

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

---

Школа Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела (ОНД)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Разработка рецептуры раствора для обработки эластомера винтового забойного двигателя с целью повышения его ресурса</b>

УДК 678.074:622.243.92.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Буленко Леонид Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Хорев В.С.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения социально- гуманитарных наук	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу, выполненному на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения иностраннных языков	Стрельникова А.Б.	к.ф.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2018 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
P1	Способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
P2	Уметь использовать программно-целевые методы решения научных проблем
P3	Способность самостоятельно овладевать новыми методами исследований, модифицировать их и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования
P4	Способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, находить нестандартные решения, брать на себя всю полноту ответственности
P5	Уметь понимать и анализировать экономические, экологические, социальные и проблемы промышленной безопасности нефтегазовой отрасли
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P6	Умение формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и практической деятельности
P7	Умение использовать методологию научных исследований в профессиональной деятельности
P8	Способность планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы
P9	Умение проводить анализ и систематизацию научно-технической информации по теме исследования, осуществлять выбор методик и средств решения задачи, проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты новых разработок
P10	Умение применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности
P11	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.

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

---

Школа Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела (ОНД)

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

**МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ6Д	Буленко Леониду Юрьевичу

Тема работы:

Разработка рецептуры раствора для обработки эластомера винтового забойного двигателя с целью повышения его ресурса	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Определение эффективности обработки эластомера винтового забойного двигателя растворами солей.  Основы для применяемых растворов: хлорид натрия; хлорид калия; хлорид магния; хлорид бария; хлорид кальция.  Температура выдержки образцов: $t = 80^{\circ}\text{C}$ .  Время выдержки: 5, 10, 15, 20 суток.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области;</li> <li>2. Проведение экспериментальных исследований по изнашиванию необработанных образцов и образцов после выдержки в растворах пяти солей;</li> <li>3. Финансовый менеджмент;</li> <li>4. Социальная ответственность;</li> <li>5. Перевод одной из основных частей литературного обзора на английский язык;</li> <li>6. Выводы по работе.</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b>	Схема известных факторов, приводящих к кольматации ПЗП, с методами их разрушения; презентация.

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения</b>	Макашева Ю.С.
<b>Социальная ответственность</b>	Задорожная Т.А.
<b>Разделы, выполненные на иностранном языке</b>	Стрельникова А.Б.

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

Литературный обзор

Literature review

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	1.02.2016
---	-----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Хорев В.С.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Буленко Леонид Юрьевич		

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

---

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки: 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
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:

<b>МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ</b>
---------------------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2016 г.
--	---------------

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Хорев В.С.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ6Д	Буленко Леониду Юрьевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Нефтегазовое дело</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	21.04.01 «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>Расчет сметной стоимости выполняемых работ, согласно применяемой техники и технологии</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочим, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс Российской Федерации Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%;</i>

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

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

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT
2. Календарный график проведения НТИ
3. Бюджет проекта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	10.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Ю.С. Макашева			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2БМ6Д	Буленко Леонид Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ6Д	Буленко Леониду Юрьевичу

<b>Инженерная школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Нефтегазового дела</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования в данной научно-исследовательской работе является эластомер винтового забойного двигателя, который представляет собой резиновую обкладку статора, без которой невозможна работа данного типа оборудования, применяемого для бурения и капитального ремонта скважин. Сущность работы заключается в исследовании влияния растворов солей для обработки резиновой обкладки винтового забойного двигателя на улучшение прочностных характеристик резины и, как следствие, на ресурс оборудования в целом.</i>
--	--

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></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"> <li>- Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу</li> <li>- Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- Превышение уровней шума и вибрации;</li> </ul> <p><i>В качестве опасных факторов:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</li> </ul> <p><i>Рассмотреть источники опасностей, воздействие на человека, нормирование, мероприятия по защите от данных факторов.</i></p>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></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 литосферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- химическое загрязнения почв в результате разлива бурового раствора.</li> </ul> <p><i>Влияние объекта исследования на гидросферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- загрязнение грунтовых вод буровым раствором с содержанием химически опасных веществ.</li> </ul> <p><i>Влияние объекта исследования на атмосферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выделение попутного газа в процессе бурения.</li> </ul> <p><i>Влияние процесса исследования на окружающую среду выражены также загрязнением водных ресурсов и атмосферы.</i></p> <p><i>Рассмотреть влияние вышеописанных факторов на окружающую среду и предложить возможные мероприятия и средства защиты окружающей среды от данных факторов.</i></p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p><i>В качестве наиболее распространенной ЧС при использовании объекта исследования</i></p>

<p>3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.</p> <p>3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.</p> <p>3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС.</p>	<p><i>рассмотрено газонефтеводопроявление. Необходимо описать возможные причины данной ЧС, рассмотреть мероприятия по предотвращению ЧС и составить план действий на случай, если ЧС уже случилась</i></p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></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><i>Рассмотреть нормы охраны труда для работника лаборатории, а также нормы по компоновке рабочего места в лаборатории.</i></p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.04.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Задорожная Т.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Буленко Леонид Юрьевич		

## **РЕФЕРАТ**

Дипломная работа включает в себя: 71 страниц, 56 рисунков, 20 таблиц, 18 формул, 21 источник, 4 приложения.

Объект исследования – эластомер ВЗД.

Цель работы: разработка рецептуры раствора для обработки эластомера винтового забойного двигателя для увеличения межремонтного ресурса.

Задачи:

- провести литературный обзор по выбранной теме;
- изучить влияние обработки растворами солей на устойчивость к износу резины ИРП-1226.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены тенденции развития и пути совершенствования винтового забойного двигателя, приведено описание проблемных областей, произведено исследование влияния растворов разных солей на упрочнение эластомера.

Итогом проведенной работы является пояснительная записка с обобщенными результатами исследования.

Ключевые слова: винтовой забойный двигатель, бурение, резиновая обкладка, эластомер, статор.

## Оглавление

РЕФЕРАТ .....	9
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	14
1.1. История создания винтовых забойных двигателей.....	14
1.2 Устройство и принцип работы винтового забойного двигателя .....	14
1.2 Принцип работы.....	16
1.3 Основные особенности ВЗД, влияющие на его технические параметры .....	17
1.4 Методы совершенствования рабочих органов ВЗД.....	18
1.5 Основные проблемы винтовых забойных двигателей .....	18
1.6 Анализ основных причин износа эластомеров .....	19
1.7 Влияние растворов солей на эластомер ВЗД .....	22
1.8 Вклад других исследователей в изучение темы повышения ресурса ВЗД.....	23
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	25
2.1. Экспериментальная часть .....	25
2.2 Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера .....	26
2.3 Методика проведения экспериментальных исследований .....	28
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	31
3.1 Износ необработанных образцов резины ИРП-1226.....	31
3.2 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{NaCl}_2$ .....	32
3.3 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{KCl}$ .....	39
3.4 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{MgCl}_2$ .....	44
3.5 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{CaCl}_2$ .....	50
3.6 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{BaCl}_2$ .....	56
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	63
4.1 SWOT-анализ.....	63

4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	64
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	65
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	66
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования .....	69
Расчет материальных затрат научно-технического исследования ....	69
4.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы .....	70
4.2.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)71	
4.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	72
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73
Введение.....	73
5.1 Производственная безопасность. ....	74
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований. ....	75
5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования.....	77
5.1.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов .....	80
5.2 Экологическая безопасность .....	81
5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду81	
5.2.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду .....	82
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	82
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований .....	83
5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований .....	83
5.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	84

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	84
5.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	84
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	85
Заключение .....	87
Список литературы: .....	89
Приложение 1 .....	92
Приложение 2 .....	100
Приложение 3 .....	101

## **ВВЕДЕНИЕ**

Добыча нефти и газа является приоритетным направлением в сфере освоения природных ресурсов не только в нашей стране, но и во всем мире. Так как объемы потребления углеводородного сырья и энергоресурсов в настоящее время занимают лидирующие позиции и не могут быть полностью заменены альтернативными, остается потребность в освоении новых месторождений, а значит необходимо наращивать объемы бурения скважин.

По статистике на данный момент три четверти объемов бурения и ремонта скважин в России производится с использованием винтовых забойных двигателей (ВЗД), это связано с развитием технологий и увеличением объемов наклонно-направленного и горизонтального бурения, а также появлением новых породоразрушающих инструментов и усовершенствованием систем телеметрического сопровождения.

Тенденция роста объемов работ, выполняемых с использованием ВЗД, обуславливает актуальность работы над усовершенствованием существующей конструкции с целью улучшения таких параметров как эффективность и надежность, так как на данный момент межремонтный ресурс ВЗД в основном составляет от 150 до 300 часов работы в зависимости от марки производителя и габарита двигателя.

Основной причиной выхода из строя ВЗД, на которую приходится почти половина всех отказов в работе, является разрушение резиновой обкладки статора – эластомера, который наиболее подвержен износу во время работы в агрессивной среде бурового раствора в следствие механического, термического и химического воздействия.

Обработка эластомера раствором специально подобранной рецептуры может обеспечить повышение устойчивости к разрушению этого элемента винтового забойного двигателя. В данной работе производится сравнение данных о степени и характере износа необработанных и выдержанных в пяти разных растворах соли образцов резины марки ИРП-1226, применяемой для изготовления эластомеров ВЗД, полученных экспериментальным путем.

## **1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

### **1.1. История создания винтовых забойных двигателей**

Родиной турбинного бурения является СССР, именно здесь в 1922-1923 годах был разработан и изготовлен первый промышленный образец гидравлического забойного двигателя – редукторный турбобур с одноступенчатой турбиной. Начиная с 40-х годов данный тип оборудования стал основным техническим средством бурения. Распространение такого способа бурения позволило достичь высоких показателей роста объемов добычи нефти и газа. Однако, с появлением необходимости бурения более глубоких скважин и модернизацией буровых долот, нарастало отставание по показателям проходки за рейс по отношению к мировым. Обусловлено это было тем, что высокооборотистые турбобуры, не позволяли развивать необходимое значение крутящего момента, это не позволяло применять современные низкооборотные долота [2]. Так появилась необходимость в переходе на технологию низкооборотного бурения.

### **1.2 Устройство и принцип работы винтового забойного двигателя**

Винтовой забойный двигатель (сокращенно – ВЗД), он же: гидравлический забойный двигатель (сокращенно – ГЗД) – представляет собой объемный роторный гидравлический механизм, который преобразует давление нагнетаемой в полость статора буровой промывочной жидкости во вращательное движение выходного вала. В конструкцию ВЗД входит двигательная секция (иначе – рабочая пара), шпindelная секция, а также в исполнениях для наклонно-направленного бурения регулятор угла перекоса. На роторе рабочей пары вырабатывается крутящий момент, который посредством гибкого вала (торсиона) или шарнирного соединения (кардана) передается на вал шпindelной секции на конце которого крепится долото.

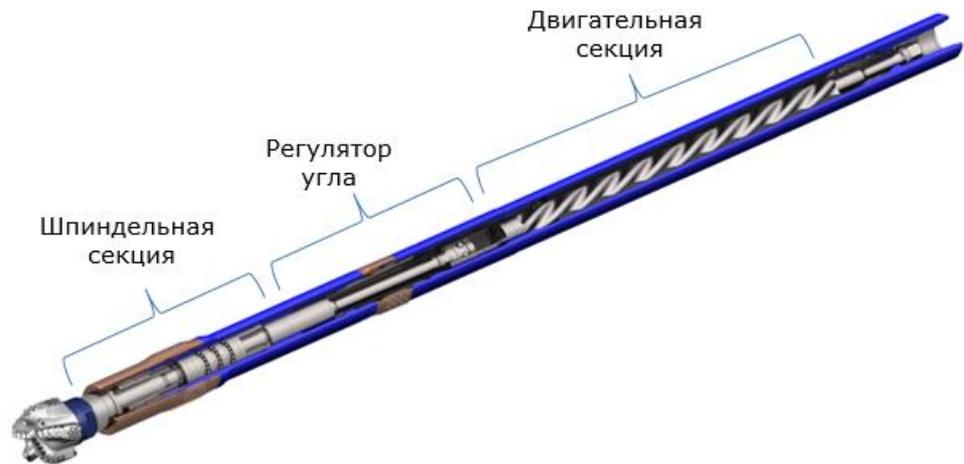


Рисунок 1 – Винтовой забойный двигатель с регулятором угла перекоса

**Двигательная секция** предназначена для преобразования энергии движущегося потока промывочной жидкости во вращательное движение ротора. В состав рабочей пары входят ротор и статор. Статор выполнен в виде стального корпуса, к внутренней поверхности которого привулканизирована резиновая обкладка (эластомер) с внутренними винтовыми зубьями левого направления. Стальной ротор имеет наружные винтовые зубья, на один меньше чем у статора. Величина хода винтовых линий зубьев ротора и статора пропорциональна числу их зубьев. Зубья статора и ротора находятся в непрерывном контакте и образуют замыкающиеся по длине статора единичные камеры. Промывочная жидкость, нагнетаемая буровыми насосами, поступает через двигатель к долоту, проворачивая при этом ротор внутри статора.

