в камеру с низким давлением.

В одновинтовых гидромашинах используют такие механизмы, замыкатель в которых образуется всего лишь двумя деталями, которые находятся в постоянном взаимодействии – ротором и статором [6,3].

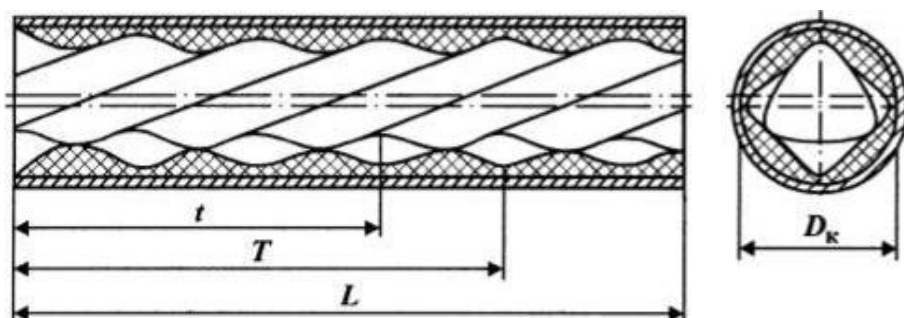


Рисунок 2 – Рабочие органы ВЗД на поперечном и продольном разрезах

При циркуляции жидкости по рабочим органам (РО) под действием скачков давления на роторе двигателя образуется крутящий момент, при этом взаимозамыкающиеся винтовые поверхности рабочих органов (РО), разобщают область высокого и низкого давления. Таким образом, принцип действия винтовых двигателей аналогичен поршневым, которые имеют винтообразный поршень, который непрерывно перемещается в цилиндре по длине оси двигателя.

Кратность действия является основным параметром ВЗД, что наглядно иллюстрируется теоретическими кривыми (показано на рисунке 3), полученными во ВНИИБТ в 1972 г. и в дальнейшем повсеместно используемыми при обоснованиях выбора рабочего органа ВЗД.

Теоретические кривые (показано на рисунке 3), с помощью которых ещё в 1972 году была наглядно проиллюстрирована кратность действия, как основной параметр ВЗД, и в наше время используются для обоснования РО ВЗД.

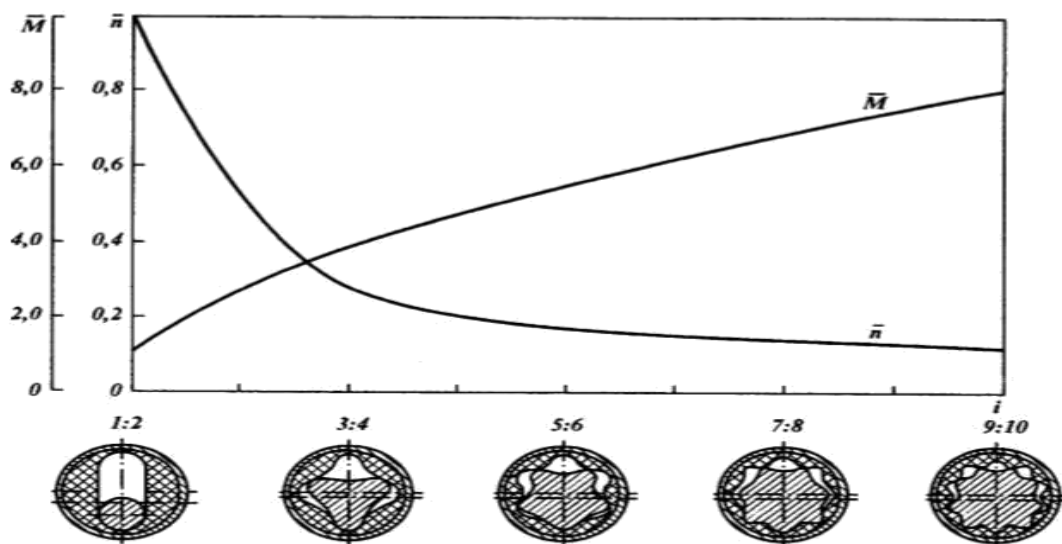


Рисунок 3 – Зависимость частоты и момента вращения ВЗД от кинематического отношения рабочих элементов

Любой забойный двигатель состоит из четырех основных частей:

- Узел перепускного клапана

- Секция преобразования энергии потока раствора
- Узел соединения вала двигателя с валом шпинделя
- Подшипники и узел приводного вала

Узел перепускного клапана способствует заполнению колонны или опустошению ее при СПО. Если установить скорость потока на минимальном значении, то клапанный поршень придавливается вниз, тем самым выход в затрубное пространство перекрывается. Таким образом раствор попадает в мотор. При скорости потока меньше этого минимального показателя, пружина переводит поршень клапана в положение «открыто», тем самым открывая перепускное отверстие. Что бы избежать попадания из-за трубного пространства твёрдой фазы (в основном в виде песчаных формациях), для этого переводник с клапаном ставятся очень близко к двигателю, на столько близко, на сколько это возможно.

Секция преобразования энергии потока раствора. ВЗД - по своему действию обратный насосу Мойни. Прокачка жидкости через кривые протяжённые поверхности. Движущая сила жидкости придаёт валу вращение внутри статора. Затем вращательная сила переходит через шарнир к приводному валу, а от него к долоту.

Сам двигатель может продолжать работу и при отсутствие этого клапана. Он может быть установлен при помощи переводника с таким же размером соединений, как и у двигателя, с полным закрытием перепускного отверстия. Но всё же предпочтение отдается применению клапана, так как его использование позволяет колонне наполняться при спуске и осушаться при подъёме.

Узел шарнира (соединительная тяга). Данный узел служит для соединения с нижней частью ротора, а также для передачи крутящего момента и скорости вращения с ротора на приводной вал и на долото. Такие соединения позволяют преобразовать эксцентричное движение ротора в концентричное движение приводного вала. В определённых моделях таких двигателей

используют резиновую защиту для того что бы закрыть подвижные соединения. Это не даёт буровому раствору совершать эрозию.

Узел приводного вала и подшипники. Приводной вал представляет из себя жесткий, стальной, пустотелый элемент. Он закрепляется в обоймах осевых и радиальных опорных подшипников.

Большая часть жидкости протекает непосредственно через центр вала до долота. Обычно винтовой забойный двигатель включает в себя следующие подшипниковые узлы:

А) Верхние опорные подшипники противостоят гидравлической нагрузке, весу долота, приводного вала, шатуна и ротора, в тот момент, когда двигатель находится в подвешенном положении (без упора в дно забоя). Чаще всего они являются шариковыми.

Б) Радиальные подшипники - втулочного типа, нашли применение и в нижней, и в верхней частях. Радиальные подшипники, которые выпускаются Анадриллом, на выходе являются втулками покрытыми карбидом вольфрамом. Они отвечают за нахождение вала в радиальном направлении. Так же они отвечают за регулирование потока через подшипниковый узел, за счёт отклонения части потока (4-5%) на смазку и охлаждение вала, опорных и радиальных подшипников и переводя эту часть выше переводника долото/вал, напрямком в затрубное пространство. Количество данной части раствора определяется условиями смазки и потерей давления на долоте и охлаждения подшипников.

Смазывающиеся маслом, закрытые подшипники представляют собой альтернативу втулочным. Такие закрытые подшипники стоит использовать в случаях, когда имеет место быть применение раствора, который вызывает коррозию, при содержании в растворе значительного количества твёрдых частиц, а также в тех условиях, когда необходимо уменьшить потери давления на долоте.

В) Нижние опорные подшипники используют для того, чтобы передавать нагрузку от корпуса двигателя, который не вращается, на долото,

которое вращается. Эти опоры служат для принятия нагрузки при бурении. Бывают она как алмазные подшипники скольжения (Dyna - drill F2000S), так и шариковые (Анадрилл).

Вращающийся переводник долота – это единственная движущаяся часть двигателя, которая находится на его наружной части. Так же, в соответствие со стандартами API он имеет соединения долот. Что бы предотвратить повреждение резьбы дорогостоящего корпуса двигателя, на некоторые конструкции устанавливают предохраняющий переводник между пропускным клапаном и корпусом статора [7].

1.3 Основные неисправности ВЗД

К основным недостаткам отечественных винтовых забойных двигателей можно отнести невысокая стойкость при агрессивном воздействии среды скважины, ограниченный температурный предел эксплуатации, низкий моторесурс, сильное изменение рабочих характеристик в процессе его использования, высокая стоимость ремонтно-профилактических работ и их трудоёмкость.

В процессе использования ВЗД, из-за того, что происходит износ рабочей секции, значительно изменяется и его энергетическая характеристика. Сопровождаясь уменьшением рабочего перепада давления, это влечёт за собой снижение крутящего момента, следовательно снижает нагрузочную способность двигателя [8, 9, 6, 3]. Опыт использования ВЗД дал понять, что износ рабочих органов, в состав которых входит пара трения металл (ротор – статор) – резина, которые работают в режиме контактно-динамических циклических нагрузок, является главной причиной выхода двигателя из строя. Необходимость сохранения натяга в контакте поверхностей статора и ротора является основной конструктивной особенностью двигателя. Трение и изменение геометрических размеров трущихся друг об друга поверхностей, способствует к уменьшению натяга в паре и потере работоспособности гидромашины.

Многолетний опыт применения ВЗД для капитального ремонта скважин и бурения показал, что потеря работоспособности двигателя является следствием следующих причин [10,11]:

- изнашивание силовой секции;
- Отказ шарнирного соединения;
- Выход из строя шпинделя;
- Отказ по технологическим причинам (шламование РО, разъединение элементов силовой секции, отсоединение резьб на корпусе, выход из строя переливного клапана и т.д.);
- Аварийный отказ (вырыв эластомера, излом карданного и выходного валов и т.п.).

Статистический анализ причин отказов ВЗД показал, что около 49% случаев снижения работоспособности связано с износом рабочих органов двигателя.



Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма причин отказа ВЗД

Рабочие органы ВЗД в процессе его работы подвергаются различным видам изнашивания. Это такие виды износа, как фрикционный, усталостный,

гидроабразивный, а также рабочие узлы двигателя подвергаются эрозионному и коррозионно-механическому износу при воздействии давлений и температур, превышающих нормативные значения [12,13,14,15].

В таблице 1 представлены основные причины выхода из строя и ремонта ВЗД при наклонно-направленном бурении.

Таблица 1 – Основные причины ремонтных работ ВЗД [16].

Отказ	Причина
<p>Двигатель не приводится в действие, реактивный момент на роторе не присутствует, во время расхаживания колонны наблюдаются «посадки» и «затяжки» инструмента, при этом двигатель работает, стремительно падает движение на манифольде и также резко возрастает до тормозного [17].</p>	<p>1. долото заклинило или калибратор в суженом участке ствола, в круто искривленной части ствола и т.д. 2. на забое присутствуют посторонние металлические предметы [17];</p>
<p>Двигатель в скважине и не приводится в действие. Давление выше допустимого. Реактивный момент на роторе отсутствует.</p>	<p>1. двигатель зашламован (не проводились промежуточные промывки при спуске колонны); 2. разрушена обкладка статора под действием высокотемпературной температуры в следствие некачественного изготовления;</p>
<p>Падение скорости механической проходки, частые остановки двигателя, а также наблюдается возрастание давления [17].</p>	<p>1. чрезмерный износ силовой секции двигателя; 2. мощность и производительность буровых насосов недостаточна;</p>
<p>Снижение крутящего момента на выходном валу и уменьшение нагрузочной способности двигателя [18].</p>	<p>1. уменьшение радиального износа поверхностей рабочих органов [18];</p>
<p>Повышенная интенсивность износа ротора и статора [18];</p>	<p>1. запроектированная величина осевой нагрузки не соответствует, уменьшенному вследствие снижения радиального натяга, текущему</p>

	значению крутящего момента и выводит режим эксплуатации двигателя за пределы оптимального [18];
Снижение рабочего перепада давления, снижение величины крутящего момента, уменьшение нагрузки двигателя [19].	1. износ рабочей секции; 2. использование в качестве рабочей жидкости для ВЗД плохо очищенного или утяжеленного бурового раствора;

Анализ причин износа узлов ВЗД позволяет сделать вывод, что наибольшему износу подвержены рабочие органы двигателя, а в частности резиновая обкладка статора.

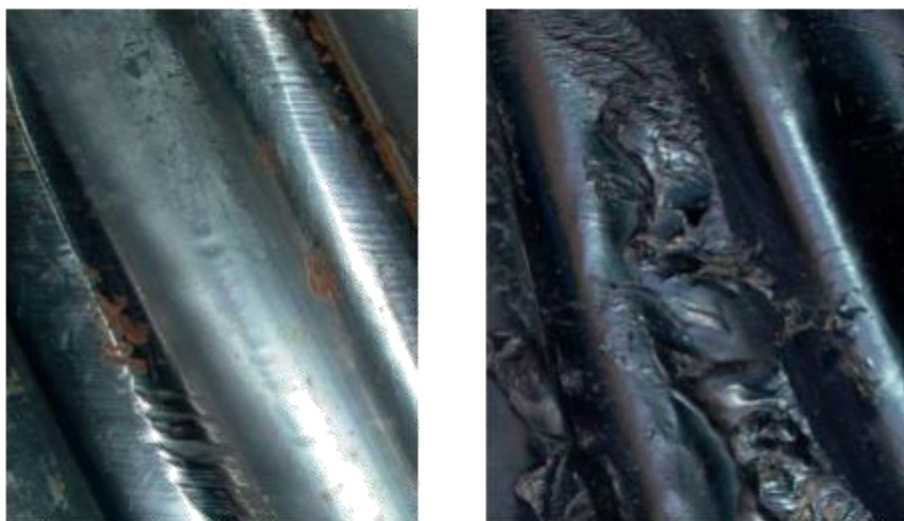


Рисунок 5 – Износ поверхностей ротора и статора винтового забойного двигателя: а – износ поверхности ротора; б – износ поверхности статора

1.4 Классификация износа эластомера

Повреждения резиновой обкладки статора приводят к катастрофическому снижению технических и энергетических характеристик ВЗД, в некоторых критических случаях вплоть до его полного выхода из строя.

Причинами износа эластомера являются:

- Перегрузка ВЗД крутящим моментом, следовательно, повышенный перепад давления бурового раствора в РО;
- Разрушение эластомера под воздействием высоких температур;
- Усталостное разрушение эластомера;
- Чрезмерный износ наружных поверхностей статора и ротора;
- Сильный натяг в рабочей паре;

В зависимости от условий конкретного взаимодействия в каждый момент цикла напряжения износ профиля зубьев резиновой обкладки статора различен и определяется с помощью показателей величины касательных напряжений. На профиле изношенного зуба резиновой обкладки статора можно отметить данные характерные точки [5]:

- точка, в которой происходит переход от режима трения качения к режиму трения скольжения;
- точка, в которой отмечается максимальная скорость скольжения;
- точка, в которой происходит переход к режиму качения.

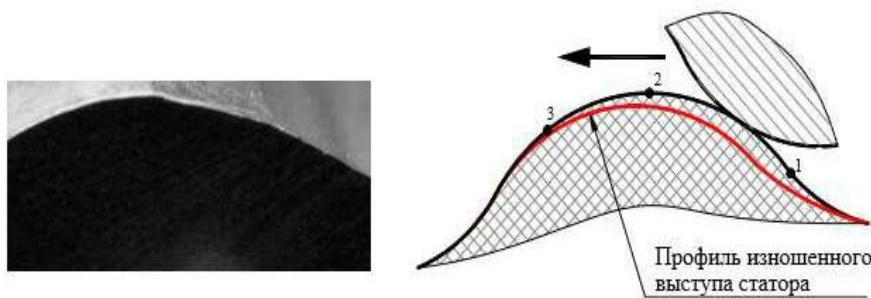


Рисунок 6 – Схема контактирования резинометаллического статора и выступов ротора

Износ резиновой обкладки статора происходит под действием двух видов изнашивания: усталостного и абразивного (гидроабразивного).

В зоне с максимальными касательными напряжениями наблюдается наибольший износ, который снижает натяг РО винтового забойного двигателя и изменяет профиль его зубьев.

Износ резиновой обкладки статора происходит под действием двух видов изнашивания: усталостного и абразивного (гидроабразивного).

Усталостный износ возникает в процессе многократного воздействия циклических нагрузений, которые приводят в условия контактного взаимодействия к неоднократному деформированию резинового элемента статора, которое вызывает в нем теплообразование, а также химические превращения в поверхностных слоях и дальнейшее его разрушение.

Абразивное изнашивание характеризуется содержанием в буровом растворе механических примесей, в частности песка. Изнашивание данного вида определяется царапанием наружного слоя рабочих органов острыми гранями абразива. Характерным признаком при этом является появление царапин. Необходимо отметить, что абразивный износ возрастает при возрастании твёрдости резины и снижение её эластичности [20].

Гидроабразивный износ определяется повышенной скоростью потока бурового раствора, который содержит механические примеси, в камерах и щелевых зазорах рабочих органов. При работе двигателя на утяжеленном буровом растворе этот процесс протекает наиболее интенсивно.

1.5 Способы борьбы с износом эластомера

Проблема разрушения эластомера ВЗД не нова, и разными учёными в разное время были предприняты попытки борьбы с его преждевременным износом и повышением надёжности и долговечности его рабочих органов.

Из последних и актуальных исследований в данной области, хотелось бы отметить следующие:

Исследование в области поиска альтернативных материалов для изготовления статора ВЗД, который отвечал бы высокой износостойкостью на комплексное негативное воздействие, создаваемое на него в процессе эксплуатации. Данное исследование было проведено научной группой НИТПУ г. Томска в лице И.Б. Кучкорова и А.В. Епихина. В ходе исследования был сделан вывод об актуальности разработки новых типов резин, специально

предназначенных для использования в буровом оборудовании, которые разрабатывались бы под эксплуатационные условия в конкретной промышленной отрасли и делились на следующие классы: теплостойкие, морозостойкие, маслобензостойкие, стойкие к действию химически агрессивных сред, магнитные, электропроводящие, огнестойкие, фрикционные, вакуумные, радиационные [21].

Также в ходе исследования был предложен перечень агентов, используемых при изготовлении различных типов резины, которые могут качественно улучшать её свойства и при правильном выборе концентрации позволят сильно увеличить эксплуатационные характеристики эластомеров:

Вулканизирующие вещества (агенты) принимают участие в образовании пространственно-сеточной структуры вулканизата. В качестве таких веществ применяют серу и селен, для некоторых каучуков перекиси.

Ускорители процесса вулканизации, представленные оксидами свинца, магния, полисульфидами, оказывающие влияние как на физико-механические свойства вулканизаторов, так и на режим вулканизации.

Противостарители (антиоксиданты) – замедляют процесс старения резины, приводящий к снижению ее эксплуатационных свойств.

Мягчители (пластификаторы) облегчают переработку резиновой смеси, улучшают эластические свойства каучука, увеличивают морозостойкость резины. В качестве мягчителей в резину вводят вазелин, парафин, растительные масла, битумы, стеариновую кислоту, дибутилфталат.

Наполнители по воздействию на каучук разделяют на активные (усиливающие) и неактивные (инертные). Активные наполнители (белая сажа и углеродистая сажа) улучшают механические свойства резин: сопротивление истиранию, твердость, прочность. Неактивные наполнители (барит, тальк, мел) вводятся с целью уменьшения стоимости резины.

Таким образом после завершения исследования был сделан вывод, о существовании широкого спектра химических реагентов для регулирования свойств резины. Однако создание универсальной резины эластомера на

сегодняшний день не возможно из-за того, что процесс бурения является многофакторным, а также из-за не рентабельности в целом. По этой причине исследователи рекомендуют проводить подбор свойств эластомера согласно особенностям бурения на конкретном месторождении (рентабельно для осложненных условий бурения, крупных месторождений, без существенного изменения условий бурения). А так же создавать материалы эластомера с повышенной износостойкостью относительно уже существующих аналогов при сохранение уровня себестоимости (рентабельно для нормальных условий бурения и массового бурения скважин незначительной) [22].

Кроме применения улучшенных материалов при изготовлении эластомера, некоторые исследования затронули изучение влияния смазочных добавок бурового раствора на взаимодействие пары «ротор-статор» ВЗД. Российские учёные проводили сравнительный анализ некоторых смазочных добавок. Смазки Луброил и ФК 2000+ вместе с применением бурового раствора показали уменьшение скорости изнашивания и до 2-3 раз. Так же были исследованию подверглись реагенты комплексного действия СМ-1 и БКР-7, которые были разработаны на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» УГНТУ и показали себя с лучшей стороны, потому что больше остальных были ориентированы на снижение износа пары сталь/резина [23].

Но не смотря на представленные результаты исследований, вопрос смазок остался изученным не полностью, и к данной теме исследования подключились исследователи из НИТПУ г. Томска А.С. Тихонов и А.В. Епихин, которые представили анализ смазок для резинотехнических изделий с целью увеличения их ресурса в промышленности. А так же оценили возможность их дальнейшего применения при эксплуатации ВЗД и изучили их воздействие на эластомер ВЗД.

В ходе исследования были рассмотрены следующие смазки:

Силиконовые смазки

Самой распространенной смазкой в данный момент является силиконовая смазка. С ее помощью на поверхности создается сплошной

полимерный слой, который придает ей ощутимое снижение силы трения и водоотталкивающие свойства. К достоинствам силиконовой смазки можно отнести: антифрикционные свойства, широкий диапазон рабочей температуры, высокая устойчивость к старению. Данная смазка применяется в тех механизмах, где присутствует сила трения скольжения.

Тefлоновые смазки

Фторопласт (тефлон) – это антифрикционный материал с наименьшим коэффициентом трения скольжения, из всех известных конструкционных материалов. Данный вид смазки имеет наибольший показатель сопротивления к истиранию. Тefлоновые смазки могут не только смазывать механизмы, но и покрывать их защитной пленкой, благодаря этому значительно повышается износостойкость поверхностей.

Литиевые смазки

По своему составу литиевая смазка является комбинацией нефтяных или синтетических масел с добавлением специальных присадок и добавок, которые формируют свойства определенного типа смазки. Спектр областей ее применения определяет загуститель, который играет важную роль в составе смазки. Все литиевые смазки имеют хорошую механическую стабильность, способны выдержать широкий диапазон температур и стойки к воде.

Смазка OKS 469/468 способна образовать отличное связывание с нейтральным воздействием на эластомеры и пластик. Она не стекает, не затвердевает, не высыхает, имеет в основе неорганический загуститель, полиальфаолефин. Диапазон температур: от -25° до $+150^{\circ}$ C. Применяется при: смазке эластомеров и пластиков, в пищевой промышленности, в санитарии и в производстве предметов домашнего обихода.

Многоцелевые компонентные смазки

WD-40 – многоцелевая смазка, завоевавшая большую популярность у российских потребителей, благодаря своим уникальным качествам. В составе этой смазки присутствует уайт-спирит и множество различных углеводородных

соединений. Производитель позиционирует ее в основном как смазка для заржавевших резьбовых соединений.

Поверхностное и объемное модифицирование резин

Значительное количество марок резин характеризуются недостаточной износостойкостью в узлах трения и большим коэффициентом трения. Задачу увеличения износостойкости можно решить путем модифицирования поверхности изделия, либо путем введения антифрикционных добавок в состав резиновой смеси (рецептурное модифицирование или объемное). Объемное модифицирование вынуждает проводить существенную корректировку технологии производства и изменения рецептуры резин. Суть этого метода состоит в том, что необходимо нанесение тонкого слоя наноструктурных композитных покрытий. Благодаря этому становится возможным сохранение главных свойств резин – эластичность, повышение износа на трение и маслобензостойкость.

Несмотря на все положительные стороны, данные технологии не получается применить в технологии производства эластомеров ВЗД из-за сильного роста цены эластомеров.

Подводя итог данного исследования, авторы заявляют, что принимая во внимание рассмотренные ранее способы увеличения износостойкости эластомера, можно сделать вывод, что работа в данном направлении является перспективной. На этапе эксперимента планируется провести исследования с выбором перечисленных ранее смазок и провести анализ скорости износа образцов эластомера при использовании различных буровых растворов [24].

Перечисление данных исследований, а также упоминание многих других исследований по теме увеличений межремонтного срока службы эластомера ВЗД, служит для того что бы показать ее реальную актуальность. Именно по постоянно растущему числу исследований в этой области, можно сказать, что еще очень много способов упрочнения эластомера остаются не исследованными.

Ранее на «Кафедре бурения скважин» НИТПУ г. Томска был обнаружен эффект упрочнения эластомеров, помещённых в солевой раствор при высокой температуре. Однако отсутствуют результаты экспериментальных исследований по выявлению оптимальных параметров обработки эластомеров.

В связи с этим, целью данной работы является разработка методики упрочнения эластомеров, путем экспериментально доказанного определения оптимальных параметров (время и температура) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия для максимального упрочнения и увеличения межремонтного срока службы.

2 Экспериментальная часть

В проведенном литературном обзоре выявлены основные причины выхода из строя винтового забойного двигателя – это износ рабочих органов, износ шарнирного соединения, износ шпинделя, выход из строя по технологическим причинам и аварийный выход из строя. Статистический анализ причин показал, что около 50% всех отказов связано с износом рабочих органов.

Износ рабочих органов происходит в результате действия различных факторов. Наиболее распространенный - это абразивный износ, связанный с трением в рабочей паре «резина-металл».

Целью данной работы является разработка методики упрочнения (повышения износостойкости) эластомеров, путем экспериментально доказанного определения оптимальных параметров (время и температура) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия для максимального упрочнения и увеличения межремонтного срока службы.

В качестве объекта исследования рассматривается: эластомер (резиновая обкладка) статора ВЗД, который является одним из основных элементов рабочей пары винтового забойного двигателя.

Предметом исследования является анализ износостойкости резины ИРП-1226.

Резина ИРП-1226 представляет собой маслостойкую резиновую смесь повышенной износостойкости, с температурным интервалом работоспособности от - 20 до + 100 0С. Ее условная прочность составляет 9,8 Мпа, относительное удельное удлинение при разрыве 125%, твердость 65-95 ед. Шор А.

2.1. Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера

Экспериментальный стенд разработан на базе вертикального сверлильного станка. Для этого изготовлен дополнительный модуль нагружения образцов резины, представляющий из себя металлический стакан со съемной нижней крышкой, которая позволяет разместить и жестко закрепить образец резины в стакане (показано на рисунке 7).



Рисунок 7 – Металлический стакан-зажим образцов резины эластомера

Вторым элементом модуля нагружения представлен металлический стержень (показано на рисунке 8) с круглой плоской площадкой на одном из концов, которая выполнена размером, соответствующим внутреннему диаметру стакана с учетом зазора 1 мм, и в процессе эксперимента оказывает механическое воздействие на образец эластомера, имитирующее трение в рабочей паре.



Рисунок 8 – Металлический стержень, передающий механическую нагрузку на образец, имитирующую трение в силовой паре

Третьим элементом модуля нагружения выступает металлический резец (показан на рисунке 9), который, взаимодействуя с образцом резины, имитирует режущее воздействие в силовой паре ВЗД.



Рисунок 9 – Металлический резец

Конструкция стакана, стержня и резца позволяет при их установке на вертикальный сверлильный станок (показан на рисунке 10) обеспечить циклическое вращательное механическое воздействие на образец резины, которое частично имитирует взаимодействие пары «ротор-статор» ВЗД.



Рисунок 10 – Вертикальный сверлильный станок

Образцы для экспериментов изготавливались из резины ИРП-1226 с геометрическими размерами, позволяющими производить их установку в стакан-зажим.

Данные образцы подвергались термической обработке при разных температурах в специальной печи (показана на рисунке 11).



Рисунок 11 – Печь с регулируемой температурой

2.2 Методика проведения экспериментальных исследований

Суть эксперимента заключалась в испытании образцов резины на резание и трение, предварительно обработанных в солевом растворе, с различной температурой выдержки и различным временем выдержки.

Основа для обработки образцов: хлорид натрия.