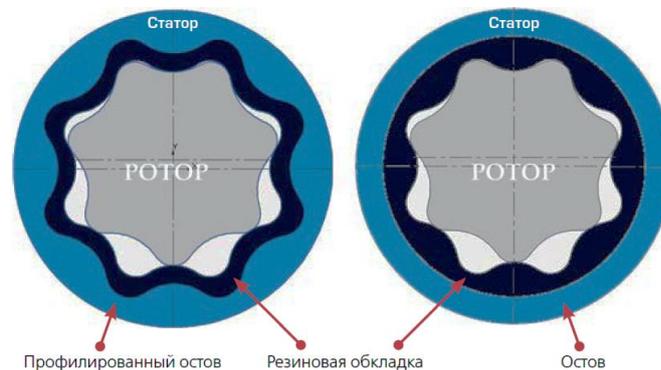


Рисунок 2 – Поперечное сечение двигательной секции R-Wall (слева) и классический (справа)

**Регулятор угла или косой переводник** предназначены для придания двигателю необходимого угла искривления. Регулятор угла состоит из двух

переводников, сердечника и зубчатой муфты, которая для повышения износостойкости в месте контакта со стенкой скважины армирована твердосплавными зубками. На косом переводнике в месте контакта со стенкой скважины выполнена наплавка износостойким материалом.

**Шпиндельная секция** служит для восприятия гидравлических нагрузок, реакции забоя и радиальных нагрузок от долота при бурении. Включает в себя упорно-радиальный многорядный шарикоподшипник или многорядную резинометаллическую пяту и радиальные опоры скольжения.



Рисунок 3 – Шпиндельная секция ВЗД

## 1.2 Принцип работы

Винтовой забойный двигатель (ВЗД) является объемным мотором. Принцип работы заключается в преобразовании энергии буровой промывочной жидкости, движущейся под высоким давлением в колонне бурильных труб. Попадая в ВЗД происходит преобразование этой энергии в механическую, в движение приходит ротор, вращение от которого передается через карданный вал на долото.

Ротор вращается по часовой стрелке, а геометрическая ось ротора, относительно оси статора, - против часовой. [10]

Для функционирования пары «статор-ротор» необходимо чтобы выполнялись следующие условия:

- Число зубьев статора  $Z_2$  на единицу больше, чем зубьев ротора  $Z_1$ ;

$$Z_2 = Z_1 + 1 \quad (1)$$

- Отношение длины шагов резьбы на винтовых поверхностях наружного элемента (статора)  $T$  и внутреннего элемента (ротора)  $t$  должно быть пропорционально отношению числа зубьев;

$$\frac{T}{t} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (2)$$

- Длина рабочих органов  $L$  должна быть не менее длины шага резьбы на винтовой поверхности наружного элемента (статора);

- Профили зубьев статора и ротора взаимноогибоемы и находятся в непрерывном контакте между собой в любой фазе зацепления.

### **1.3 Основные особенности ВЗД, влияющие на его технические параметры**

- Момент от гидравлических сил на наружном элементе (статоре) совпадает с направлением рабочих органов, а на внутреннем элементе (роторе) – направлен в противоположенную сторону.

- Реактивный момент направлен против часовой стрелки - нарезка двигательной секции – левая.

- Во всех двигательных секциях левое направление зубьев, выходной вал двигателя вращается по часовой стрелке, если смотреть сверху.

- Большая заходность двигательной секции позволяет развивать больший момент, но при этом уменьшается частота вращения.

- Чем длиннее шаг винтовой линии, тем меньше частота вращения и дифференциальный перепад на двигательной секции при одном и том же моменте.

- Дифференциальный перепад давления – это разность давлений в нагнетательной линии при работе двигателя под нагрузкой и при отрыве долота от забоя.

- Чем больше число шагов, тем больше момент, который может развивать двигательная секция и больше максимально допустимый дифференциальный перепад давления.

- Чем больше расход промывочной жидкости, тем больше частота вращения, мощность и момент, развиваемый двигательной секцией.

- Увеличение плотности промывочной жидкости приводит к росту давления и, как следствие, момента, развиваемого двигательной секцией.

#### **1.4 Методы совершенствования рабочих органов ВЗД**

На данный момент существует три основных подхода к совершенствованию двигательной секции винтового забойного двигателя:

- *Увеличение длины рабочих органов*, позволяет снизить уровень контактных нагрузок в зацеплении и, как следствие, уменьшить интенсивность износа и предотвратить преждевременное разрушение резиновой обкладки из-за повышенных деформаций и разогрева резины [5].

- *Снижение динамических нагрузок при работе*. Уменьшение массы ротора позволяет избежать развития значительной центробежной силы и создания интенсивных поперечных вибраций, приводящих к ускоренному износу статора, а также других узлов ВЗД.

- *Оснащение двигателей статорами с равномерной толщиной резиновой обкладки* (профилированными или армированными статорами) При этом удается добиться повышенного КПД и увеличить ресурс [1].

- *Внедрение упрочняющих элементов в состав резины*. Введение в состав резины армирующих добавок позволит повысить износостойкость эластомера.

#### **1.5 Основные проблемы винтовых забойных двигателей**

Не смотря на обширное применение, на данный момент у ВЗД существует целый ряд проблем, связанных прежде всего с большим количеством отказов во время бурения.

Анализ причин отказов винтовых забойных двигателей, говорит о том, что 49 % всех случаев выхода из строя связано с износом рабочих органов (рисунок 4).

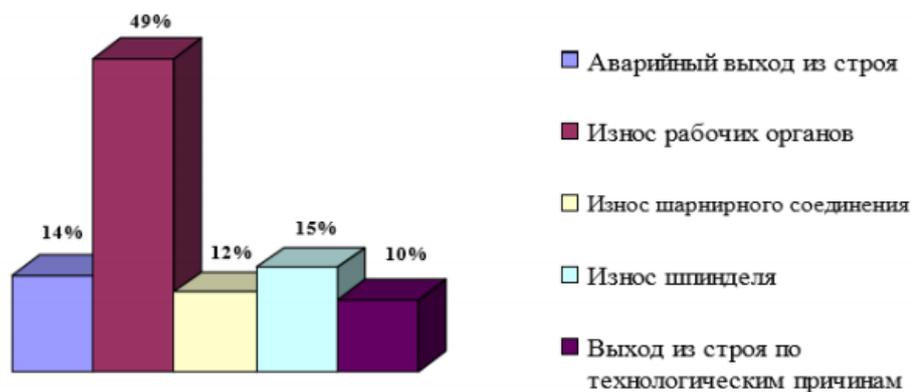


Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма причин отказов ВЗД

Причинами малого межремонтного ресурса у ВЗД являются: механический износ рабочих органов в следствие высоких нагрузок, ограниченный температурный диапазон работы резиновой обкладки статора; деформация и разрушение эластомера.

### 1.6 Анализ основных причин износа эластомеров

Установлено, что износ рабочих органов винтового забойного двигателя через 100 часов работы составляет 45 %, из них 33 % (наиболее интенсивный износ резинового эластомера статора) приходится на первые 60-80 ч работы двигателя в скважине. Причины заключаются в прочностных характеристиках контактирующих поверхностей рабочей пары, повышенном начальном натяге, а также в увеличении гидравлических и механических сопротивлений в рабочих органах во время приработки винтовых поверхностей.

Рабочая среда для рабочей пары «статор-ротор» — это буровой раствор, который является крайне агрессивным с содержанием в нем абразивных твёрдых частиц и дополнительных примесей, а также веществ, которые разъедают эластомер или изменяют его механические свойства. ВЗД также подвергается эрозионному и коррозионно-механическому износу при воздействии повышенных давлений и температур.

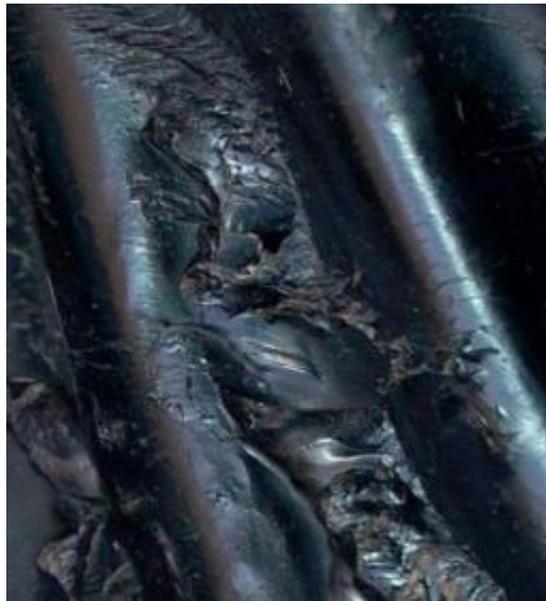


Рисунок 5 – Износ эластомера при воздействии повышенных давлений и температур

Анализ изношенных и вышедших из строя поверхностей эластомеров статоров ВЗД показывает, что износ профиля выступов резинового элемента статора различается в зависимости от характера контактного взаимодействия в каждый момент цикла нагружения и зависит от величины касательных напряжений. В зоне, где значения касательных напряжений максимальны, наблюдается наибольший износ, который изменяет профиль зубьев и снижает натяг в рабочей паре ВЗД (рисунок 6).

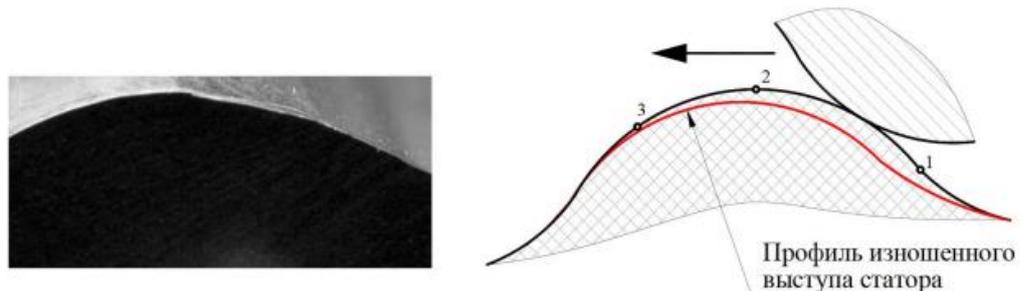


Рисунок 6 – Профиль изношенного зуба статора

Во время цикла контактного взаимодействия поверхностей в рабочей паре ВЗД, происходит абразивное изнашивание, представляющее наибольшую степень опасности.

На рисунке 7 изображена модель внутренней поверхности статора, на которой показано как распределяются напряжения в местах контакта с ротором.

Из рисунка видно, что максимальное контактное напряжение на статоре приходится на верхнюю часть зуба.

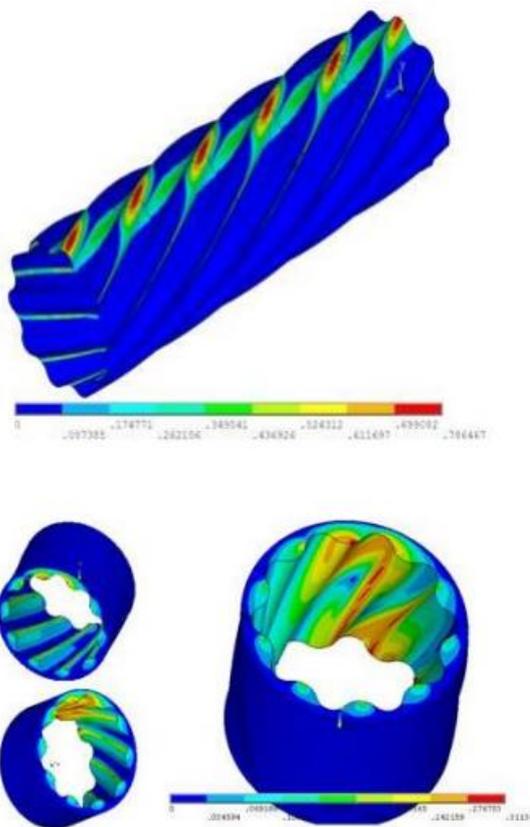


Рисунок 7 – Распределение напряжений в рабочей паре «ротор-статор»

Анализ показал, что большое влияние на срок службы ВЗД и сохранение его рабочих характеристик оказывает точность формообразования зубчатых поверхностей при изготовлении статора и ротора. В процессе изготовления статора могут возникать такие отклонения профиля и высоты зубьев как: отклонения от цилиндричности канала зубчатой резиновой обкладки статора (конусность, корсетность, бочкообразность), отклонения осевого шага зубьев и др.. Величина этих отклонений зависит от марки используемой резины и точности изготовления пресс-формы статора и корпуса статора [6].

Как уже было отмечено, на долговечность работы двигательной секции влияет величина натяга в зацеплении. Чтобы получить требуемые энергетические характеристики ВЗД и повысить долговечность его узлов необходимо обеспечить оптимальный натяг в зацеплении, а также минимальные отклонения от величины этого натяга.

В условиях повышенных температур резина, используемая для создания обкладки статоров ВЗД, меняет свои физико-механические и упругие свойства, а при нагреве до температуры 180 °С происходит её термическое разрушение. С повышением температуры и уровня циклически действующих напряжений динамическая долговечность резинотехнических изделий понижается.