Основа для бурового раствора включала следующие жидкости:

- Вода;
- Глинистый раствор;
- Полимер-глинистый раствор;

Технология обработки: выдержка в рассоле (насыщенный раствор соли) образцов при температуре 25, 40, 60, 80 градусов Цельсия. По времени выдержки 4 партии: 5, 10, 15 и 20 суток.

Параметры эксперимента: частота вращения 180 об/минуту, осевая нагрузка 2-6 кг (в зависимости от условий эксперимента). На один эксперимент проводить по исследования образцов. Среда для эксперимента: полимерглинистый буровой раствор.

Регистрируемые параметры: вес образца до и после обработки, диаметр и толщина образца до и после обработки, время износа образца (при испытании резанием), величина деформации образца при испытании трением. Каждый образец после эксперимента фотографируется.

Описание эксперимента

В качестве привода экспериментального стенда был использован вертикальный сверлильный станок. Частота вращения была постоянной для всех экспериментов и равна 180 об/минуту. Нагрузка на инструмент создавалась с помощью навески грузов на штурвал станка. (рис. 12) В зависимости от наличия или отсутствия следов разрушения, значения варьировались в диапазоне 2-8 кг. Для уточнения стадии износа и предотвращения вращения инструмента в случае полного износа, также варьировалась длительность эксперимента: 2 мин, 4 мин, 6 мин. Исследования проводились для 4 различных температурных точек: 25, 40, 60, 80 градусов для каждой исследуемой длительности выдержки в соляном растворе.



Рисунок 12 – Вертикальный сверлильный станок

2.3 Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

В результате исследования износостойкости эластомера ВЗД и нахождения оптимальных параметров выдержки резины ИРП-1226 в растворе хлорида натрия, в различных температурных и временных условиях были описаны следующие этапы экспериментов.

2.1.3 Описание эксперимента на износ резанием

Таблица 2 – Результаты проведения исследований (резание)

Образцы реперного эксперимента (выдержки не подвергались)					
Температура	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания $h_{рез}$, мм	Сред. знач. глубины резания h, мм	Скорость резания, (мм/с) /Н·10 ⁻⁴
25°C	20	2	7,7	7,8	32,5
			7,8		
			7,9		

Данные образцы были подвержены износу на резание с целью наглядного сравнения образцов «до» (представлено в таблице 2) и «после» (представлено в приложении 1) обработки.

Опираясь на результаты, отмеченные в таблице 2 и приложение 1 была построена диаграмма. (показана на рисунке 13), которая показывает, что образцы, обработанные при температуре 25, 40 градусов значительного упрочнения не получили, ни при каких значениях времени выдержки. В то время как, образцы, обработанные при температуре 60 и 80 градусов, показали значительные результаты увеличения износостойкости, в том числе после минимального срока выдержки 5 дней. При выдержке 15 и 20 дней образцы достигли максимальной износостойкости, за счёт значительного снижения скорости резания образцов.

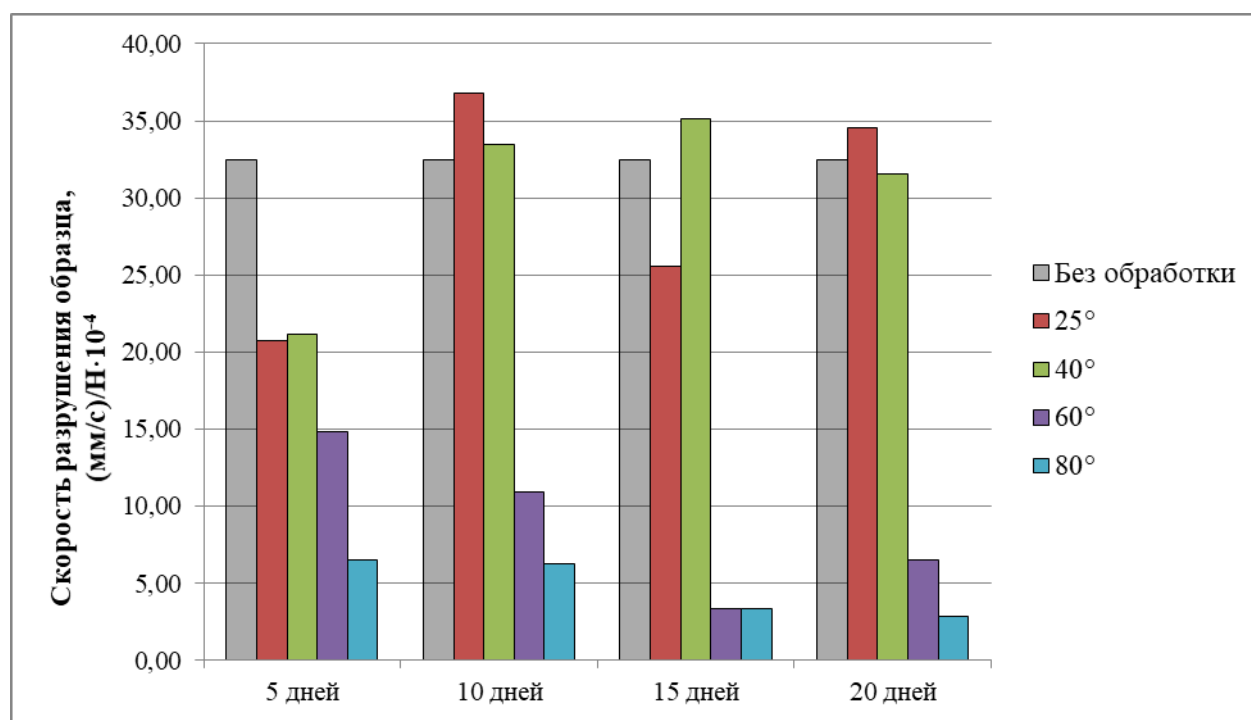


Рисунок 13 – Диаграмма скорости резания образцов резины ИРП-1226 с различными условиями обработки

Опираясь на данные, представленные в таблице 2 и приложении 1, была выстроена зависимость (показана на рисунке 14), согласно которой образцы, обработанные при температуре 25 и 40 градусов, показывают хаотичные

результаты. Наблюдается как рост, так и снижение интенсивности разрушения, независимо от длительности выдержки. В то время как, для образцов, обработанных при температуре 60 и 80 градусов, характерна полиномиальная зависимость, линия тренда которой позволяет сделать вывод о том, что оптимальной точкой для образцов, обработанных при 60 градусах, является 15 дней, а для образцов, обработанных при 80 градусах, - 20 дней. В связи с этим можно сделать вывод, что прямой зависимости с количеством дней выдержки в данном эксперименте не наблюдается.

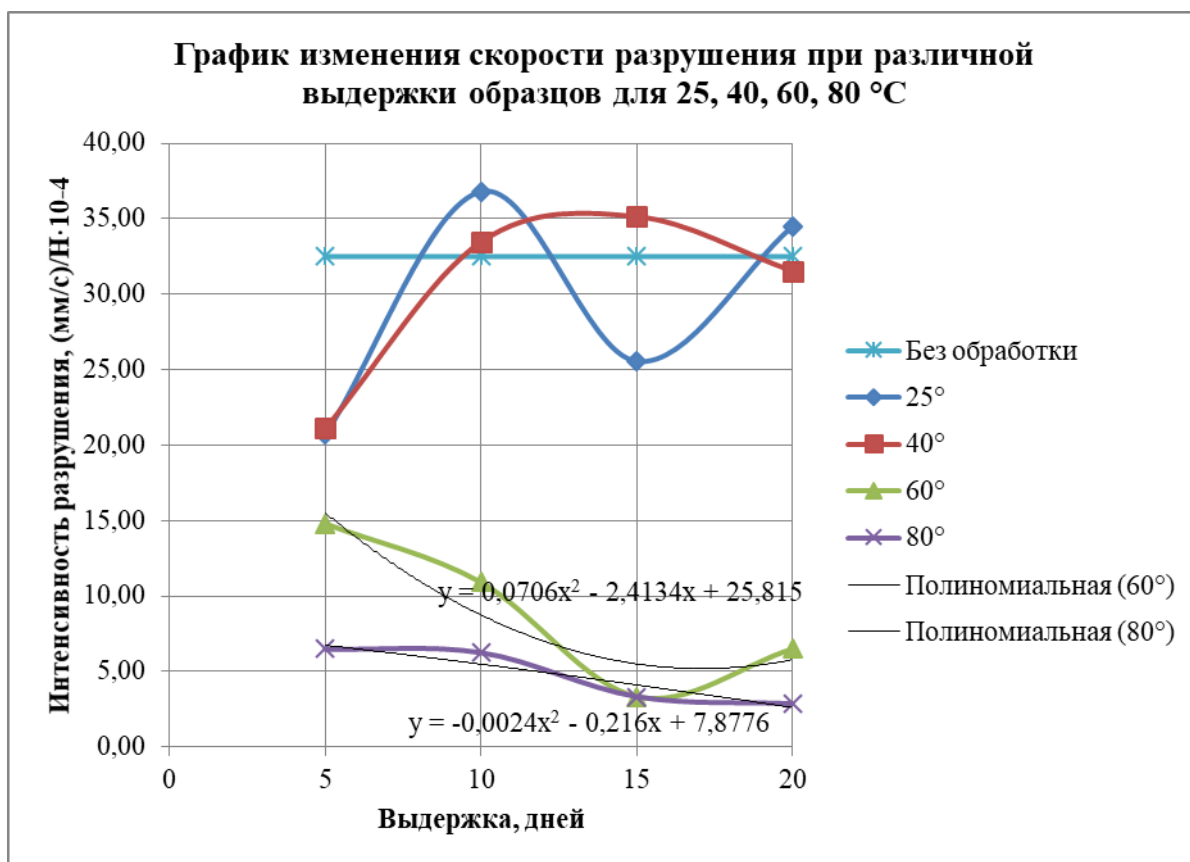


Рисунок 14 – Зависимость скорости разрушения от времени выдержки образцов при различной температуре

Подводя итоги первого этапа эксперимента можно сделать следующие выводы: при износе резанием образцы с невысокой температурой обработки (25,40 градусов) подвергались разрушению на уровне реперных образцов и после минимальной нагрузки выходили из стоя. Образцы, обработанные при температурах 60 и 80 градусов в результате показали значительное упрочнение.

Оптимальным сроком выдержки для этих образцов являются отрезки в 15 и 20 суток обработки соответственно.

2.3.2 Описание эксперимента на износ трением

Вторым этапом исследований было изучение зависимости силы трения в паре «резина-буровой раствор - металл» реперных образцов, и образцов разной степени обработки.

Таблица 3 – Результаты проведения исследований (трение)

Образцы реперного эксперимента (выдержки не подвергались)					
Температура	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания h _{рез} , мм	Сред. знач. глубины резания h, мм	Скорость вдавливания, (мм/Н) · 10 ⁻³
25°C	40	5	3,28	2,47	61,75
			2,60		
			1,53		

Данные образцы были подвержены износу на трение с целью наглядного сравнения образцов «до» (представлено в таблице 3) и «после» (представлено в приложение 2) обработки.

Опираясь на результаты, отмеченные в таблице 3 и приложении 2, была построена диаграмма (показана на рисунке 15), которая показывает, что образцы, обработанные при температуре 25, 40 градусов значительного упрочнения не получили, ни при каких значениях времени выдержки. В то время как, образцы, обработанные при температуре 60 и 80 градусов, показали значительные результаты увеличения износостойкости, в том числе после минимального срока выдержки 5 дней. При выдержке 15 и 20 дней образцы достигли максимальной износостойкости, за счёт значительного снижения скорости трения образцов.

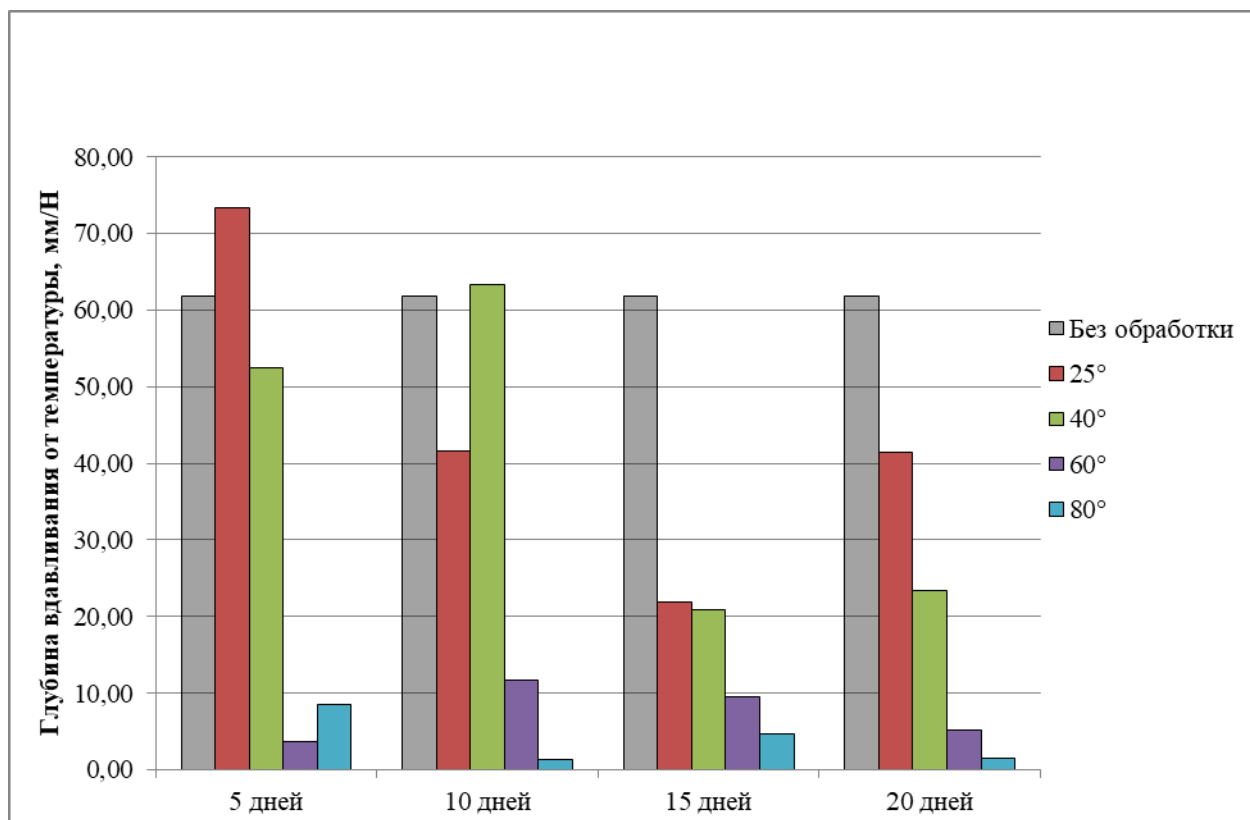


Рисунок 15 – Диаграмма скорости истирания образцов резины ИРП-1226 при ее различной обработки, $\text{мм/Н} \cdot 10^{-3}$

Опираясь на данные, представленные в таблице 3 и приложение 2, была выстроена зависимость (показана на рисунке 16), согласно которой образцы, обработанные при температуре 25 и 40 градусов, наименьшую скорость разрушения показывают при обработке длиной в 15 дней, именно эта точка является наиболее оптимальной для образцов с данной температурой выдержки. Касательно образцов, обработанных при температуре 60 и 80 градусов, определена следующая закономерность. С первых дней выдержки для образцов характерно стабильное упрочнение. Наиболее выраженный эффект наблюдается при длительности обработки в 20 дней. В связи с этим можно сделать вывод, что у образцов с температурой обработки 60 и 80 градусов в данном эксперименте присутствует линейная зависимость с количеством дней выдержки.