### **1.7 Влияние растворов солей на эластомер ВЗД**

В практике бурения скважин давно нашли свое применение водные растворы хлорида натрия (NaCl) и хлорида кальция (CaCl<sub>2</sub>) [9], они используются при бурении в условиях многолетнемерзлых горных пород, температура которых достигает -9 °С. Помимо этого при концентрациях NaCl до 5% раствор используют для ингибирования глин и повышения структурно-механических свойств БР, обработанных защитными коллоидами, для повышения статического напряжения сдвига (СНС) при бурении на карбонатно-глинистых суспензиях. NaCl также применяется для насыщения буровых промывочных жидкостей перед вскрытием соленосных отложений для предупреждения образования каверн в скважинах, а также как антиферментатор крахмала при естественной достаточной минерализации [8].

Однако присутствие солей в буровом растворе негативно сказывается на составляющих двигательной секции. На рисунке 8 изображен ротор ВЗД после эксплуатации на солевом растворе.



Рисунок 8 – Дефекты на роторе после эксплуатации на солевом растворе  
Дефекты, возникающие на роторе в процессе эксплуатации, повреждают резиновую обкладку статора (рисунок 9).



Рисунок 9 – Дефекты на роторе после эксплуатации на солевом растворе

### **1.8 Вклад других исследователей в изучение темы повышения ресурса ВЗД**

В статье доктора технических наук Назарова В.Г. «Моделирование процессов трения скольжения в паре поверхностно и объемно модифицированный эластомер – металл» рассматривается другой подход к модификации эластомера, здесь основной задачей поставлено улучшение антифрикционных характеристик резины за счет применения оптимального сочетания методов их объемной и поверхностной модификации. Механизм предполагает формирование сеточно-связанной системы ингредиентов в виде шарообразных частиц с низким коэффициентом трения, внедренной в поверхностный (в том числе модифицированный) слой эластомера. Исследователем было доказано, что в этом случае под действием нормальной нагрузки возникают области пониженного трения, которые уже при незначительной поверхностной концентрации шарообразных частиц приводят к существенному снижению общего коэффициента трения скольжения поверхностно модифицированного эластомера. Вторая модель предполагает введение в поверхностные слои эластомера системы нано- и микрокапсул, включающих фторсодержащие и иные антифрикционные компоненты в жидкой фазе. В этом случае в состоянии покоя исключается потеря антифрикционного компонента за счет миграционных процессов, а в условиях работы узла трения

происходит дозированное в зависимости от нагрузки разрушение микрокапсул и выход смазки на поверхность [10].

Студентами национального исследовательского Томского политехнического университета г. Томска под руководством старшего преподавателя А. В. Епихина в ходе оценки влияния соляного раствора на деформацию эластомеров винтовых забойных двигателей было выявлено, что соляной раствор оказывает «дубящее» воздействие на образцы эластомера, что отражается на сравнительном уменьшении величины деформации образцов относительно реперных исследований на воде [7]. Таким образом было высказано предположение о возможном применении соляных растворов для упрочнения резиновой обкладки статора ВЗД.

## **2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Экспериментальная часть**

Развитие технологии наклонно-направленного бурения и создание новых породоразрушающих инструментов, требует также совершенствования конструкции винтовых забойных двигателей, которые в различных регионах страны обеспечивают порядка 75% объемов бурения и тенденции в нефтяной и газовой отрасли ведут к их постоянному увеличению.

В конструкции ВЗД элемент наиболее подверженный воздействию агрессивной среды буровой промывочной жидкости, это резиновая обкладка статора рабочей секции, на которую согласно статистике выхода из строя данного оборудования, приходится половина всех отказов. Разрушение эластомера приводит к ухудшению рабочей характеристики двигателя, забиваются промывочные насадки долота и дальнейшее бурение становится невозможным без замены вышедшего из строя ВЗД, это приводит к необходимости дополнительных спускоподъемных операций, что влияет на увеличение конечной стоимости строительства скважины.

Основные направления повышения ресурса данного типа бурового оборудования – это подбор оптимальной геометрии рабочих органов, внедрение новых износостойких материалов и покрытий для элементов рабочей секции, изменение конструкции статора, усовершенствование технологии изготовления. В данной работе предлагается увеличить ресурс ВЗД, обработкой резиновой обкладки раствором специально подобранной рецептуры, который позволит обеспечить повышение устойчивости эластомера к разрушению.

Резина в своем строении имеет открытые поры, за счет этого у неё есть свойство набухать в различных средах, таким образом пространство этих пор можно использовать для армирования готового изделия.

Целью данной работы является разработка рецептуры раствора для обработки эластомера винтового забойного двигателя для увеличения межремонтного ресурса.

Объект исследования – это резиновая обкладка статора винтового забойного двигателя – эластомер, в среде растворов пяти различных солей хлоридов.

Предмет исследования – резина марки ИРП-1226, которая наиболее часто применяется для изготовления обкладки статоров ВЗД в российских компаниях, производящих данное оборудование.

Резина ИРП-1226 представляет собой маслостойкую резиновую смесь повышенной износостойкости, температурный интервал работоспособности которой находится в пределах от - 20 до + 100 °С, а её условная прочность равна 9,8 МПа, при относительном удлинении на разрыв 125%, твердость составляет 65-95 ед. Шор А.

## **2.2 Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера**

Экспериментальный стенд представляет собой вертикальный сверлильный станок (рисунок. 10). Для имитации условий работы двигателя в среде бурового раствора и передачи нагрузки на образцы резины изготовлен специальный модуль, представляющий собой металлический стакан со съёмной нижней крышкой, в которой размещается и жестко фиксируется каждый образец резины (рисунок 11).



Рисунок 10 – Сверлильный станок РТВ – 16В/230



Рисунок 11 – Цилиндрический стакан для исследований: 1 – стакан,  
2 – крышка-зажим

Второй элемент системы нагружения, который в процессе эксперимента создает имитацию трения в рабочей паре – это металлический стержень (рисунок 12) с круглой плоской площадкой на одном из концов размером, подходящим под внутренний диаметр стакана с учетом зазора 1 мм.



Рисунок 12 – Металлический стержень, передающий механическую нагрузку на образец, имитирующую трение в силовой паре

Режущее воздействие в рабочей паре двигателя имитируется при помощи металлического резца (рисунок 13).



Рисунок 13 – Металлический резец

Конструкция элементов нагружения позволяет устанавливать их на сверлильный станок и таким образом, обеспечивая циклическое вращательное механическое воздействие на исследуемый образец резины, имитировать процесс взаимодействия рабочей пары «статор-ротор» винтового забойного двигателя. Геометрические размеры образцов, изготавливаемых из резины ИРП-1226, позволяют устанавливать их в стакан-зажим с жесткой фиксацией на дне стакана.

### **2.3 Методика проведения экспериментальных исследований**

Суть эксперимента заключается в испытании образцов резины на трение и резание в среде полимер-глинистого бурового раствора с неизменными параметрами после предварительной выдержки образцов в растворах хлорида натрия, калия, магния, кальция и бария в течении 5, 10, 15 и 20 дней в печи при температуре 80 °С. На каждый тип раствора соли и длительность выдержки проводилось по 3 опыта на трение и резание для получения более точного результата. Для определения влияния конкретного раствора на износостойкость резины, предварительно производился износ необработанных образцов. У всех образцов перед выдержкой в растворах были измерены следующие параметры:

- Вес, кг;
- Диаметр, мм;
- Толщина в двух местах (min/max), мм.

Эти же параметры повторно измерялись после выдержки и высушивания образцов.

На рисунке 14 изображена партия образцов до проведения эксперимента.



Рисунок 14 – Фото партии необработанных и не изношенных образцов

Износ трением всех образцов производился с нагрузкой равной 8кг, в течение 5 минут. При нахождении на рабочем стенде образца дольше этого времени происходило закипание бурового раствора в следствие чрезмерного разогрева поверхности резины и насадки.

Износ резанием производился с нагрузкой 8 кг, время эксперимента составляло 1 – 1,5 минуты, в зависимости от скорости разрушения образца. В случае, если первый образец за время равное 1,5 минуты получал критические разрушения, а именно углубление в тело образца изнашивающего резца сопровождалось вырыванием кусков резины, то время нахождения следующего образца на стенде сокращалось на 15 секунд, таким образом удалось получить информацию о времени с которого начинается разрушение эластомера.

Изнашивание образцов происходило в среде полимер-глинистого бурового раствора следующего состава:

- Вода 1л;
- Бентонит 50гр;
- Полианионная целлюлоза (ПАЦ) 5гр.

Замешивание раствора происходило на верхнеприводной мешалке ES-8300D. В ёмкость объемом 3 литра заливается два литра воды, запускается мешалка на режим 1000 об/мин. Постепенно засыпается бентонит, так чтобы не

образовалось комков и перемешивается в течение 20 минут, далее засыпается ПАЦ и перемешивается ещё 20 минут.

Концентрация соленых растворов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – концентрация солей в растворах

	NaCl	KCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>
Содержание вещества в 100 мл воды, гр	38,1	51,1	65,8	147	52,2

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Износ необработанных образцов резины ИРП-1226.

В качестве эталонных образцов для сравнения результатов эксперимента были выбраны необработанные образцы резины ИРП-1226, их износ происходил при тех же длительности и нагрузке, что и обработанные образцы.

На рисунке 15 представлены реперные образцы после износа трением, где отчетливо видна кромка от вращения металлической насадки глубиной 1мм. Целостность поверхности нарушена, а значит процесс разрушения предотвратить не удастся.



Рисунок 15 – Образцы без обработки после износа трением

Результат имитации режущего воздействия на необработанные образцы можно увидеть на рисунке 16. Все три образца получили сильный износ, углубление резца составило от 2 мм до 0,5 мм с образованием задиров, время эксперимента для образцов на рисунке 16 слева на право составило 1; 1,25 и 1,5 минут соответственно.



Рисунок 16 – Образцы без обработки после износа резанием

### 3.2 Экспериментальные исследования влияния раствора $\text{NaCl}_2$

В таблице 2 приведены данные сравнения геометрических показателей и веса образцов до обработки и после обработки в растворе хлорида натрия.

Таблица 2 – среднее значение изменения массы и объема образцов после выдержки в растворе  $\text{NaCl}$

	5 дней	10 дней	15 дней	20 дней
Среднее увеличение массы $\Delta m$ сред., мм <sup>3</sup>	0,181	0,220	0,360	0,142
Среднее увеличение объема $\Delta V$ сред., мм <sup>3</sup>	1525,96	1467,85	1337,03	1218,54

Полученные данные представлены в виде графика на рисунке 17.

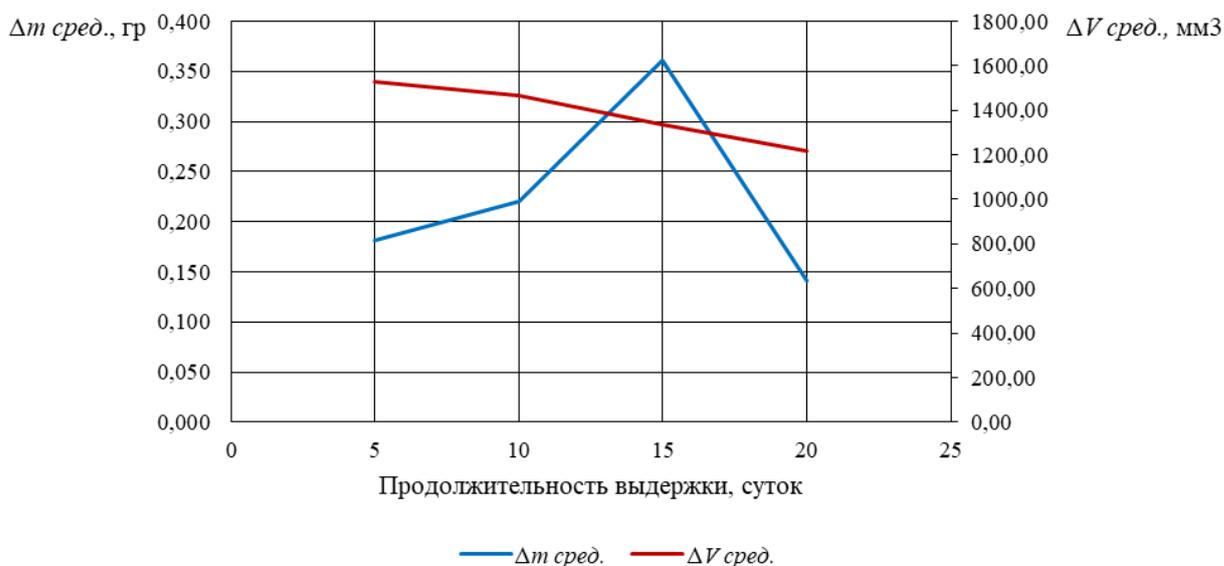


Рисунок 17 – График зависимости изменения массы и объема от длительности выдержки образцов, обработанных раствором NaCl

Пример расчета для 1-ого образца с выдержкой 5 дней:

Изменение массы образца можно вычислить по формуле;

$$\Delta m = m_2 - m_1, \quad (3)$$

где  $m_1$  – масса образца до обработки, гр;

$m_2$  – масса образца после обработки в растворе NaCl и полного высыхания, гр.

$$\Delta m = 19,945 - 19,807 = 0,138 \text{ гр.}$$

Далее находится среднее по всем образцам партии изменение массы;

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=0}^n m_i}{n}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество образцов в партии равное 6.