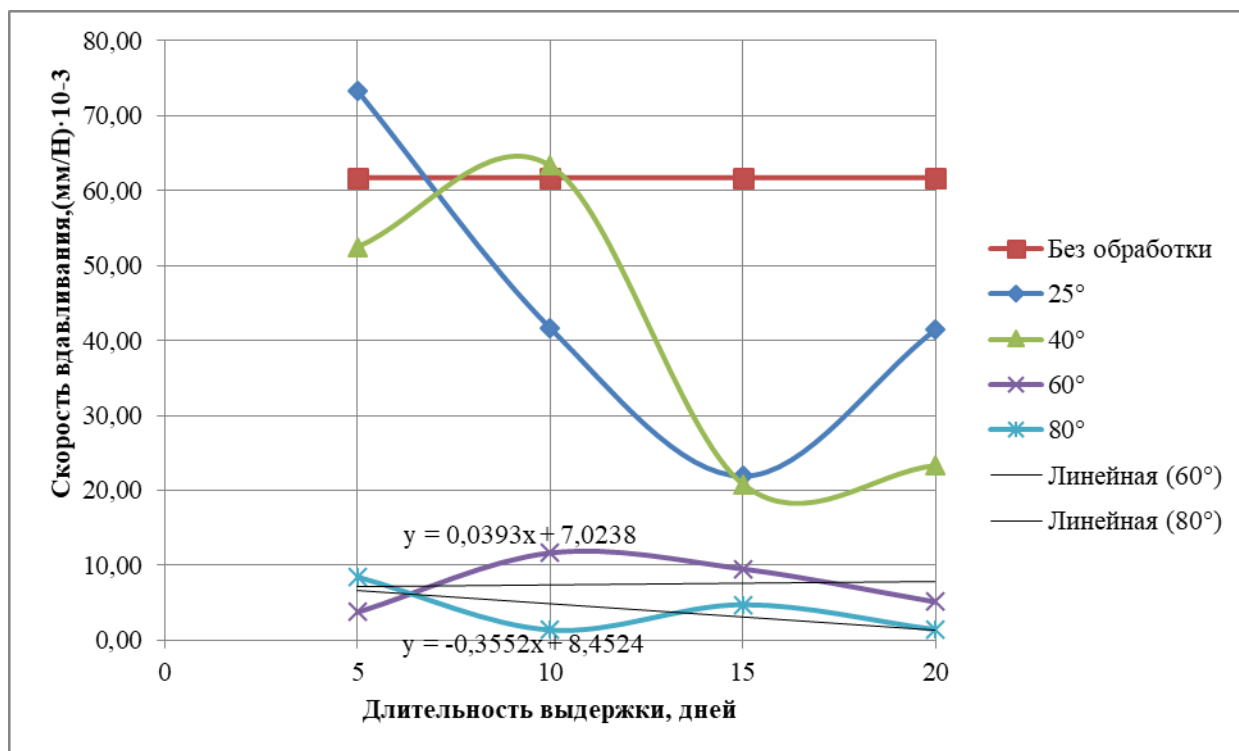


Рисунок 16 – Диаграмма скорости истирания образцов резины ИРП-1226 при ее различной обработке, $\text{мм/Н} \cdot 10^{-3}$

Подводя итоги второго этапа эксперимента можно сделать следующие выводы: при износе трением образцы с температурой обработки 25 и 40 градусов, на первых этапах обработки (5, 10 дней) показали хаотичные результаты, опираясь на которые нельзя было сделать четких выводов о уровне упрочнения. Однако при более длительном времени обработки, а именно при 15 сутках, была определена оптимальная точка, в которой скорость вдавливания была минимальной. Образцы, обработанные при температурах 60 и 80 градусов, наименьшую скорость вдавливания показали при максимальном сроке обработке в 20 дней. Самую меньшую скорость вдавливания, и как следствие, самую значительную величину упрочнения показали образцы, обработанные в течение 20 дней при 80 градуса, тем самым определив оптимальные параметры упрочнения при износе трением.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Магистерская диссертация направлена на исследование в области разработки технологии модификации эластомера ИРП-1226 с целью увеличения межремонтного срока винтового забойного двигателя. В данной главе отражены и проведены расчеты всех видов расходов, направленных на проведение исследования износа с учетом разницы в суточной выдержке и температуре при которой образцы обрабатывались в растворе хлорида натрия.

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

- затраты на приобретение химических реагентов;
- затраты на специальное измерительное оборудование;
- затраты на оплату труда;
- затраты на страховые взносы;
- накладные расходы.

3.1 Расчет материальных затрат НИИ

Величина расходов, затраченных на приобретение резины ИРП-1226 и реагентов, используемых, непосредственно, в разработке ингибированного бурового раствора, рассчитывается по формуле:

$$Z_M = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i}, \quad (1)$$

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 бурового раствора поставляются местными компаниями и лицами.

Все рассчитанные материальные затраты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Рассчитанные материальные затраты, необходимые для проведения научно-технического исследования

<i>Наименование</i>	<i>Ед. изм.</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Цена, руб.</i>
Глина (бентонит А)	Кг	5	45
Полиакриламид	Кг	0,05	10
Соль (натрий хлор) NaCl	Кг	10	950
Резина ИРП-1226	Кг	32	7800
Суммарная стоимость			8805
Итого, с учетом транспортных расходов (15% от суммарной стоимости материалов)			10125,75

Таким образом, стоимость приобретения реагентов для приготовления глинистого и полимерглинистого бурового раствора и масла ВМГЗ по расчетам составила 10125,75 рублей.

3.2 Расчет затрат на специальное оборудование и компоненты для проведения научных исследования и экспериментальных работ

Для проведения экспериментов, направленных на измерение трения и разбуривания образцов из резины, требуется приобрести следующее оборудование:

- Зубило;
- Шлиф для трения;
- Печка ШС – 80 – 1;
- Цилиндр.

За исключением стоимости спецоборудования необходимо учитывать затраты на его доставку, которые принимаются равными 15% от его цены.

Стоимость всего перечня оборудования, которое необходимо для проведения экспериментов по исследованию влияния концентрации твердой фазы на эластомер винтового забойного двигателя, представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Стоимость оборудования для проведения научного исследования

Наименование	Кол-во	Цена единицы оборудования, руб.
Зубило	1	1500
Шлиф для трения	1	1200
Штангенциркуль	1	1500
Печка ШС – 80 – 1	1	17375
Цилиндр	1	3500
Суммарная стоимость		25075
Итого, с учетом транспортных расходов (15% от суммарной стоимости материалов)		28836,25

Общие единоразовые вложения на приобретение различного рода дополнительного оборудования составили: $Z_d = 28836,25$ рублей.

3.3 Затраты по основной заработной плате

Для проведения исследования необходимо участие трех человек: руководителя, инженера и лаборанта. Время, отведенное на проведение научно – технического исследования, представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим персоналом

Показатели рабочего времени		Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	С 01.01 по 31.05.2018	152		
Количество нерабочих дней – выходные и праздничные дни	С 01.01 по 31.05.2018	36	56	
Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в период с 01.01.2018 по 31.05.2018		116	96	

Перед тем, как рассчитать основную заработную плату работников, задействованных в научно – техническом исследовании, требуется подсчитать их месячный должностной оклад.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (2)$$

где: $Z_{тс}$ – 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).

Рассчитанные месячные должностные оклады работников представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Рассчитанные должностные месячные оклады

Исполнители	Разряд	k_t	$Z_{тс}$, 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:

$$z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (3)$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб. (представлено в таблице 4); 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;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни.

Таблица 8 – Годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в 2017 г

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
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 среднедневную заработную плату для каждого работника (представлена в таблице 9).

Таблица 9 – Среднедневная заработная плата для научно-технического персонала

Исполнитель	Руководитель	Инженер	Лаборант
Среднедневная зарплата, руб.	1307	1074	615

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (4)$$

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

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

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб. (представлена в таблице 6).

Произведя расчет по формуле 4 с учетом продолжительности работ для каждого научно-технического работника, получим основную заработную плату работника за период с 01.01.2018 по 31.05.2018 г. (представлена в таблице 10).

Таблица 10 – Основная заработная плата для научно-технического персонала за период с 01.01.2018 по 31.05.2018 г

Исполнитель	Руководитель	Инженер	Лаборант
Основная зарплата, руб.	151612	103104	59040

Общие затраты на основную заработную плату научно-технического персонала, непосредственно участвующего в проводимых работах, составляют 313756 руб.

3.4 Затраты на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа

В результате были понесены затраты на единовременные выплаты работникам денежных средств в связи со сдачей этапа.

Следовательно, при расчете затрат на проведение опытно-конструкторской работы их учесть. Результаты затрат на единовременные выплаты в связи со сдачей этапа представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Суммы единовременных выплат

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

3.5 Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды

Страховые взносы от фонда оплаты труда работников осуществляются в Фонд социального страхования (ФСС), Пенсионный фонд России (ПФР) и Федеральный фонд обязательного медицинского страхования (ФФОМС).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (5)$$

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

На основании пункта 1.1. ст. 284 Налогового кодекса РФ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность по хозяйственному договору, в 2017 году водится ставка – 30,2% (в том числе 0,2% – страхование от несчастных случаев).

Таблица 12 – Размер обязательных отчислений страховых взносов

Вид затрат	Руководитель	Инженер	Лаборант
Основная зарплата, руб.	151612	103104	59040
Единоразовые выплаты, руб.	100 000	100 000	60 000
Размер страховых взносов, руб.	75986,8	61337,4	35950,1
Суммарные страховые взносы для всего персонала составили			173274,3

Таким образом, размер обязательных отчислений страховых взносов для всего персонала составил 173274,3 руб.

3.6 Накладные расходы

Величина накладных затрат обуславливается расходами, не попавшими в предыдущие статьи расходов, такие как печать, ксерокопирование материалов исследований, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Она рассчитывается согласно формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot \sum_{i=1}^5 Z_i \quad (6)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% (т.е. 0,16).

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (10,1 + 28,8 + 313,76 + 260 + 173,27) = 785,93 \text{ тыс. руб.}$$

3.7 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Величина бюджета на проведение научно-технического исследования 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, продукта, который и является целью работы.

Таблица 13 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к НТИ

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Примечание
1. Материальные затраты научно-технического исследования	10,1	Пункт 7.1
2. Затраты на специальные оборудования и компоненты	28,8	Пункт 7.2

Продолжение таблицы 13

3. Затраты по основной заработной плате	313,76	Пункт 7.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате	260	Пункт 7.4
5. Страховые взносы во внебюджетные фонды	173,27	Пункт 7.5
6. Накладные расходы	785,93	Пункт 7.6
7. Итоговая величина затрат	1571,86	Сумма ст. 1-6

Бюджетный фонд, сформированный для проведения научно-исследовательской работы по исследованию влияния концентрации твердой фазы бурового раствора на эластомер винтового забойного двигателя, составил 1571,86 тыс. руб.

4 Социальная ответственность

Настоящая магистерская диссертация посвящена разработке методики упрочнения эластомеров, путем экспериментально доказанного определения оптимальных параметров (время и температура) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия для максимального упрочнения и увеличения межремонтного срока службы. В связи с этим данный раздел магистерской диссертации посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при работе в лабораторных условиях.

В качестве персонала рассматривается лаборант, рабочим местом которого является лаборатория кафедры бурения нефтегазовых скважин.

В обязанности лаборанта входит выполнение лабораторных испытаний и измерений при проведении исследования. Он также участвует в сборе и обработке материалов в процессе исследования в соответствии с утвержденной методикой работы. Лаборант осуществляет подготовку, проверку, регулировку всех необходимых приборов для проведения экспериментов согласно разработанным инструкциям. Он принимает участие в проведении экспериментов, снимает показания, проводит наблюдения, осуществляет необходимые вспомогательные операции, ведет рабочий журнал. Лаборант обрабатывает, систематизирует и оформляет в соответствии с рекомендациями научного руководителя результаты анализов, испытаний, измерений, ведет их учет.

В качестве исследуемого вещества принят раствор натрия хлор NaCl .

Основной целью раздела является обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, создаваемых объектом исследования

Поскольку объектом исследования является эластомер винтового забойного двигателя, областью применения которого является бурение и капитальный ремонт скважин, то согласно ГОСТ 12.0.003-74 [25] можно выделить следующие вредные и опасные факторы данного оборудования, представленные в таблице 14.