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{0,138+0,168+0,145+0,181+0,203+0,249}{6} = 0,187 \text{ гр.}$$

Изменение объема образца вычисляется по формуле;

$$\Delta V = V_2 - V_1, \quad (5)$$

где  $V_1$  – объем образца до обработки;

$V_2$  – объем образца после обработки в растворе NaCl и полного высыхания.

$$V_1 = \frac{\pi * D_1^2}{4} * H_{\text{сред}}, \quad (6)$$

где  $D_1$  – диаметр образца до обработки, мм;

$H_{\text{сред}}$  – средняя толщина необработанного образца, мм.

$$\Delta H = \frac{(h_{\text{min}} + h_{\text{max}})}{2}, \quad (7)$$

где  $h_{\text{min}}$  – минимальная толщина образца, мм;

$h_{\text{max}}$  – максимальная толщина образца, мм.

$$\Delta H = \frac{(11,17 + 11,63)}{2} = 11,4 \text{ мм},$$

$$V_1 = \frac{3,14 * 42,33^2}{4} * 11,4 = 16035,08 \text{ мм}^3.$$

Аналогично находим объем образца после обработки и высушивания;

$$V_2 = \frac{3,14 * 43,79^2}{4} * 12,1 = 18213,93 \text{ мм}^3.$$

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 18213,93 - 16035,08 = 2178,9 \text{ мм}^3.$$

Среднее по образцам изменение объема находится по формуле:

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=0}^n V_i}{n}, \quad (8)$$

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{2178,9 + 2066,4 + 1315,4 + 1611,17 + 805,26 + 1178,47}{6} = 1525,96 \text{ мм}^3.$$

#### *Выдержка 5 суток*

Образцы, обработанные раствором соли NaCl в течение 5 суток, также как и реперные имеют радиальный след от имитирующей износ насадки, однако кромка имеет гораздо меньшую глубину, которая составляет 0,5 мм (рисунок 18).

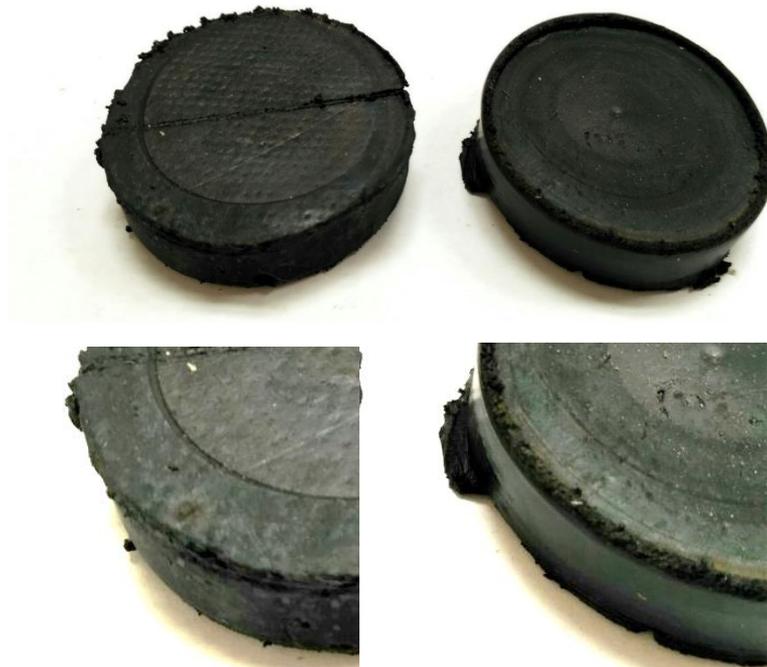


Рисунок 18 – Образцы после выдержки в растворе NaCl в течение 5 суток (износ трением)

Износ резанием в течение 1,5 минуты образца после 5-дневной выдержки привел к разрушению со сквозным продавливанием образца. При уменьшении времени изнашивания на 15 секунд, получили следующий результат: глубина разрушения 4 мм, с вырыванием кусков резины. Сократив время износа до 1 минуты получили результат: продавка образца на 1 мм, без потери резины (рисунок 19).



Рисунок 19 – Образцы после выдержки в растворе NaCl в течение 5 суток (износ резанием)

*Выдержка 10 суток*

После изнашивания образцов, обработанных раствором NaCl в течении 10 суток, на образцах практически отсутствуют следы износа (рисунок 20).



Рисунок 20 – Образец после выдержки в растворе NaCl в течение 10 суток (износ трением)

В результате износа резанием в течение 1,5 минуты образца после 10-дневной выдержки произошла потеря резины и углубление резца составило 3мм. При уменьшении времени изнашивания на 15 секунд, получили следующий результат: глубина разрушения 2 мм, с потерей кусков резины. Сократив время износа до 1 минуты получили результат: продавка образца на 0,5 мм, без трещин и потери резины (рисунок 21).



Рисунок 21 – Образцы после выдержки в растворе NaCl в течение 10 суток (износ резанием)

*Выдержка 15 суток*

Износ образца с выдержкой в течении 15 суток, привел к продавке резины на глубину 0,5 мм (рисунок 22).



Рисунок 22 – Образец после выдержки в растворе NaCl в течение 15 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1 мм, трещины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1 мм без нарушения поверхностной целостности образца (рисунок 23).



Рисунок 23 – Образцы после выдержки в растворе NaCl в течение 15 суток (износ резанием)

*Выдержка 20 суток*

На образцах, выдержанных в рассоле в течении 20 суток, виден след от трения насадки, однако измерить его глубину не представляется возможным (рисунок 24).



Рисунок 24 – Образец после выдержки в растворе NaCl в течение 20 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 20-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 6 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 2 мм, трещины с потерей резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1 мм, трещина потеря резины (рисунок 25).



Рисунок 25 – Образцы после выдержки в растворе NaCl в течение 20 суток (износ резанием)

*Вывод:* Из сравнения характера и степени износа образцов после выдержки в рассоле NaCl с результатами износа реперных образцов, очевидно, что упрочнения удалось добиться против износа трением при длительности выдержки дольше 10 суток. Износ резанием показал слабое упрочнение образцов, обработкой в течении 5, 10 и 15 суток удалось добиться сохранения целостности поверхности резины с небольшой продавкой при длительности эксперимента не более 1 минуты.

### 3.3 Экспериментальные исследования влияния раствора КСl

Таблица 3 – среднее значение изменения массы и объема образцов после выдержки в растворе КСl

	5 дней	10 дней	15 дней	20 дней
Среднее увеличение массы $\Delta m$ сред., мм <sup>3</sup>	0,320	0,300	0,212	0,151
Среднее увеличение объема $\Delta V$ сред., мм <sup>3</sup>	1209,2	1531,02	1448,8	437,35

Полученные данные представлены в виде графика на рисунке 26.

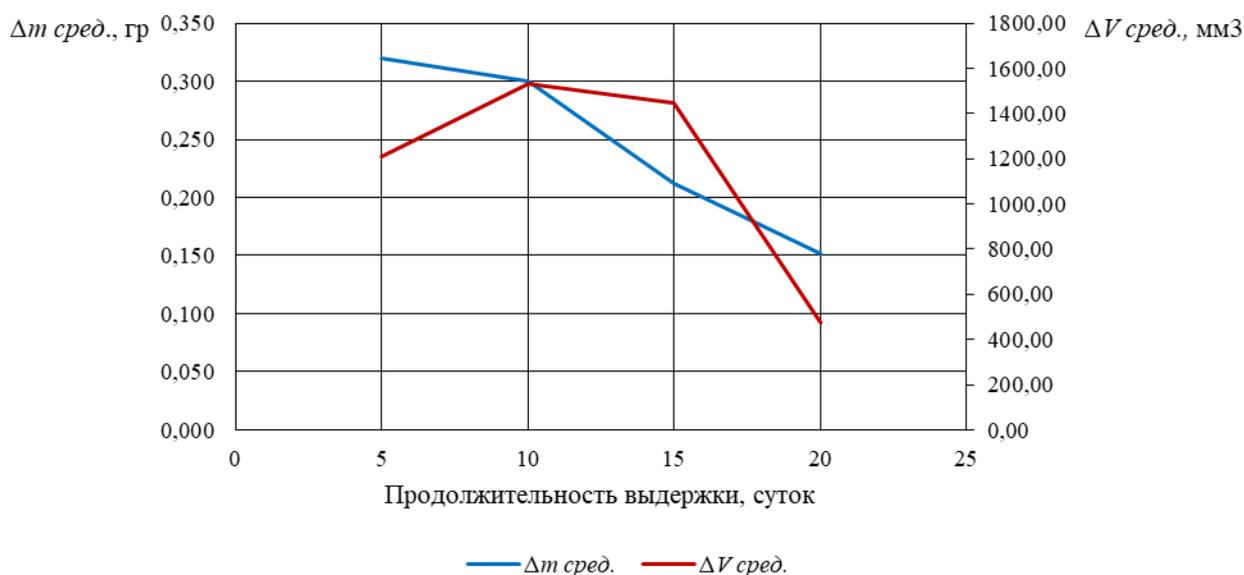


Рисунок 26 – График зависимости изменения массы и объема от длительности выдержки образцов, обработанных раствором КСl

Пример расчета для 1-ого образца с выдержкой 10 дней:

Изменение массы образца можно вычислить по формуле (3);

$$\Delta m = 21,092 - 20,818 = 0,274 \text{ гр.}$$

Далее находится среднее по всем образцам партии изменение массы:

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{0,274+0,35+0,318+0,25+0,299+0,312}{6} = 0,300 \text{ гр.}$$

Объем образца до обработки найдем по формуле (6):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 42,99^2}{4} * 12,11 = 17569,07 \text{ мм}^3.$$

Объем образца после обработки раствором КСl и высушивания:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 43,63^2}{4} * 13,24 = 19784,64 \text{ мм}^3.$$

Изменение объема образца вычисляется по формуле (5);

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 19784,64 - 17569,07 = 2215,57 \text{ мм}^3.$$

Среднее изменение объема образцов в партии находится по формуле (8):

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{2215,57+1830,72+1742,47-126,41+1512,86+2010,89}{6} = 1531,02 \text{ мм}^3.$$

#### *Выдержка 5 суток*

Образцы, выдержанные в растворе в течение 5 суток, получили износ в виде продавки на глубину 0,4 мм с образованием кромок (рисунок 27).

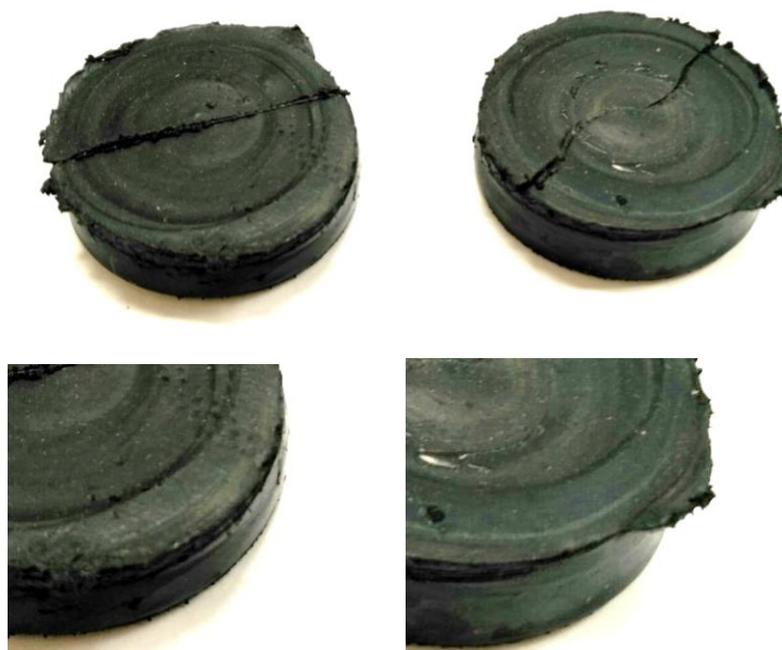


Рисунок 27 – Образцы после выдержки в растворе КСl в течение 5 суток  
(износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 5-дневной выдержки:

Образцы начинают свое разрушение, сопровождающееся характерным звуком, при длительности эксперимента 45-50 секунд, все образцы получили углубление резца на 4-6 мм с потерей резины по радиусу действия изнашивающего инструмента (рисунок 28).



Рисунок 28 – Образцы после выдержки в растворе KCl в течение 5 суток  
(износ резанием)

*Выдержка 10 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 10 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 29).



Рисунок 29 – Образец после выдержки в растворе KCl в течение 10  
суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 10-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 4 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 2 мм, трещины на поверхности;

- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1 мм, трещина без потери резины (рисунок 30).



Рисунок 30 – Образцы после выдержки в растворе KCl в течение 10 суток (износ резанием)

*Выдержка 15 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 15 суток, присутствуют следы трения, а также кромка глубиной 0,5 мм (рисунок 31).