Таблица 14 - Вредные и опасные факторы, связанные с применением ВЗД

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Бурение с применением винтового забойного двигателя	1.Повышение уровней вибрации и шума 2.Утечка вредных и токсичных веществ в атмосферу	Движущиеся механизмы машины производственного оборудования	ГН 2.2.5.686-98 [26]

4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, возникающих в лабораторном помещении при проведении исследований

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 [25] можно выделить следующие вредные и опасные факторы производственной среды, представленные в таблице 15.

Таблица 15 - Опасные и вредные факторы при осуществлении исследований деструкторов полимеров в лаборатории

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Замешивание растворов полимеров; Разбавление кислот;	1.Недостаточность естественного света; 2.Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3.Высокая температура поверхности оборудования.	1. Электрический ток; 2. Токсические и раздражающие химические факторы.	ГН 2.2.5.686-98 [26] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [27] ГОСТ 12.1.038-82 [29]

Нагрев растворов;	4.Пониженная влажность воздуха; 5. Повышенная температура воздуха		ГОСТ Р 12.1.019-2009 [35] СанПиН 2.2.4.548–96 [36]
-------------------	----------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------

Нерациональная расстановка рабочих столов в лаборатории может привести к тому, что в рабочей зоне будет пониженная естественная освещенность. Также возможен вариант, когда лаборатория находится в помещении без окон. Негативно скажется и недостаточное количество источников искусственного освещения рабочего места лаборанта.

Несовершенное освещение оказывает воздействие на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность. Также оказывается влияние на психику человека, его эмоциональное состояние. В результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных световых сигналов происходит усталость центральной нервной системы. Люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, работая при освещении низкого уровня, что приводит к снижению работоспособности. В некоторых случаях это приводит к головным болям.

Нормативы искусственного, естественного и смешанного типов освещений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [27] представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Нормы освещения для аналитической лаборатории

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк			Показатель дискомфорта (не более)	Коэффициент пульсации освещенности, % (не более)
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	Всего	При комбинированном освещении	От общего		
Аналитическая	Г*-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500	40	10

Г* - горизонтальная плоскость.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке помещения к одновременной освещенности точки, находящейся на горизонтальной плоскости вне помещения и освещенной рассеянным светом всего небосвода.

Лаборатория является оборудованным помещением для проведения исследований опытным путем. Для этого имеется различное оборудование, в том числе и нагревательного действия (плитка), которое может привести к ожогу при несоблюдении техники безопасности. Также возможен нагрев воздуха в лаборатории и, как следствие, пониженная влажность и повышенная температура воздуха.

Оптимальные и допустимые нормативные значения показателей микроклимата согласно СанПиН 2.2.4.548–96 [36] представлены в таблицах 17 и 18.

Таблица 17 – Оптимальные величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Іб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Таблица 18 – Допустимые величины показателей микроклимата в лаборатории

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Іб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

В качестве категории работ выбрана категория Іб, к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), которые сопровождаются некоторыми физическими напряжениями и производятся сидя, стоя или связанные с ходьбой.

К холодному периоду года относится время с среднесуточной температурой наружного воздуха до +10°С включительно.

К теплому периоду года относится время с среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10°С.

Оптимальные микроклиматические условия установлены согласно критериев оптимального функционального и теплового состояния человека. Данные условия поддерживают общее и локальное ощущение теплового комфорта в период рабочей смены (продолжительностью 8 часов) с обеспечением минимальной работы механизмов терморегуляции. Оптимальные микроклиматические условия предпочтительны для всех рабочих мест, так как не приводят к проявлению отклонений в состоянии здоровья и обеспечивают высокий уровень работоспособности.

Критерии допустимого теплового и функционального состояния человека определяют допустимые микроклиматические условия на период рабочей смены с продолжительностью 8 часов. Данные условия не вызывают повреждения или нарушения состояния здоровья, однако могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта. Также возможно ухудшение самочувствия, напряжение механизмов терморегуляции и понижение работоспособности.

Любое электрическое оборудование может ударить током лаборанта. Это может произойти либо при повреждении изоляции токоведущих проводов или частей оборудования, либо при отсутствующем заземлении оборудования.

Ток в теле человека оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Термическое воздействие выражается в ожогах, нагреве и повреждении капилляров, сосудов и вен. Электролитическое воздействие выражается в разложении крови и нарушении её состава. Биологическое воздействие выражается в нервных судорогах и раздражении тканей [28].

Значения напряжений прикосновения и токов при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки согласно ГОСТ 12.1.038-82 [29] имеют следующие значения (не более):

- Переменный ток, 50 Гц:
 - Напряжение – 2В;
 - Сила тока – 0,3 мА;

- Постоянный ток:
 - Напряжение – 8В;
 - Сила тока – 1мА.

Согласно ПУЭ [37] по классификации помещений по опасности поражения людей электрическим током лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности, поскольку отсутствуют условия, которые бы создавали повышенную или особую опасность (влажность воздуха не превышает 75%, полы нетокопроводящие и т.д).

Лаборатория кафедры бурения нефтегазовых скважин предполагает работу с различными реагентами и химическими веществами, в том числе с кислотами, пары которых при проведении опытов могут привести к сильной загазованности воздуха на рабочем месте и в лаборатории.

Концентрированные пары и газы химикатов могут привести к токсическому отравлению лаборанта. Также едкие химические вещества вполне могут привести к раздражению кожных покровов, слизистой и даже к химическому ожогу.

4.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Исследования в лаборатории предполагают работу с солями и кислотами, пары которых могут привести к отравлению работников лаборатории. Также высока вероятность выделения газов в результате химических реакций химикатов, которые через дыхательные пути могут попасть в организм человека и нанести ему вред. В качестве коллективных средств защиты необходимо лабораторию оборудовать шкафом с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, чтобы не было превышение нормативных ПДК паров кислот согласно ГН 2.2.5.686-98 [26] в рабочей зоне.

Для предотвращения получения химических ожогов и раздражения кожных покровов согласно ГОСТ 12.4.011-89 [30] всех работников лаборатории при проведении экспериментов необходимо обеспечить такими

индивидуальными средствами защиты, как халат, резиновые перчатки, защитные очки, респираторы. Данные средства защиты также применимы для работников, осуществляющих закачку кислот в скважину.

Для исключения поражения электрическим током согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [35] в качестве коллективных средств защиты необходимо применить усиленную изоляцию токоведущих частей электрооборудования. Также по всей лаборатории обязательно к применению защитное заземление всех электроустановок. Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, необходимо применять диэлектрические перчатки (поскольку все электрооборудование в лаборатории является настольным и касание электроустановок возможно только руками, проводов на полу в зоне перемещения лаборанта нет).

Для соблюдения поддержания показателей микроклимата на оптимальном уровне необходимо использовать систему кондиционирования, увлажнитель воздуха.

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В данной работе можно выделить два источника загрязнения окружающей среды, первый это объект исследования – резина марки ИРП-1226, второй – растворы солей, которые применяются для обработки эластомера. Как образцы резины, так и отходы от них, отправляются на вторичную переработку. Данные отходы не влияют на структуру воды, когда контактируют с ней, не выделяют вредные вещества в атмосферу. Поэтому, в соответствии с ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами», отходы резины ИРП-1226 полученные при ее производстве определяются как вторичные ресурсы и не могут нанести вред окружающей среде.

Применяемое в работе химическое соединение хлорид натрия, может представлять опасность, так как при нахождении в порошкообразном состоянии, есть вероятность того, что воздушное пространство лаборатории может насыщаться пылью этого вещества. Но, из-за небольшого количества, находящегося в лаборатории, превышение предельно-допустимых концентраций не возникает. При использовании соединений хлора при приготовлении раствора, необходимого для обработки образцов резины, встает вопрос о необходимости утилизации данных жидкостей после их использования, в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Утилизация отработанного раствора может происходить путем слива в канализацию, так как натрий хлор растворим в воде и при контакте с другими веществами не образует других соединений и ПДК содержания их в воде не будет превышена.

4.2.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В процессе использования ВЗД при бурении скважин, происходит вскрытие водоносных горизонтов. Они подвержены загрязнению буровым раствором и различными флюидами, попадающими во время бурения в необсаженный ствол скважины.

В результате вскрытия продуктивных горизонтов, залежей газа и нефти происходит попадание газа в воздушную среду, оказывающее негативное влияние на атмосферу.

Буровая промывочная жидкость с выбуренной породой загрязняет земляной покров в месте слива шлама и в области устья скважины.

4.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

При выполнении опытов следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для данной лаборатории.

Поскольку концентрации генерируемых газов не большие, то достаточным методом защиты атмосферного воздуха будет рассеивание очищенных газов в атмосферном воздухе благодаря вытяжной вентиляции. Для очистки от возможных механических примесей можно применить угольный фильтр в канале вытяжной вентиляции.

Для защиты гидросферы в условиях лаборатории необходимо применение устройств с физико-химическими методами очистки. Широко распространена адсорбционная технология с применением активированных углей, которая позволяет получать остаточные концентрации основных загрязняющих веществ ниже нормативных значений. Также необходимы процессы флотации и ионного обмена. Поскольку площади помещения лаборатории недостаточно для установки полноценных очистных сооружений, то достаточным будет заключение договора с предприятием, занимающимся очисткой сточных вод. Предполагается установка емкости объемом суточного потребления воды в подвальном помещении, куда будут поступать стоки из лаборатории. Оттуда стоки будут забираться специальной машиной для проведения очистки сточных вод от химикатов и загрязнений.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Анализ вероятных ЧС, инициируемых объектом исследования

Объект исследования входит в состав рабочего элемента ВЗД, результатом разрушения которого будет выход из строя двигателя. Это влечет за собой большие расходы предприятия, которое несет ответственность за данное оборудование.

Выход из строя винтового забойного двигателя по причине разрушения резиновой обкладки ведет к различным негативным последствиям, таким как невозможность дальнейшего бурения или выход из строя буровых насосов. Перечисленные поломки не могут привести к чрезвычайным ситуациям или техногенным катастрофам.

4.3.2 Анализ вероятных ЧС, возникающих в лаборатории при проведении исследований

К возможным ЧС в лаборатории можно отнести пожар. Данная ситуация может возникнуть в случае короткого замыкания электропроводки либо при неисправности электроприборов. Также может повлиять и нагревательная плитка, применяемая при исследованиях. При ненадлежащем надзоре включенная плитка может привести к возгоранию любого материала, который поддается горению.

Согласно НПБ 105-03 [31] исследовательскую лабораторию можно отнести к категории помещения В-4 «пожароопасные», так как в ней находятся твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (деревянная мебель, бумага и прочее).

4.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предупреждения проявления вышеописанной чрезвычайной ситуации необходимо проведение организационных, технических, эксплуатационных и режимных мероприятий по пожарной профилактике.

К организационным мероприятиям относится проведение противопожарного инструктажа раз в год. Необходимо знать план эвакуации.

Ежедневно рабочие места должны очищаться от горючих отходов исследований. Работы, связанные с выделением токсичных веществ, должны производиться только в исправных вытяжных шкафах. Сотрудники лаборатории должны знать места расположения средств пожаротушения и уметь их применить при возникновении пожара. В лаборатории запрещается:

- загромождать проход, а также проход к средствам пожаротушения;
- мыть полы с использованием горючих жидкостей;
- оставлять в рабочей зоне бумагу и ветошь;
- хранить в помещении лаборатории любые вещества с неизвестными пожароопасными свойствами;

- пользоваться электронагревательными приборами с открытой спиралью;

- при включенных электронагревательных приборах убирать случайно пролитые горючие жидкости.

Технические мероприятия предполагают монтаж и эксплуатацию электроустановок в соответствии с правилами устройства электроустановок. Обязательным является наличие противопожарной сигнализации, которая при срабатывании осуществит оперативное оповещение людей о необходимости эвакуации. Лаборатория должна быть оборудована такими противопожарными средствами, как огнетушители. Углекислотные огнетушители ОУ-2 предназначены для тушения загораний различных веществ, за исключением тех, горение которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Порошковые огнетушители ОП-10 предназначены для тушения нефтепродуктов, электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В.

К режимным мероприятиям относятся запрет курения в лаборатории.

Эксплуатационные мероприятия заключаются в том, что при обнаружении дефектов в изоляции приборов, неисправности пускателей, вилок, розеток, а также заземления следует оперативно уведомить об этом ответственное лицо за противопожарное состояние лаборатории. Все неисправности, касающиеся электрооборудования, должны устраняться исключительно специалистом-энергетиком. Запрещается ремонтировать и переносить включенные электрооборудование, находящееся под напряжением.

Порядок действий в случае возникновения ЧС:

- остановить электрооборудование;
- отключить вентиляцию;
- немедленно сообщить о случившемся по телефону в пожарную охрану – 01, 101, 112 (необходимо сообщить адрес объекта, место возникновения пожара, свою фамилию);

- сообщить по телефону, заведующему лабораторией и охране корпуса №6;
- при необходимости отключить электроэнергию;
- принять меры по ликвидации очага возгорания при помощи первичных средств пожаротушения;
- при необходимости удалить с места возгорания горючие вещества и материалы [32].

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства, характерные для рабочей зоны исследователя

На должность лаборанта назначается лицо, имеющее среднее профессиональное образование без стажа работы или начальное профессиональное образование со стажем работы по специальности не менее 2 лет.

Лаборант должен знать:

- справочные и нормативные материалы по тематике выполняемой работы;
- методы проведения исследований;
- оборудование лаборатории и правила его эксплуатации;
- правила и нормы охраны труда, техники безопасности, основы трудового законодательства Российской Федерации, производственной санитарии и противопожарной защиты.

При приеме на работу работником обязательно должен быть пройден вводный инструктаж. Для получения допуска к самостоятельной работе работник должен освоить:

- проверку знаний инструкции по охране труда;
- первичный инструктаж на рабочем месте;

- действующую инструкцию по оказанию первой помощи, пострадавшим в связи с несчастными случаями;

- инструктаж по применению средств защиты, необходимых для безопасного выполнения работ.

Лаборант должен оказать первую помощь пострадавшему при несчастном случае до прибытия медицинского персонала. Если несчастный случай произошел с самим лаборантом, то в зависимости от тяжести травмы он должен обратиться за медицинской помощью в здравпункт или сам себе оказать первую помощь. Каждый работник лаборатории должен уметь пользоваться аптечкой и знать ее местоположение.

Лаборант должен сообщать своему непосредственному руководителю об обнаруженных неисправных приспособлениях, инструменте и средствах защиты.

Согласно отраслевым нормам лаборанту химической лаборатории бесплатно должны выдаваться следующие средства индивидуальной защиты:

- халат хлопчатобумажный (на 12 мес);
- перчатки резиновые и трикотажные (на 1 мес);
- фартук прорезиненный (на 6 мес);
- сапоги резиновые (на 12 мес);
- очки защитные (до износа);
- респиратор (до износа).

Срок носки спецодежды должен удваиваться при выдаче двойного сменного комплекта.

Лаборант химической лаборатории перед началом работы должен:

- спецодежду привести в порядок, волосы убрать под плотно облегающий головной убор;

- проверить исправность приточно-вытяжной вентиляции;

- проверить работоспособность освещения рабочего места;

- убедиться в исправности электроприборов на рабочем месте и их заземления;

- проверить наличие четких надписей на бутылках с реактивами;
- проверить наличие и целостность стеклянной посуды, бюреток, пипеток, достаточность реактивов и реагентов [33].

4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

В химической лаборатории должно быть энергоснабжение, подводка холодной и горячей воды. Все электрооборудование должно быть заземлено.

Разводка коммуникаций к переносным приборам и нестационарному оборудованию должна проводиться открыто при помощи гибких проводов и шлангов, укрепленных на металлических трубопроводах зажимами.

Электроосвещение помещения и вытяжных шкафов должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении. Выключатели устанавливаются вне вытяжных шкафов.

Помещение лаборатории должно быть оборудовано системами локального удаления воздуха из вытяжных шкафов или отдельных приборов и оборудования помимо общей приточно-вытяжной вентиляции.

Рабочие столы и вытяжные шкафы для работы с химически активными веществами (кислотами, щелочами и др.) должны быть покрыты материалами, стойкими к агрессивной химической среде, и иметь бортики, предотвращающие стекание жидкости на пол.

Вытяжные шкафы, в которых происходит выделением вредных и горючих паров и газов при проведении работ, должны быть оборудованы верхними и нижними отсосами воздуха. Для обеспечения тяги дверцы вытяжных шкафов следует держать закрытыми с небольшим зазором внизу во время работ.

Металлические шкафы для хранения химических веществ должны быть зарыты на ключ и опечатаны.

Входящие в конструкцию производственного оборудования специальные технические и санитарно-технические средства (ограждения,

экраны, вентиляторы и др.), обеспечивающие устранение или снижение уровней опасных и вредных производственных факторов до допустимых значений, не должны затруднять выполнение трудовых действий [34].

Заключение

В ходе исследования было оценено влияние различных температур и времени обработки на устойчивость эластомера к механическому разрушению. Результаты эксперимента показали, что обработка образцов резины ИРП-1226 в растворе натрия хлор привела к их значительному упрочнению. Был подтвержден, обнаруженный ранее на кафедре бурения нефтяных и газовых скважин НИТПУ г. Томска, эффект влияния температуры на такие свойства как: пластичность, упругость, эластичность и прочность. При ее увеличении наблюдается вымывание пластификатора из эластомера с последующим снижением эластичности и упругости. В то же время по полученным графикам видно, что повышается износостойкость к действию осевых нагрузок. Упрочнение происходит за счет заполнения порового пространства эластомера раствором соли при временной и температурной выдержке. Были выявлены оптимальные температуры и количество дней обработки при износе образцов на резание и трение. Была создана рекомендательная методика оптимальных параметров упрочнения эластомеров. В которой указывается зависимость количества дней и температуры обработки. А также, после обработки экспериментальных данных, даются конкретные рекомендации по количеству дней и температуре обработки резины в растворе натрия хлор.

Дальнейшие направления исследований:

Провести эксперименты с увеличенным временем обработки образцов в растворе натрия хлор (25, 30 дней).

Провести эксперименты с увеличенной температурой обработки (100,120 градусов).

Провести эксперименты с различными солями, сравнить их результаты с результатами, полученными в данной работе.

Список используемых источников

1. Балденко Д. Ф. Винтовые забойные двигатели: Справочное пособ. – М.: ОАО «Издательство «Недра», 1999. – 375 с.
2. Современные винтовые забойные двигатели для бурения нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / авторы-сост.: М.В. Двойников, А. А. Байбулатов, К.И. Борисов, А.В. Епихин; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 76 с.
3. Рязанов В.И., Бурение горизонтальных скважин. - Томск: Изд. ТПУ, 2002.- 42 с.
4. Бекетов С. Б., Карапетов Р.В. Совершенствование конструкций винтовых забойных двигателей - одно из направлений повышения эффективности строительства и ремонта скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень.-2007, №10. - С. 77-83.
5. Карапетов Р. В. Повышение эффективности бурения скважин с применением винтовых забойных двигателей за счет увеличения их моторесурса: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.13 - Краснодар 2009 - 154 с
6. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. "Технология бурения нефтяных и газовых скважин". 2001 г.
7. Ганелина С.А. Резинометаллические детали гидравлических забойных двигателей / М.: Недра, 1981. С. 118.
8. Шулепов В. А. Конструктивные и технологические методы повышения энергетических характеристик и долговечности героторных механизмов винтовых забойных двигателей автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : специальность 05.02.13 <Машины, агрегаты и процессы> – Москва, 2011.
9. Тимашев Э.О., Ямалиев В.У. Анализ причин разрушения эластомеров обойм винтовых насосов / Нефтегазовое дело, www.ogbus.ru, 2005.

10. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. 470 с.
11. Осипов Д. А. Гидромеханическое поведение и усталостная выносливость секции рабочих органов винтового забойного двигателя: диссертация ... кандидата технических наук : 01.02.04. - Пермь, 2004. - 172 с.
12. Антонов, А.А. Исследование изнашивания органов рабочей пары винтового забойного двигателя Текст. / А.А. Антонов, Д.Ф. Балденко, Е.А. Батарин [и др.] //Химическое и нефтяное машиностроение. – 1976. -№ 6. С. 8-10.
13. Антонов, А.А. Исследование изнашивания органов рабочей пары винтового забойного двигателя Текст. / А.А. Антонов, Д.Ф. Балденко, Е.А. Батарин [и др.] //Химическое и нефтяное машиностроение. – 1976. -№ 6. С. 8-10.
14. Гинзбург, Э.С. Исследования изнашивания пары трения резина-металл при вращательном движении деталей «типа вал-втулка» в гидроабразивной среде Текст: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.04. защищена в МИНХиГП им. Губкина. - М., 1972.
15. Батарин, Е.А. Исследование пары трения резина-металл при динамическом нагружении применительно к условиям эксплуатации одновинтовых гидромашин Текст.: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.04. защищена в МИНХиГП им. Губкина. - М., 1974.
16. Байбулатов А.А. Анализ основных причин износа узлов гидравлических забойных двигателей при сооружении наклонно-направленных скважин на месторождениях западной Сибири./ В сборнике: ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно- геологического образования в Сибири. 2012. С. 293-296.
17. Справочник специалиста ЗАО «ССК» [электронное пособие]/ ЗАО «Сибирская Сервисная компания». - 2005.

18. Карапетов Р.В. Повышение эффективности бурения скважин за счет увеличения моторесурса винтовых забойных двигателей // НТЖ «Нефтепромысловое дело», 2007. - №10. - С. 45-48.
19. Бекетов С. Б., Карапетов Р.В. Совершенствование конструкций винтовых забойных двигателей - одно из направлений повышения эффективности строительства и ремонта скважин // Горный информационно-аналитический бюллетень - 2007, №10. - С. 77-83.
20. Резниковский, М.М. Трение между резинами и твердыми материалами Текст. //НТЖ Каучук и резина. 1960. - № 5. - С. 34-37.
21. Мельников В.В. Анализ опыта изучения влияния температуры на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей// Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С. 615-619
22. Кучкоров И.Б. Предъявляемые требования и регулировка свойств эластомеров винтовых забойных двигателей// Томск: Национально-исследовательский Томский политехнический университет, 2016 г.
23. Исмаков Р.А., Закиров Н.Н., Аль-Сухили М.Х., Торопов Е.С. Исследование работы пары «эластомер-металл» силовой секции винтового забойного двигателя // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-3. – С. 23.
24. Тихонов А.С. Анализ промышленных смазок с целью снижения износа эластомера винтового забойного двигателя// Томск: Национально-исследовательский Томский политехнический университет, 2016 г.
25. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства»
26. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы

27. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий
28. Воздействие тока на организм человека / АО Энергетик (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: http://www.energetik-ltd.ru/statii/statii6/vozdeystvie_toka_na_organizm_cheloveka (дата обращения: 06.04.2018)
29. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)
30. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
31. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
32. Инструкция о мерах пожарной безопасности в научно-инновационной лаборатории «Буровые промывочные и тампонажные растворы»
33. Типовая инструкция по охране труда для лаборанта химического анализа / Охрана труда в России (электронный ресурс). Режим доступа: свободный. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/392170/ (дата обращения: 06.04.2018)
34. Инструкция № 13-107 по охране труда для работающих с химическими веществами. Научно-инновационная лаборатория «Буровые промывочные и тампонажные растворы»
35. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
36. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
37. ПУЭ: правила устройства электроустановок
38. Inglis, T.A. (2010) *Directional drilling*. Dordrecht: Springer-Verlag New York.
39. Mitchell, R.F., Miska, S.Z. and Aadnoy, B.S. (2012) *Fundamentals of drilling engineering*. Richardson, TX: Society of Petroleum Engineers.

40. Short, J.J.A. (1993) *Introduction to directional and horizontal drilling*. Tulsa, OK: PennWell Books
41. Technical, T., Astier, B., Baron, G., Boe, J.-C., Peuvedic, J.L.P. and French Oil & Gas Industry Association (1990) *Directional drilling and deviation control technology*. Paris: Editions
42. En.wikipedia.org. (2018). Mud motor. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Mud_motor [Accessed 28 Apr. 2018].
43. Directionaldrillingart.blogspot.com. (2018). *SDMM – An Introduction*. [online] Available at: <https://directionaldrillingart.blogspot.com/2015/10/sdmm-introduction.html> [Accessed 28 Apr. 2018].
44. Dyna-drill.com. (2018). *dyna-drill.com*. [online] Available at: <https://www.dyna-drill.com/power-sections> [Accessed 28 Apr. 2018].
45. Halliburton.com. (2018). *SperryDrill® and SperryDrill® XL/XLS Positive Displacement Motors – Halliburton*. [online] Available at: <http://www.halliburton.com/en-US/ps/sperry/drilling/directional-drilling/matched-systems/sperrydrill-and-sperrydrill-xl/sperrydrill-and-sperrydrill-xl-xls-positive-displacement-motors.page> [Accessed 28 Apr. 2018].
46. Halliburton.com. (2018). *SperryDrill® and SperryDrill® XL/XLS Positive Displacement Motors – Halliburton*. [online] Available at: <http://www.halliburton.com/en-US/ps/sperry/drilling/directional-drilling/matched-systems/sperrydrill-and-sperrydrill-xl/sperrydrill-and-sperrydrill-xl-xls-positive-displacement-motors.page> [Accessed 28 Apr. 2018].
47. Steelmakingmachine.com. (2018). *Downhole Drilling Motor, Downhole Tools, Energy Conversion Device Manufacturer*. [online] Available at: <http://steelmakingmachine.com/6-1-downhole-drilling-motor.html> [Accessed 28 Apr. 2018].
48. Drilling, S. and man, h. (2018). *Steerable Downhole Mud Motor – Directional Drilling*. [online] Drillingknowledge.blogspot.com. Available at: <http://drillingknowledge.blogspot.com/2017/11/steerable-downhole-mud-motor.html> [Accessed 29 Apr. 2018].

Таблица А.1 – Результаты проведения исследований (резание)

Выдержанные в соляном растворе образцы										
Время выдержки	5 дней					10 дней				
Температура/параметры	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания $h_{рез}$, мм	Сред. знач. глубины резания h , мм	Скорость резания, (мм/с)/Н·10 ⁻⁴	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания $h_{рез}$, мм	Сред. знач. глубины резания h , мм	Скорость резания, (мм/с)/Н·10 ⁻⁴
25°C	20	2	5	5,0	20,7	20	2	9,4	8,8	36,8
			4,7					8,3		
			5,2					8,8		
40°C	20	2	4,5	5,1	21,1	20	2	7,9	8,0	33,5
			7,6					8,3		
			3,1					7,9		
60°C	40	2	7,2	7,1	14,8	40	4	10,7	10,5	10,9
			7,4					10,3		
			6,7					10,4		
80°C	60	2	4,3	4,3	6,5	80	2	6,0	6,0	6,3
		4	8,4	9,7				6,0		
			11					6,0		
Время выд-ки	15 дней					20 дней				
25°C	20	2	7,1	6,13	25,6	20	2	8,5	8,3	34,5
			5,3					8,6		
			6					7,8		
40°C	20	2	7,9	8,43	35,1	20	2	7,7	7,6	31,5
			8,0					6,9		
			9,4					8,1		
60°C	40	4	5,7	3,2	3,3	40	4	4,9	6,2	6,5
			1,4					7,3		
			2,5					6,5		
80°C	80	4	14,7	12,9	6,7	80	4	6,2	5,5	2,9

Таблица Б.1 – Результаты проведения исследований (трение)

Выдержанные в соляном растворе образцы										
Время выдержки	5 дней					10 дней				
Температура/параметры	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания h _{рез} , мм	Сред. знач. глубины резания h, мм	Скорость вдавливания, (мм/Н)·10 ⁻³	Осевая нагрузка Р, Н	Время разрушения t, мин	Глубина резания h _{рез} , мм	Сред. знач. глубины резания h, мм	Скорость вдавливания, (мм/Н)·10 ⁻³
25°C	40	5	2,30	2,93	73,33	40	5	2,60	1,67	41,67
			4,40					1,20		
			2,10					1,20		
40°C	40	5	2,20	2,10	52,50	40	5	1,60	2,53	63,33
			2,30					3,0		
			1,80					3,0		
60°C	80	5	-	0,30	3,75	100	5	1,50	1,17	11,67
			0,45					0,20		
			0,15					1,80		
80°C	120	5	1,25	1,02	8,47	120	5	0,10	0,17	1,39
			0,90					0,10		
			0,90					0,30		
Время выд-ки	15 дней					20 дней				
25°C	40	5	0,56	0,88	21,92	40	5	1,43	1,66	41,50
			1,24					2,45		
			0,83					1,10		
40°C	40	5	0,50	0,83	20,83	40	5	0,4	0,93	23,33
			1,0					1,7		
			1,0					0,7		
60°C	140	5	0,50	1,33	9,52	140	5	0,3	0,72	5,12
			1,70					0,45		
			1,80					1,40		
80°C	140	5	0,80	0,67	4,76	140	5	0,16	0,20	1,43
			0,40					0,30		
			0,80					0,14		

Приложение В
(справочное)

What are positive displacement mud motors in drilling for oil and gas?