Рисунок 31 – Образец после выдержки в растворе KCl в течение 15 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 4 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца 5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1 мм, трещина без потери резины (рисунок 32).



Рисунок 32 – Образцы после выдержки в растворе KCl в течение 15 суток (износ резанием)

*Выдержка 20 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 10 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 33).



Рисунок 33 – Образец после выдержки в растворе KCl в течение 20 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 20-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 6 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца 2,5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1,5 мм, потеря резины (рисунок 34).



Рисунок 34 – Образцы после выдержки в растворе KCl в течение 20 суток (износ резанием)

*Вывод:* Обработка резины раствором хлорида калия дала схожий с хлоридом натрия результат. Упрочнения удалось добиться против износа трением при длительности выдержки дольше 10 суток. Износ резанием показал слабое упрочнение образцов, обработка позволила уменьшить глубину продавки резцом, однако все образцы не зависимо от длительности выдержки получили сильные повреждения с вырыванием резины.

### 3.4 Экспериментальные исследования влияния раствора MgCl<sub>2</sub>

Таблица 4 – среднее значение изменения массы и объема образцов после выдержки в растворе MgCl<sub>2</sub>

	5 дней	10 дней	15 дней	20 дней
Среднее увеличение массы $\Delta m$ сред., мм <sup>3</sup>	0,225	0,233	0,200	0,222
Среднее увеличение объема $\Delta V$ сред., мм <sup>3</sup>	940,82	1669,16	1287,69	846,3

Полученные данные представлены в виде графика на рисунке 35.

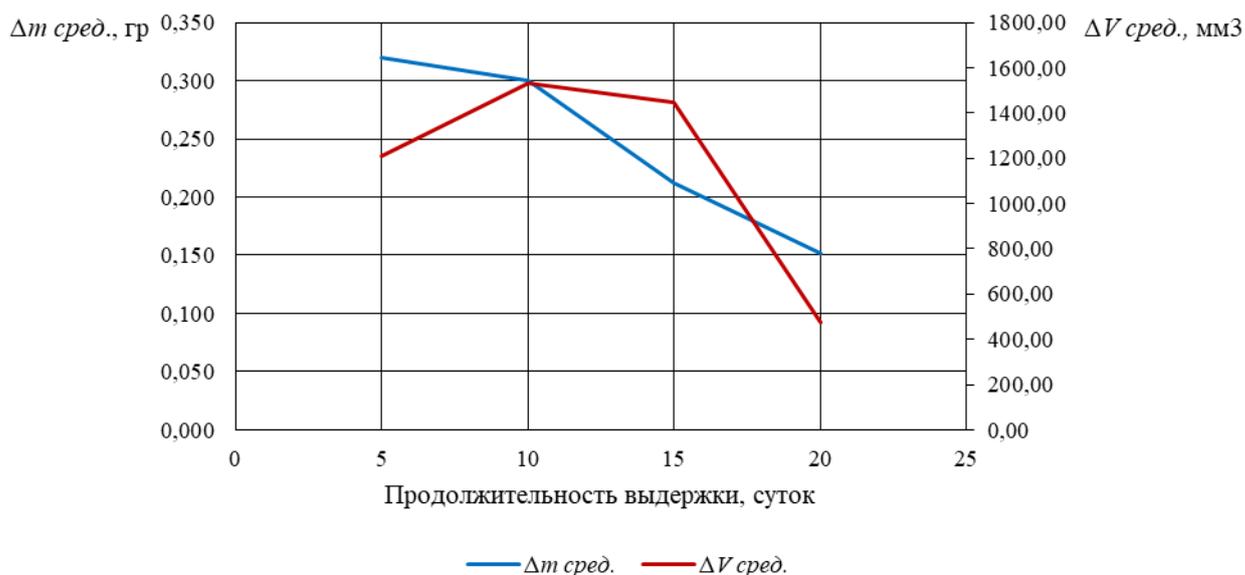


Рисунок 35 – График зависимости изменения массы и объема от длительности выдержки образцов, обработанных раствором  $MgCl_2$

*Пример расчета для 1-ого образца с выдержкой 15 дней:*

Изменение массы образца можно вычислить по формуле (3);

$$\Delta m = 20,574 - 20,391 = 0,183 \text{ гр.}$$

Далее находится среднее по всем образцам партии изменение массы:

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{0,183+0,189+0,202+0,219+0,205+0,205}{6} = 0,200 \text{ гр.}$$

Объем образца до обработки найдем по формуле (6):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 42,78^2}{4} * 11,81 = 16966,85 \text{ мм}^3.$$

Объем образца после обработки раствором  $MgCl_2$  и высушивания:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 42,84^2}{4} * 12,6 = 18152,61 \text{ мм}^3.$$

Изменение объема образца вычисляется по формуле (5);

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 18152,61 - 16966,85 = 1185,76 \text{ мм}^3.$$

Среднее изменение объема образцов в партии находится по формуле (8):

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{1185,76+1102,57+1186,24+1370,15+1049,06+1832,32}{6} = 1287,69 \text{ мм}^3.$$

### *Выдержка 5 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 5 суток, присутствуют следы трения, на одном из образцов, в следствие чрезмерного перегрева, появились вздутия резины, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 36).

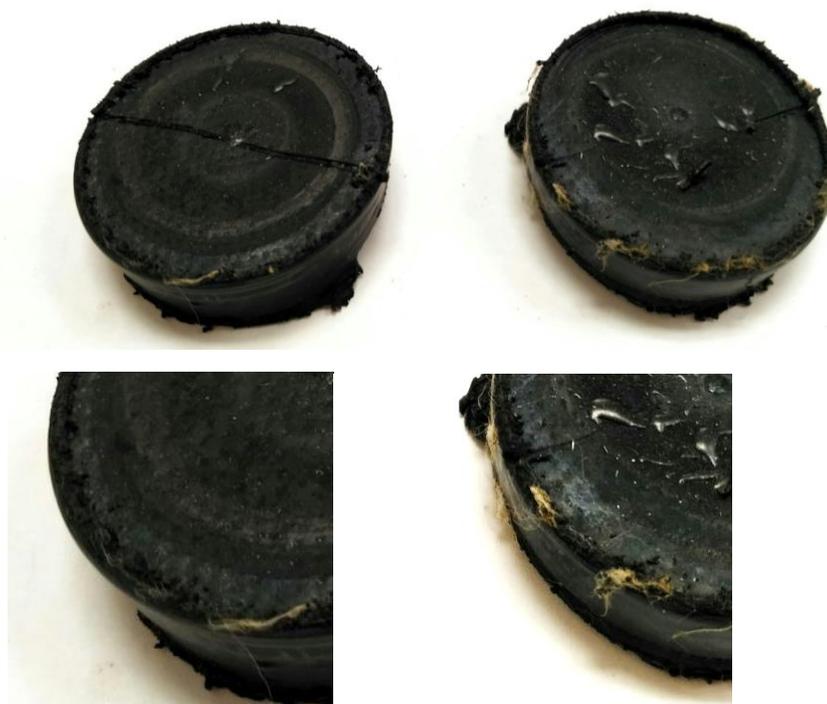


Рисунок 36 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 5 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 5-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 4 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца 3 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 1,5 мм, потеря резины (рисунок 37).



Рисунок 37 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 5 суток (износ резанием)

*Выдержка 10 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 10 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 38).

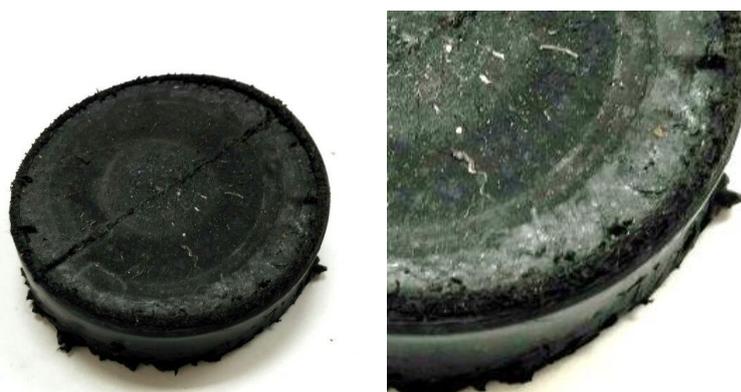


Рисунок 38 – Образец после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 10 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 10-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца 3 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1,5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм (рисунок 39).



Рисунок 39 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 10 суток (износ резанием)

*Выдержка 15 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 15 суток, присутствуют следы трения, образовалась кромка глубиной примерно 0,2 мм (рисунок 40).



Рисунок 40 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: продавка образца на 1,5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1 мм, трещины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм, трещины (рисунок 41).



Рисунок 41 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

*Выдержка 20 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 20 суток, присутствуют следы трения, глубина продавки образца составила 0,5 мм (рисунок 42).



Рисунок 42 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 20 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 20-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: продавка образца на 1,5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1 мм, трещины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм, трещины (рисунок 43).



Рисунок 43 – Образцы после выдержки в растворе  $MgCl_2$  в течение 20 суток (износ резанием)

*Вывод:* После выдержки образцов резины в рассоле хлорида магния увеличилась устойчивость образцов к продавливанию, которое в среднем по образцам составило 1-2 мм, против 5-6 у реперных образцов. Резина 10-дневной выдержки оказалась наиболее стойкой к режущему воздействию при длительности эксперимента 1 минута, а также к истирающей нагрузке.

### 3.5 Экспериментальные исследования влияния раствора $CaCl_2$

Таблица 5 – среднее значение изменения массы и объема образцов после выдержки в растворе  $CaCl_2$

	5 дней	10 дней	15 дней	20 дней
Среднее увеличение массы $\Delta m$ сред., мм <sup>3</sup>	0,388	0,182	0,240	0,193
Среднее увеличение объема $\Delta V$ сред., мм <sup>3</sup>	994,16	848,93	848,14	459,39

Полученные данные представлены в виде графика на рисунке 44.

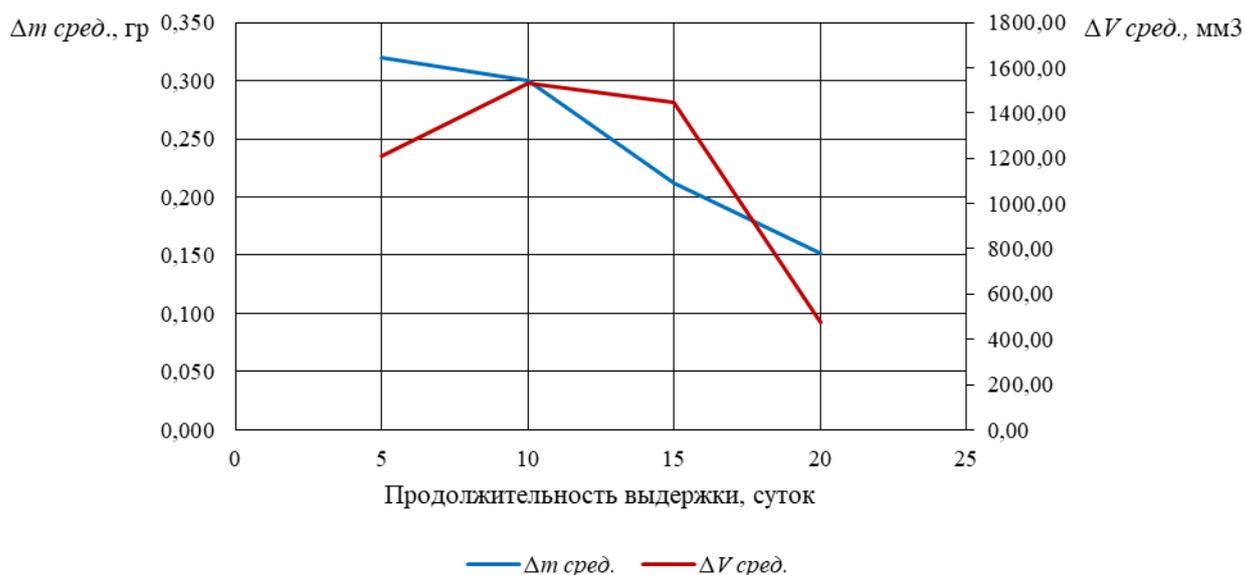


Рисунок 44 – График зависимости изменения массы и объема от длительности выдержки образцов, обработанных раствором  $\text{CaCl}_2$

*Пример расчета для 1-ого образца с выдержкой 20 дней:*

Изменение массы образца можно вычислить по формуле (3);

$$\Delta m = 20,352 - 20,197 = 0,155 \text{ гр.}$$

Далее находится среднее по всем образцам партии изменение массы:

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{0,155 + 0,127 + 0,225 + 0,219 + 0,19 + 0,244}{6} = 0,193 \text{ гр.}$$

Объем образца до обработки найдем по формуле (6):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 42,86^2}{4} \cdot 12 = 17304,35 \text{ мм}^3.$$

Объем образца после обработки раствором  $\text{CaCl}_2$  и высушивания:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 42,87^2}{4} \cdot 12,1 = 17456,69 \text{ мм}^3.$$

Изменение объема образца вычисляется по формуле (5);

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 17459,69 - 17304,35 = 152,34 \text{ мм}^3.$$

Среднее изменение объема образцов в партии находится по формуле (8):

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{152,34 + 918,89 + 723,59 + 370,98 + 420,54 + 169,98}{6} = 459,39 \text{ мм}^3.$$

### *Выдержка 5 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 5 суток, присутствуют следы трения, глубина продавки образца составила 0,2 мм, глубина образовавшейся кромки 0,5 мм (рисунок 45).



Рисунок 45 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 5 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 5-дневной выдержки представлены на рисунке 46. Образцы начинают свое разрушение спустя 40-50 секунд от начала эксперимента, все образцы получили углубление резца на 3-5 мм с потерей резины по радиусу действия изнашивающего инструмента.



Рисунок 46 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 5 суток (износ резанием)

### *Выдержка 10 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 10 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 47).



Рисунок 47 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 10 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 10-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: продавка образца на 0,5 мм без повреждений;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1 мм, трещины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм без повреждений (рисунок 48).



Рисунок 48 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 10 суток (износ резанием)

### *Выдержка 15 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 15 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно, глубина кромки 0,2 мм (рисунок 49).



Рисунок 49 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца на 5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца на 4 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм без повреждений (рисунок 50).



Рисунок 50 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

*Выдержка 20 суток*

На образце, выдержанном в растворе в течение 20 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 51).



Рисунок 51 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца на 5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: продавка образца на 1 мм, трещины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм, трещины (рисунок 52).



Рисунок 52 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{CaCl}_2$  в течение 20 суток (износ резанием)

*Вывод:* Наилучшего эффекта упрочнения удалось добиться при выдержке образцов в течение 10 суток, при этом, после испытания трением, присутствует слабый износ без следов упругой деформации. Износ резанием привел к продавливанию, которое в среднем по образцам составило 0,5-1 мм без потери резины, против 5-6 у реперных образцов.

### 3.6 Экспериментальные исследования влияния раствора BaCl<sub>2</sub>

Таблица 6 – среднее значение изменения массы и объема образцов после выдержки в растворе BaCl<sub>2</sub>

	5 дней	10 дней	15 дней	20 дней
Среднее увеличение массы $\Delta m$ сред., мм <sup>3</sup>	0,267	0,317	0,340	0,333
Среднее увеличение объема $\Delta V$ сред., мм <sup>3</sup>	911,77	1397,53	937,87	848,32

Полученные данные представлены в виде графика на рисунке 53.

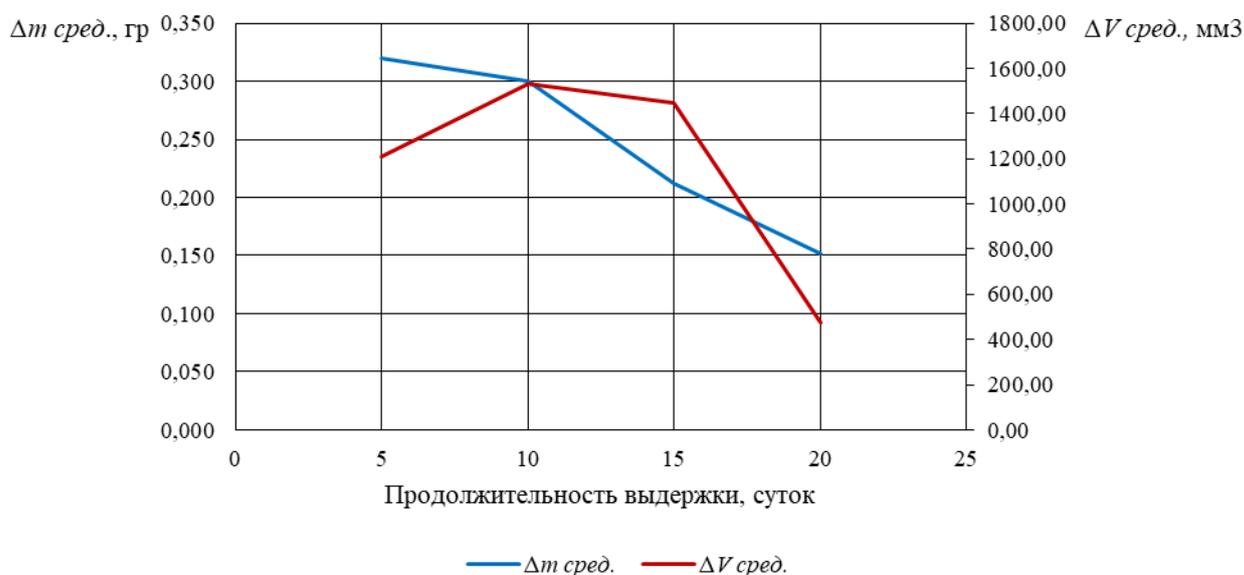


Рисунок 53 – График зависимости изменения массы и объема от длительности выдержки образцов, обработанных раствором BaCl<sub>2</sub>

*Пример расчета для 2-ого образца с выдержкой 5 дней:*

Изменение массы образца можно вычислить по формуле (3);

$$\Delta m = 20,963 - 20,684 = 0,279 \text{ гр.}$$

Далее находится среднее по всем образцам партии изменение массы:

$$\Delta m_{\text{сред}} = \frac{0,257+0,279+0,273+0,239+0,276+0,28}{6} = 0,267 \text{ гр.}$$

Объем образца до обработки найдем по формуле (6):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 42,4^2}{4} * 11,86 = 17543,52 \text{ мм}^3.$$

Объем образца после обработки раствором  $\text{CaCl}_2$  и высушивания:

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 43,42^2}{4} * 12,54 = 18558,67 \text{ мм}^3.$$

Изменение объема образца вычисляется по формуле (5);

$$\Delta V = V_2 - V_1 = 18558,67 - 17543,52 = 1015,15 \text{ мм}^3.$$

Среднее изменение объема образцов в партии находится по формуле (8):

$$\Delta V_{\text{сред}} = \frac{839,8+1015,15+1525,8+779,65-116,02+1426,213}{6} = 911,77 \text{ мм}^3.$$

#### *Выдержка 5 суток*

На образцах, выдержанных в растворе в течение 5 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно, кромка глубиной примерно 0,2 мм (рисунок 54).



Рисунок 54 – Образцы после выдержки в растворе  $\text{BaCl}_2$  в течение 5 суток (износ трением)

Результаты износа резанием образцов после 5-дневной выдержки представлены на рисунке 55. Образцы начинают свое разрушение спустя 40-50 секунд от начала эксперимента, все образцы получили углубление резца на 3-5 мм с потерей резины по радиусу действия изнашивающего инструмента.



Рисунок 55 – Образцы после выдержки в растворе BaCl<sub>2</sub> в течение 5 суток (износ резанием)

*Выдержка 10 суток*

На образце, выдержанном в растворе в течение 10 суток, присутствуют ярко выраженные следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 56).



Рисунок 56 – Образцы после выдержки в растворе BaCl<sub>2</sub> в течение 10 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 10-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца на 5 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца на 2,5 мм, потеря резины;

- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм, трещины (рисунок 57).



Рисунок 57 – Образцы после выдержки в растворе  $BaCl_2$  в течение 10 суток (износ резанием)

*Выдержка 15 суток*

На образце, выдержанном в растворе в течение 20 суток, присутствуют следы трения, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 58).



Рисунок 58 – Образцы после выдержки в растворе  $BaCl_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 15-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: углубление резца на 4 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца на 2 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм (рисунок 59).



Рисунок 59 – Образцы после выдержки в растворе  $BaCl_2$  в течение 15 суток (износ резанием)

*Выдержка 20 суток*

На образце, выдержанном в растворе в течение 20 суток, присутствуют следы трения, а также трещина, глубину продавки измерить невозможно (рисунок 60).



Рисунок 60 – Образцы после выдержки в растворе  $BaCl_2$  в течение 20 суток (износ резанием)

Результаты износа резанием образцов после 20-дневной выдержки:

- Время эксперимента 1,5 минуты: продавка образца на 1 мм, потеря трещина;
- Время эксперимента 1,25 минуты: углубление резца на 2 мм, потеря резины;
- Время эксперимента 1 минута: продавка образца на 0,5 мм, трещины (рисунок 61).



Рисунок 61 – Образцы после выдержки в растворе  $BaCl_2$  в течение 20 суток (износ резанием)

*Вывод:* Образцы, выдержанные в рассоле хлорида бария, имеют такую же устойчивость к истиранию, что и реперные. Слабого упрочнения удалось достичь выдержкой от 10 суток, при этом добиться сохранения целостности поверхности при резании удалось для образцов с выдержкой 15 и 20 дней и длительности эксперимента не дольше 1 минуты. При разрушении резины образуются крупные твердые куски.

Полученные в ходе эксперимента по изнашиванию образцов данные позволяют сделать вывод о влиянии обработки резины растворами солей на скорость износа образцов, для наглядности результаты представлены в виде диаграммы изображенной на рисунке 62.

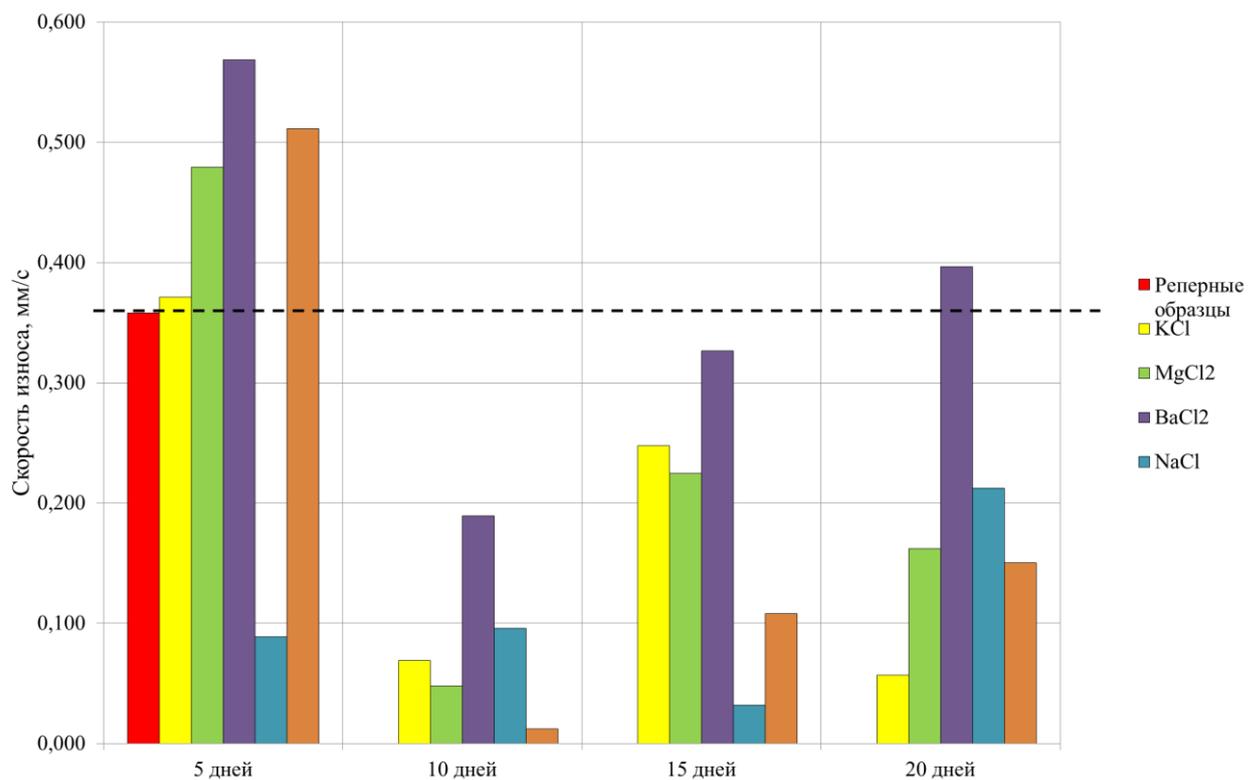


Рисунок 62 – Сравнительная диаграмма скорости износа в зависимости от длительности выдержки образцов в растворах солей

## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1 SWOT-анализ

На начальном этапе необходимо произвести описание сильных и слабых сторон проекта и выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в приложении 2 таблица 2.1.

Второй этап состоит в сопоставлении сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Определение соответствий / несоответствий направлены на выявление степени необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

	Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4
Возможности проекта	В1	+	+	+	+
	В2	0	-	-	+
	В3	0	+	+	+
	В4	+	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: В1В4С1С2С3С4, В2С1С4, В3С2С3С4.

Таблица 8 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	В1	0	-	-	-
	В2	-	-	-	+
	В3	-	-	-	-
	В4	-	+	-	+

Анализ данной таблицы позволяет выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В2Сл4, В4Сл2Сл4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

		Сильные стороны проекта			
		С1	С2	С3	С4
Угрозы проекта	У1	+	-	+	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	0	-
	У4		-	+	-

В результате анализа таблицы можно выделить следующие соответствия угроз и сильных сторон проекта: У1С1С3С4, У4С3.