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Сергеев Анатолий Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Хорев Владимир Сергеевич	к.т.н		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

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

Positive-Displacement Motors (PDM) make use of a power generation section which is made up of a rotor/stator combination. In order to move a rotor part, a PDM requires hydraulic power from drilling fluid flowing through the power generation part.[38] With a PDM, the stator and rotor work in tandem in the same way that gears do. The stator acts as the outer gear, and is made from a moulded elastomer featuring at least two lobes. The OD of the elastomer is protected by a secure metal casing. The rotor is positioned within the stator, and acts as an internal gear. This rotor is made of metal, and will have one less gear or lobe than the stator. Because of this difference, a cavity is created which is filled with drilling fluid when the PDM is downhole. This cavity acts as a wedge when it is put under pressure, and because the drilling fluid itself can't be compressed, the force applied to the top of the wedge causes the rotor to move [39].

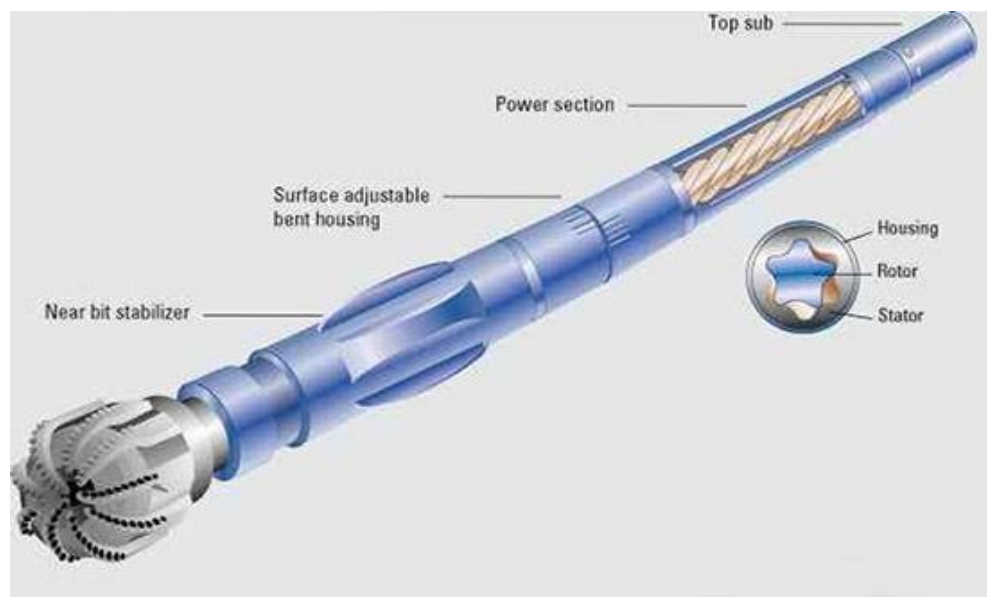


Figure 1 – Mud Motor

Given the helical shape of the rotor, such an application of force causes the rotor to rotate [40]. As with a turbine, this rotation is then transmitted to the drive shaft and from there on to the drill bit. A seal around the cavity is produced as a result of contact between the OD of the rotor and the ID of the stator, as seen in Figure 2. This means that torque is applied to the rotor in order to overcome the resistance caused by the bit/formation interface and contact resistance between internal motor components [41].

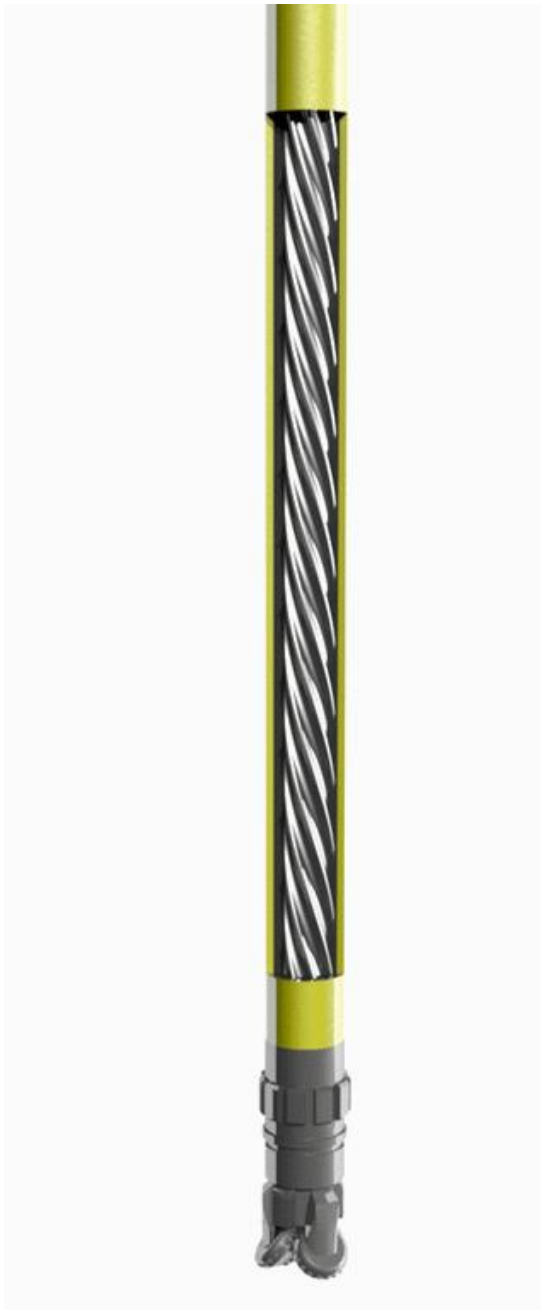


Figure 2 – Mud motor rotation (Wikipedia, 2018)

In a turbine, torque and bit speed are dependent on each other; this is not so within a PDM. However, an exception to this rule is where the rotor is «nozzled» (when a bore through the rotor is used to divert a portion of the drilling fluid). As per the theory, torque is proportional to differential pressure (which increases at the surface as WOB increases), as bit speed is also proportional to the flow rate. The torque is proportional to the cube diameter of the motor, and the speed is inversely proportional to this same factor. Therefore, power is proportional to the square of the motor diameter. A function of the stator/rotor sliding speed during rotation is the

speed limitation of the PDM. This is also affected by the drilling fluid velocity through the cavities [42].

The rotor/stator configuration is what controls the torque/bit speed relationship as seen in Figure 3. When the number of rotor/stator lobes increases from the single lobe arrangement of conventional motors to multiple lobes, the bit speed will decrease, while the torque production will increase. This allows for the optimization of torque and bit speed, which is needed for roller-cone bits and drag-type PDC bits. Normal PDMs cannot meet these output necessities.

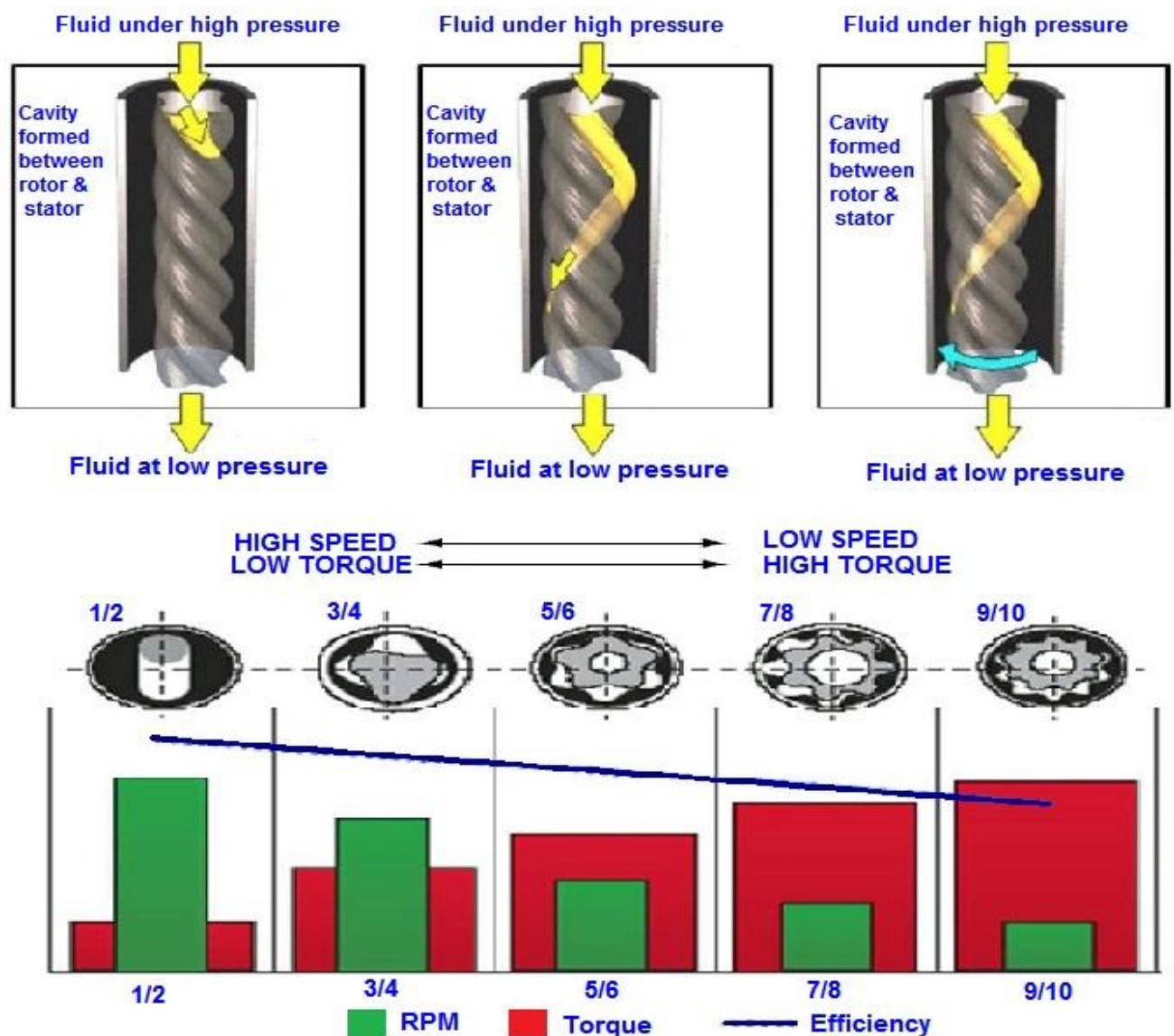


Figure 3 – Mud Motor Configuration, RPM, Torque Relationship

(directionaldrillingart.blogspot.com, 2017)

Components of PDM

This information below explains main components of PDM.

Dump Valve

The bypass valve, or dump valve, is shown in Figure 4 below. It is used to allow drilling fluid to fill the drillstring from the annulus when it is tripping into the wellbore, or to drain it when it is tripping out. Thanks to this valve, the bottom of the wellbore maintains a constant pressure, which helps to prevent control problems during trips [43].

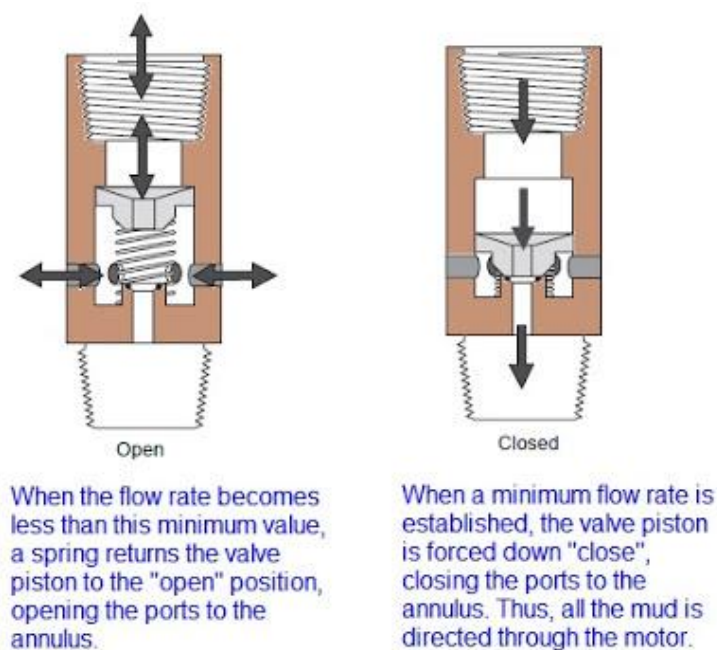


Figure 4 – Dump Valve (directionaldrillingart.blogspot.com, 2017)

Power Section

In the power section (Figure 5), the spiral shaped rotor produces rotation when the drilling fluid force acts upon it. Should the bit/formation resistance to rotation (known as the drilling torque requirement) be too great, the drilling fluid can potentially cause the elastomeric material of the stator to become deformed temporarily. The division or seal between high and low pressure is then lost, which causes the motor to stall. As the pressure inside each cavity decreases from leakage of fluid volume past the lost seal, there will be a significant pressure increase at the surface. This means that the motor needs to be lifted off the bottom, and then restarted. Should the stall not be properly corrected, the stator will be permanently

damaged, and the life of the overall motor reduced. This is especially important when working with higher flow rates or high differential pressures. Less applied differential pressure will mean fewer stalls [45].