Таблица 10 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта			
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы проекта	У1	+	-	-	+
	У2	+	0	-	-
	У3	-	-	+	-
	У4	+	-	-	+

Анализ данной интерактивной таблицы показал коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1У4Сл1Сл4, У2Сл1, У3Сл3.

Третьим этапом SWOT-анализа является составление итоговой матрицы [смотри приложение 3 таблицу 3.1].

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Структура порядка планирования комплекса предполагаемых работ имеет следующий вид:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Каждый вид выполняемых работ должен выполнять работник, занимающий соответствующую должность.

Данный раздел подразумевает составление списка этапов работы в рамках проведения научного исследования, распределение исполнителей по категориям работ представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Студент-дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск теоретических данных о воздействии солей хлоридов на эластомеры	Студент-дипломник
	6	Проведение экспериментов по изнашиванию реперных и обработанных растворами солей образцов резины ИРП-1226	Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Научный руководитель, студент-дипломник
Оформления отчета по проведенным исследованиям	8	Написание пояснительной записки	Научный руководитель, студент-дипломник

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В подавляющем большинстве случаев основная часть стоимости исследования – это трудовые затраты, поэтому необходимо определить трудоемкость работ, соответствующих каждому из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожс}$  применяется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (9)$$

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

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

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

На основе ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Данное вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (10)$$

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

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одинаковую работу на данном этапе, чел.

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее наглядной и удобной формой графика проведения научного исследования является диаграмма Ганта. Данная диаграмма является горизонтальным ленточным графиком, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (11)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

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

$T_{\text{вых}} = 104$  – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48, \quad (13)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}}$ , чел-дни					
	Науч. рук.	Студент-дипломник	Науч. рук.	Студент-дипломник	Науч. рук.	Студент-дипломник	Науч. рук.	Студент-дипломник	Науч. рук.	Студент-дипломник
Составление и утверждение технического задания	2		5		3,2		3		4	
Выбор направления исследования	4		7		5,2		5		7	
Подбор и изучение литературы по теме		16		21		18		9		13
Календарное планирование работ по теме	3	3	4	4	4,6	4,6	2	2	3	3
Поиск теоретических данных о воздействии солей хлоридов на резину		7		11		8,6		4,3		6

Продолжение таблицы 12

Проведение экспериментов по изнашиванию реперных и обработанных растворами солей образцов резины ИРП-1226		20		25		22		11		16
Оценка результатов исследования	7	7	9	9	7,8	7,8	3,9	3,9	6	6
Написание пояснительной записки	14	14	22	22	17,2	17,2	8,6	8,6	13	13

На основе таблицы 12 строим план график, представленный в таблице 13.

Таблица 13 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнитель	T <sub>кi</sub> , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Руков.	4	■											
2	Выбор направления исследования	Руков.	7	■											
3	Подбор и изучение литературы по теме	Студент-дипломн	13			□									
4	Календарное планирование работ по теме	Руков. Ст.дипл.	3				□								
5	Поиск теоретических положений о воздействии на полимерные цепи	Студент-дипломник	6					□							

Продолжение таблицы 13

6	Проведение экспериментов по разрушению полимеров с помощью определенных деструкторов	Студент-дипломник	16											
7	Оценка результатов исследования	Руков. Ст.дипл.	6											
8	Написание пояснительной записки	Руков. Ст.дипл.	13											

■ - Научный руководитель, □ - студент-дипломник.

#### 4.2.4 Бюджет научно-технического исследования

##### Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Сюда отнесем стоимость реагентов и расходных материалов, необходимых для проведения экспериментов. Материальные затраты отражены в таблице 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Хлорид натрия	гр	500	39	39
Хлорид калия	гр	500	210	210
Хлорид магния	гр	500	195	195
Хлорид кальция	гр	500	310	310
Хлорид бария	гр	500	525	525
Бентонит	кг	1	250	250
ПАЦ ВВ	гр	200	1050	1050
Резина ИРП-1226	м <sup>2</sup>	1,5	880	880
Итого:			3459	

#### 4.2.5 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (14)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}, \quad (15)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_d}, \quad (16)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн..

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент-дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_p, \quad (17)$$

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

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

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );

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

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_p$	$Z_m$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.
Научный руководитель	24,855	0,3	0,2	1,3	51,69	2,9	33	96,01
Студент-дипломник	6,117	0	0	1,3	7,95	0,5	57	29
Итого $Z_{осн}$								125,01

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

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (18)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (фонд обязательного медицинского страхования, пенсионный фонд и др.). В соответствии с статьями 425, 426 Налогового Кодекса Российской Федерации на 2018 г. установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании данных статей для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2018 году водится пониженная ставка – 20,0%.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.	Дополнительная заработная плата, тыс. руб.
Научный руководитель	96,01	19,2
Студент - дипломник	29	5,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,2	
Итого	25	

#### 4.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Название статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	3459,00	-
2. Затраты по основной заработной плате участников научно-исследовательского проекта	125010,00	-
3. Затраты по дополнительной заработной плате участников проекта	25002,00	-
4. Отчисления во внебюджетные фонды	25000,00	-
5. Накладные расходы	28555,36	16% от суммы 1-4
6. Бюджет затрат научно-технического исследования	207026,36	Сумма ст. 1-5

*Вывод:* в результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был произведен SWOT-анализ проекта, позволивший определить его сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут возникнуть при его реализации. Также был определен перечень затрат на реализацию проекта и подсчитан бюджет затрат, который составил 207026,36 руб.

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Объектом исследования в данной научно-исследовательской работе является эластомер винтового забойного двигателя, представляющий собой резиновую обкладку статора, без которой невозможна работа данного типа оборудования. Качество материала, применяемого для изготовления эластомера, и соблюдение технологического процесса во время производства и эксплуатации ВЗД на прямую влияют на срок службы рабочей секции. Рабочая среда для данного бурового оборудования крайне агрессивна, оно подвержено разрушающему термическому воздействию повышенных забойных температур и нагреву от трения, механическому износу от постоянного контакта с твердой фазой, находящейся в буровой промывочной жидкости, и химическому

воздействию компонентов, входящих в состав бурового раствора, в следствие этого на данный момент межремонтный ресурс ВЗД очень мал и составляет в среднем 150-300 часов работы. Основной причиной выхода из строя ВЗД является разрушение эластомера.

Сущность работы заключается в исследовании влияния растворов солей для обработки резиновой обкладки винтового забойного двигателя на улучшение прочностных характеристик резины и как следствие на ресурсе оборудования в целом. Механизм упрочнения заключается в заполнении порового пространства эластомера раствором соли при выдержке при определенной температуре и сроке с последующей кристаллизацией во время высушивания. Метод может применяться компаниями изготовителями бурового оборудования в условиях производственного цеха.

### 5.1 Производственная безопасность.

Так как объектом исследования в данной работе является эластомер винтового забойного двигателя, областью применения которого является бурение и капитальный ремонт скважин, в таблице 19 рассмотрим опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации данного оборудования.

Таблица 19 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по подбору рецептуры раствора для обработки эластомера ВЗД с целью увеличения его ресурса

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы 1. Сборка компоновки низа буровой колонны. 2. Бурение с применением винтового забойного двигателя	1. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу 2. Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей зоны;	1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	1. ГОСТ 12.1.003-2014 [] 2. СП 51.13330.2011 [] 3. ГН 2.2.5.3532-18 [] 4. ГОСТ 12.2.003-91 []

Продолжение таблицы 19

	3. Превышение уровней шума и вибрации;		5. ГОСТ 29335-92 [] 6. ГОСТ 12.1.030-81 [] 7. ГОСТ 12.2.003-91 [] 8. ГОСТ 12.4.246-2016 [] 9. ГОСТ 12.2.003-91 []
--	--	--	---

**5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.**

*Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу*

При проведении работ в лаборатории используются растворы пяти разных солей: хлорид натрия, хлорид бария, хлорид калия, хлорид магния и хлорид кальция. Предельно допустимые концентрации содержания в воздухе этих веществ приведены в таблице 20 согласно ГОСТ 12.1.007-76.

Таблица 20 – ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	BaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl
ПДК мг/м <sup>3</sup>	4	2	0,3	2	5

В соответствии с классификацией вредных веществ хлорид натрия, хлорид кальция, хлорид магния и хлорид калия относятся к 3-му классу опасности, не являются токсичными и не образуют токсичных соединений при контакте с другими веществами в воздухе и сточных водах. При попадании на кожу данные вещества вызывают слабое раздражение. При попадании в глаза также вызывают раздражение. Хлорид бария относится к токсичным веществам 2 класса опасности, может вызвать воспаление легких и бронхов при вдыхании пыли. При попадании в пищеварительный тракт возможны острые и хронические отравления.

При работе в лаборатории с малыми концентрациями вредных веществ в воздухе рабочей зоны, не превышающими ПДК, в качестве средств индивидуальной защиты необходимо и достаточно применять перчатки из

дисперсии бутилкаучука типа БЛ-1М и фильтрующий респиратор "ФОРТ-П. Все перечисленные вещества не относятся к взрывоопасным или пожароопасным. Зона работы с химическими реагентами оснащена вентиляцией, таким образом в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76, исключается вред здоровью работника, при условии правильного использования СИЗ и соблюдении техники безопасности во время работы. в соответствии с ГОСТ 12.2.003–91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» станок оборудован кнопкой экстренного отключения и прозрачным защитным кожухом для защиты глаз, станок также является пожаровзрывобезопасным. Несмотря на то, что конструкция оборудования отвечает требованиям безопасности работы необходимо выполнять в защитных очках и перчатках, запрещается ведение работ на станке в одежде с длинным рукавом.

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

К опасным факторам при выполнении работ по подбору рецептуры раствора для обработки эластомера ВЗД с целью увеличения его ресурса относится работа на сверлильном станке ПРОМА РТВ-16 В/230, являющегося источником опасности для работника. При работе на станке существует риск получения травмы в случае зацепления элементов одежды таких как, длинные рукава, завязки или длинных волос за вращающийся с частотой 180 об/мин механизм. Также существует риск попадания резиновой стружки в глаза работника. Однако в соответствии с ГОСТ 12.2.003–91 станок оборудован кнопкой экстренного отключения (рисунок 63) и прозрачным защитным кожухом для защиты глаз, станок также является пожаровзрывобезопасным.



Рисунок 63 – Кнопка «СТОП» на сверлильном станке ПРОМА РТВ-16В/230

Несмотря на то, что конструкция оборудования отвечает требованиям безопасности работы необходимо выполнять в защитных очках и перчатках, запрещается ведение работ на станке в одежде с длинным рукавом.

### **5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования**

#### *Повышенный уровень шума и вибрации*

Повышение уровня шума и вибрации на рабочих местах оказывает вредное воздействие на организм человека. Сильный шум нарушает нормальное функционирование нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной системы человека, а также вызывает переутомление.

Работы по сборке компоновки низа бурильной колонны в состав которой входит винтовой забойный двигатель сопровождаются шумом от производственных механизмов, находящихся на роторном столе, уровень которого может достигать 115 дБА, что согласно ГОСТ 12.1.003-2014 больше допустимого значения 13 дБА. При нормальной работе станка, вибрация отсутствует, однако со временем резьбовые соединения и прокладки механизмов ослабляются, что приводит к возникновению вибрации.

К коллективным средствам защиты от шума и вибрации относятся: звукоизолирующие и звукопоглощающие устройства, глушители шума, виброизолирующие, виброгасящие и вибропоглощающие.

К индивидуальным СИЗ относятся: ушные вкладыши, наушники и шлемофоны. Для защиты работника от воздействия вибрации применяют обувь с амортизирующими подошвами.

*Повышенная или пониженная температура и влажность воздуха рабочей зоны*

Работа на буровых установках подразумевает нахождение рабочих на открытом воздухе вне зависимости от времени года и погодных условий в связи со спецификой технологии бурения скважин. Метеоусловия рабочей среды могут оказывать негативное воздействие на организм работника. Человек, длительное время находящийся в неблагоприятных погодных условиях, может почувствовать слабость, в следствие чего понизится производительность труда или заболеть. Высокие температуры воздуха могут вызывать быструю переутомляемость, перегрев организма или тепловой удар. В свою очередь низкие температуры могут повлечь за собой переохлаждение организма, что приводит к простудным заболеваниям и обморожениям.

Процессы перегрева организма от высоких температур воздуха и переохлаждения организма при низких температурах усиливаются влиянием повышенной относительной влажности. В то же время при низкой влажности происходит пересыхание слизистых оболочек глаз и дыхательных путей работающего. На процесс теплоотдачи организма значительно влияет подвижность воздуха. При высоких температурах наличие обдува имеет положительный эффект, однако при отрицательных температурах приводит к ухудшению условий. При ветре в диапазоне скоростей 5-10 м/сек затрудняется дыхание, свыше 10 м/сек нарушается нормальное дыхание, при 15 м/сек исчезает фаза покоя между вдохом и выдохом.

К средствам коллективной защиты от неблагоприятных метеорологических условий относят: оградительные устройства (толстые стены, двойные окна, двери и т.п.), автоматизацию контроля за производственными процессами, термоизоляцию, введение технологий, обеспечивающих дистанционное управление. В качестве средств индивидуальной защиты от

низких температур работники получают спецодежду согласно ГОСТ 29335-92 «Костюмы мужские для защиты от пониженных температур».