Figure 5 – Power Section (Dyna-Drill.com, 2018)

The center axis of stator and rotor are not identical. The offset between these two center points is known as “eccentricity”. When the rotor turns within the stator, its axis moves around that of the stator. One full rotation around this stator axis is called a nutation or precession. To find a PDM’s precessional speed, one must multiply the rotational speed by the number of rotor lobes. This process is, in effect, a gear reduction mechanism, and accounts for why the bit speed will decrease when the rotor/stator lobe configuration is increased.

The stator itself is formed out of a steel tube, lined with elastomer, and with spiraled lobes which correspond to the rotor. The material needs to be rigid enough to withstand abrasion and wear from the solids in the drilling fluid, but also flexible enough to provide enough of a seal on the rotor. It is therefore necessary to find some midpoint between these two demands. The material also needs to be minimally affected by the numerous chemicals in the drilling fluid, as well as normal operating

temperatures. It is vital that the elastomer bonds properly to the steel casing. It needs to be completely clean, to allow for effective adhesion.

After this is done, the elastomeric material needs to be pumped into its proper place, to prevent air pockets developing between the elastomer and its casing, as well as within the elastomer itself. Finally, an intricate curing process needs to take place. Although this is considered proprietary, it is nonetheless similar to the procedures used to heat-treat various metals [46].

Power Curves

PDM Power Curves are an extremely useful source of specific data when required drilling parameters are known. There are four major parameters displayed on the Power Curve format used here:

- Output Torque (foot-pounds)
- Output Rotational Speed (revolutions per minute)
- Total Pressure Drop (pounds per square inch)
- Drilling Fluid Flow Rate (gallons per minute)

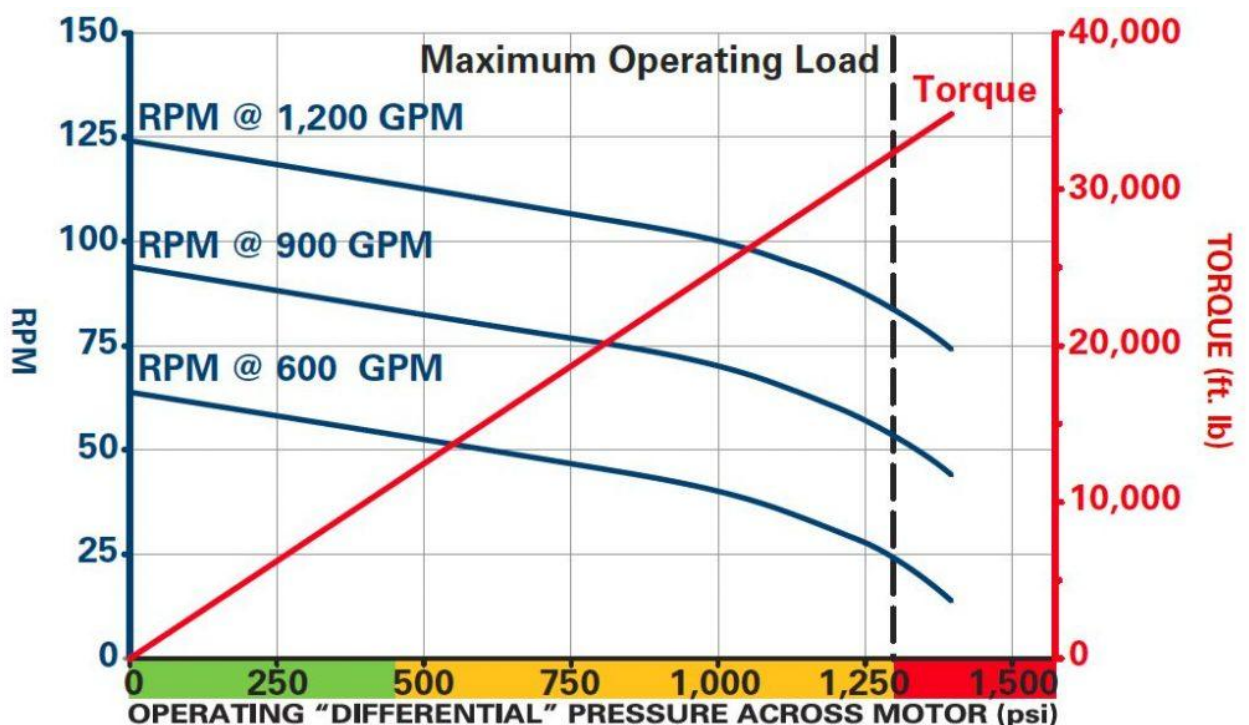


Figure 5 – Power Curve of Mud Motor (Halliburton, 2018)

These graphs refer specifically to a stated design (i.e. a rotor/stator configuration), and one where water is used as the fluid medium. Should a fluid of a higher density

or viscosity be used, the torque and pressure drop will subsequently be higher. Using weighted fluid will have an impact on the parasitic (free-running) pressure losses which are a part of the total pressure drop. Said parasitic pressure losses are in part a result of contact between the particles of barite which is used to raise the density of the fluid. When the drilling fluid weight goes up, so too does the amount of solid particles and thereby the particle-to-particle contact.

In addition, if a fluid is used which is more viscos than water, the torque output will be larger than the one indicated by a water-based curve. This is because thicker fluids result in a better seal between rotor and stator, maximizing the differential pressure that may be applied. Given the direct relationship between torque production and applied differential pressure, higher differential pressure across the PBM means there will be greater torque production than that shown on the Power Curve, as the seal is improved [47].

Transmission Assembly

The Transmission Assembly takes care of the eccentric rotation, or precession, of the rotor, which needs to be stabilized within the stator when the mechanical energy reaches the bit. On top of this purpose, the transmission assembly will also absorb some of the hydraulic thrust which originates in the power section, and transmit the generated torque to the drive or output shaft. There are multiple designs used in the drilling industry to achieve this purpose.

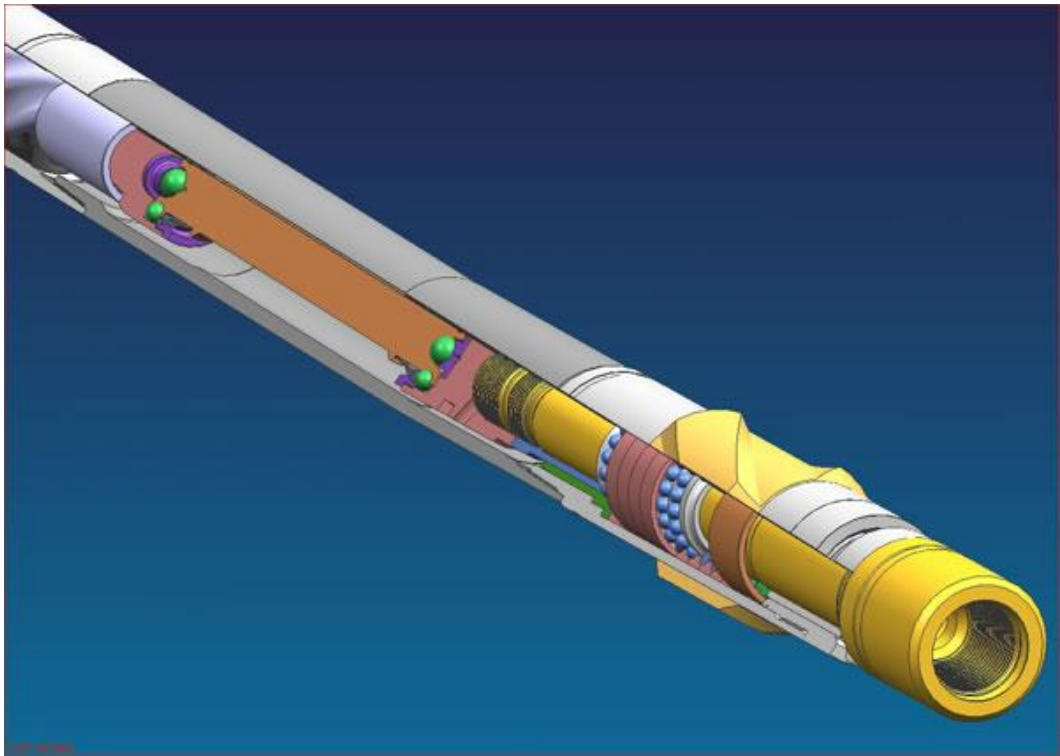


Figure 6 – Transmission Assembly (<http://steelmakingmachine.com>, 2017)

Bearing Assembly

Bearing assembly which consists of radial and axial thrust bearings supports a transmission assembly. The bearing assembly transmits rotational force from the transmission assembly and support both trust load and radial bending load while drilling.

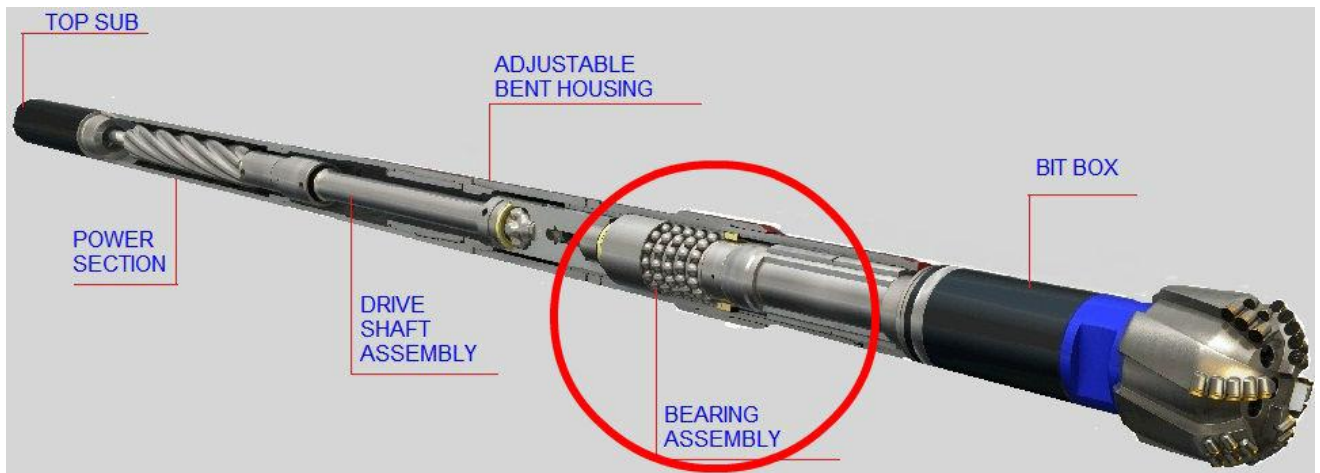


Figure 7 – Bearing Assembly

There are two types of bearing assembly.

1. **Oil Sealed Bearing Assembly** – This type is recommended to use when corrosive drilling fluid is utilized, there is a lot of LCM to be pumped through the BHA or it is required to have very low pressure drop across the bit.
2. **Mud Lubricated Bearing Assembly** – This type use some of mud flowing through the bearing assembly. Typically, it is about 4 – 10% of mud which is used to lubricate and cool the shaft and bearings.

Adjustable Bend Housing

An adjustable bend housing (figure 8) connects a bearing assembly to a stator and it also provides protection to a transmission assembly. The bending on a mud motor can be adjusted in order to achieve a required build rates while sliding. If the angle is set at 0 degree bend, it is normally used to improve drilling performance in a vertical well since a bit will spin faster than a rotary drilling [48].

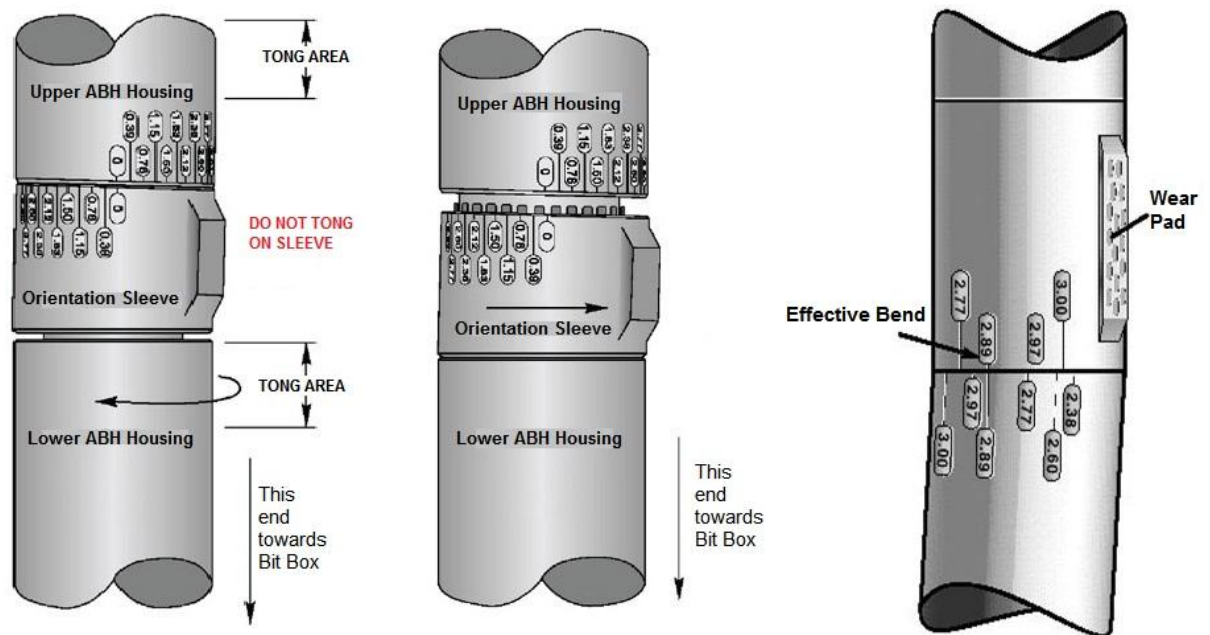


Figure 8 – Adjustable Bend Housing (<http://drillingknowledge.blogspot.com>, 2018)