#### *Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу*

Во время бурения, до момента достижения проектного забоя, происходит попутное вскрытие продуктивных горизонтов, которые в большинстве случаев имеют в своем составе газовые включения. В момент вскрытия этих горизонтов, буровая промывочная жидкость насыщается газом, который освобождается при выходе на поверхность, повышая газосодержание в рабочей среде. Для организма человека компоненты, входящие в состав попутного нефтяного газа, такие как метан, этан, пропан, сероводород и др. являются отравляющими, нахождение в зоне с повышенным содержанием этих токсичных веществ может вызвать у человека нарушение функционального состояния центральной нервной системы, головокружение, поражение дыхательных путей, развитие аллергических реакций, при этом повышается раздражительность и вспыльчивость. Уровни предельно допустимых концентраций газообразных углеводородов в рабочей зоне нормируются ГН 2.2.5.3532-18, далее приведены значения для наиболее распространенных газов:

- Пропан – 10 мг/ м<sup>3</sup>;
- Метан – 7000 мг/ м<sup>3</sup>;
- Этан – 5 мг/ м<sup>3</sup>;
- Сероводород – 10 мг/ м<sup>3</sup>.

К средствам индивидуальной защиты от воздействия токсичных и вредных веществ в воздухе рабочей зоны относятся специальная одежда, специальная обувь, средства защиты органов зрения и дыхания согласно ГОСТ 12.4.246-2016.

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

Во время сборки компоновки низа буровой колонны и бурения скважины задействовано большое количество движущихся частей и механизмов производственного оборудования: лебедка, универсальные машинные ключи (УМК), автоматический ключ буровой (АКБ), ротор. Все они представляют

опасность для человека. Существует риск получения травм при неправильном расположении работника во время работы оборудования. Так как все механизмы работают, развивая значительные моменты силы, при лучшем стечении обстоятельств можно получить ушиб или сотрясение головного мозга, однако нередко случаи переломов, потерь конечностей, а также летальных исходов, поэтому всё оборудование должно отвечать требованиям ГОСТ 12.2.003–91, а работники находиться на буровой в средствах индивидуальной защиты: каска, перчатки, защитный костюм, очки.

### **5.1.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов**

Для снижения уровня воздействия шума и вибраций на рабочий персонал согласно СП 51.13330.2011 можно производить следующие мероприятия:

- применять малошумные соединения, например, подшипников скольжения, косозубых, шевронных и других специальных зацеплений;
- применять материалов с высоким внутренним трением, например, заменить металлических детали пластмассовыми и другими бесшумными материалами;
- производить балансировку вращающихся механизмов, в данном случае приводного вала ротора;
- подбирать оптимальный режим и условия работы механизмов и машин;
- применять смазки в сочленениях для предотвращения их износа и шума от трения.

Важно своевременно производить техническое обслуживание оборудования, с подтяжкой соединений и регулировкой рабочих зазоров.

В рабочей зоне должен постоянно производиться контроль содержания газа в воздухе, в случае превышения предельно допустимой концентрации согласно ГН 2.2.5.3532-18 рабочие должны быть немедленно поставлены в известность для принятия мер по недопущению отравления.

При работе с движущимися механизмами работники должны быть проинструктированы и снабжены необходимыми средствами индивидуальной

защиты. Для защиты рабочего персонала от получения промышленных травм согласно ГОСТ 12.2.003-91 должны быть выполнены следующие условия:

- Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже согласно;
- Рабочее место должно быть оборудовано предупреждающими об опасности информационными табличками;
- Тормоза лебедки и талевого блока должны быть испытаны и иметь режим аварийной остановки;
- Командные устройства системы управления оборудованием должны быть сконструированы и размещены так, чтобы исключалось непроизвольное их перемещение и обеспечивалось надежное, уверенное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающим средств индивидуальной защиты;
- Орган управления аварийным остановом должен быть красного цвета, отличаться формой и размерами от других органов управления.

## **5.2 Экологическая безопасность**

### **5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

В данной экспериментальной работе можно выделить два источника загрязнения окружающей среды, первый это объект исследования – резина марки ИРП-1226, второй – растворы солей, применяемые для обработки эластомера. Образцы резины и отходы от их изготовления, могут быть собраны и отправлены на вторичную переработку, они не выделяют вредные вещества в атмосферу и не влияют на качество воды при контакте с ней. Поэтому, в соответствии с ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами», производственные отходы резины ИРП-1226 могут быть определены как вторичные ресурсы и не несут угрозы загрязнения окружающей среды.

Применяемые в работе химические соединения хлорид натрия, магния, кальция, бария и калия представляют опасность, так как находясь в порошкообразном состоянии существует вероятность насыщения воздушного пространства лаборатории пылью этих веществ, однако, согласно количеству

данных химических реагентов в лаборатории не позволяет превысить предельно-допустимые концентрации этих веществ, которые приведены в таблице 20. Так как соединения хлора используются для приготовления растворов для обработки образцов резины, возникает необходимость утилизации использованных жидкостей, 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», утилизировать отработавший раствор можно путем слива в бытовую канализацию, так как используемые хлориды растворимы в воде и не образуют других соединений при контакте с другими веществами, а ПДК содержания их в воде не будет превышено.

### **5.2.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду**

В процессе эксплуатации винтового забойного двигателя, а именно бурения скважин, происходит вскрытие водоносных горизонтов, которые подвергаются загрязнению буровым раствором и другими флюидами которые попадают в необсаженный ствол скважины во время бурения.

При вскрытии продуктивных горизонтов, залежей нефти и газа в воздушную среду попадает природный газ, который оказывает негативное влияние на атмосферу.

Выбуренная порода с буровой промывочной жидкостью загрязняет земляной покров в области устья скважины и в месте слива шлама.

### **5.2.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

При проектировании промышленной территории необходимо обеспечить защиту селитебной территории от загрязнения промышленными газами, отходами и сточными водами в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03, согласно которым в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса устанавливается протяженность санитарно-защитной зоны.

Для защиты грунтовых вод необходимо принять меры по обеспечению водонепроницаемости аккумулирующих емкостей, в данном случае амбаров и емкостей с буровым раствором согласно ГОСТ 17.1.3.06-82.

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **5.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Объект исследования входит в состав рабочего элемента винтового забойного двигателя, результатом разрушения данного элемента будет выход из строя ВЗД, что в свою очередь влечет за собой колоссальные затраты предприятия ответственного за это оборудование. Поэтому износостойкость эластомера - это важная составляющая, работа над повышением уровня которой и ведется работа.

Выход из строя ВЗД в следствие разрушения резиновой обкладки может привести к целому ряду негативных последствий от простоя производства, из-за невозможности дальнейшего бурения, до выхода из строя буровых насосов. При разрушении эластомера, куски резины забивают долото, от чего давление в рабочей линии повышается резким скачком, что приводит к срабатыванию предохранительной электроники и остановке буровых насосов, однако электронная защита не всегда работает корректно, поэтому не исключается повреждение насосов в результате динамического удара. Перечисленные поломки не могут привести к техногенным катастрофам или чрезвычайным ситуациям.

#### **5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований**

Самая опасная авария при строительстве скважин, которая может повлечь за собой нанесение колоссального вреда окружающей среде, а также человеческие жертвы – это газонефтеводопроявление, которое в случае перехода в открытый фонтан сопровождается возгоранием извергающегося под большим давлением флюида. Ликвидировать подобное возгорание крайне сложно, а учитывая отдаленность объекта и зачастую невозможность подъезда к нему

техники для тушения, масштабы подобной аварии могут возрастать в геометрической прогрессии.

### **5.3.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Большинство аварий при бурении возникает в следствие несоблюдения технологических требований, режимов или отказа герметизирующего оборудования, поэтому для предотвращения возникновения ЧС необходимо строго контролировать режимы бурения и параметры бурового раствора. Контролировать давления в интервалах с аномально низкими и аномально высокими давлениями. Следить за прямыми и косвенными признаками развития ГНВП, в случае проявления хотя бы одного из них, немедленно принимать меры по недопущению перехода проявления в открытый фонтан.

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

### **5.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

Эксплуатируемое оборудование должно быть в полной исправности и соответствовать предъявляемым требованиям и нормам. Защитные устройства должны быть установлены на место и соответствующим образом закреплены. Работать на неисправном оборудовании и при отсутствии или неисправном ограждении запрещается.

Вновь установленное или вышедшее из капитального ремонта оборудование может быть пущено в работу только после его комиссионной приемки ответственным по охране труда.

Конструкция органов управления сверлильного станка должна учитывать в соответствии с ГОСТ 12.2.049-80:

- требуемую точность и скорость движений при осуществлении управления, а также частоту использования органа управления;
- допустимые динамические и статические нагрузки на двигательный аппарат человека;
- антропометрические характеристики двигательного аппарата человека;

- необходимость быстрого распознавания органов управления, формирования и закрепления навыков по управлению.

Перед началом работ в лаборатории необходимо:

- спецодежду привести в порядок, пуговицы, молнии застегнуть, 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 мешках с реагентами;
- проверить наличие и целостность стеклянной посуды, бюреток, пипеток, достаточность реактивов и реагентов
- проверить работоспособность измерительного оборудования.

#### **5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Рабочее место должно быть оборудовано в соответствии с ГОСТ 12.2.049-80.

Электрооборудование, находящееся в исследовательской лаборатории должно быть заземлено и отвечать требованиям:

- Правил устройства электроустановок «ПУЭ»;
- ГОСТ Р 50571.2-94 «Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики»;
- Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок «ПОТЭУ 2014г.»;

В здании где располагается лаборатория должна быть обеспечена пожарная безопасность в соответствии со следующими документами:

- НПБ 23-2001. Пожарная безопасность технологических сред;
- ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля;
- СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.

Помещение лаборатории должно быть оборудовано системой общей приточно-вытяжной вентиляции.

## Заключение

По результатам эксперимента можно сказать, что выдержка в любом из растворов влияет на прочностные свойства резины, однако результаты опытов, полученных при износе образцов трением, говорят о том, что необработанные образцы обладают примерно такой же устойчивостью к этому виду износа. Несмотря на это среди исследуемых образцов можно выделить те, которые практически не подверглись негативному воздействию от истирания, к ним можно отнести образцы, обработанные растворами  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgCl}_2$  с выдержкой 10, 15 и 20 суток. Большой интерес вызывают результаты, полученные при изнашивании образцов металлическим резцом. Повреждения обработанных образцов в основном имеют характер дробления резины на куски разных форм и размеров с углублением резца в зоне его прямого воздействия, в то время как у образцов подверженных износу без предварительной обработки, характер повреждения совсем иной, углубление резца происходит без вырывания кусков резины, края получившегося углубления ровные. Это говорит о том, что совместно с преданием прочности, соленой раствор приводит к «задубению» резины. Наибольшего упрочнения на износ резанием удалось добиться при обработке образцов раствором  $\text{CaCl}_2$  со временем выдержки 10 суток при температуре  $80\text{ }^\circ\text{C}$ , результат эксперимента показал, что при данной длительности выдержки, износ образцов имеет характер продавки на 0,5-1 мм без потери резины.

Результат сравнения массы и объема образцов до обработки и после обработки растворами солей и полного высыхания, говорит о том, что после выдержки в рассоле, масса образцов в среднем увеличивается на 200-300 мг, а объем на 600-1200 мм<sup>3</sup>.

Таким образом можно судить о перспективности дальнейших исследований в данном направлении и необходимости работы над приближением лабораторных условий к реальным для получения более достоверных данных о влиянии обработки эластомера ВЗД растворами солей.

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» было установлено, что при работе над исследованием влияния обработки эластомера винтового забойного двигателя растворами солей, при условии соблюдения работниками техники безопасности и использовании необходимых средств индивидуальной защиты, отсутствует угроза жизни и здоровью. Исследование также является безопасным с точки зрения экологии и не несет вреда окружающей среде.

В итоге можно сделать вывод о полном соответствии научно-исследовательской работы требованиям нормативной документации в области охраны труда и экологической безопасности.

### Список литературы:

1. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Двойников М.В. Конструкторские решения в области совершенствования рабочих органов винтовых забойных двигателей // Бурение и нефть. – 2013. – №2. – С. 44–47.
2. Гусман М.Т. Забойные винтовые двигатели для бурения скважин / Д.Ф. Балденко, А.М. Кочнев, С.С. Никомаров. М.: Недра, 1981. 232 с.
3. Двойников М.В. Исследование износостойкости рабочих органов винтовых забойных двигателей. Бурение и нефть.-2009, №5. С. 15-19.
4. Исмаков Р.А. Исследование влияний различных реагентов на работу силовой секции винтовых забойных двигателей//Нефтегазовое дело. - №1. – 2015. – С. 64-78.
5. Овчинников В.П., Двойников М.В., Совершенствование конструкции винтовых двигателей для бурения скважин: Бурение и нефть. -2007. -№3.- С. 52-54.
6. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Фуфачев Олег Игоревич. – Москва, 2011 – 138 с.
7. Барцайкин В. В. Оценка влияния соляного раствора на деформацию эластомеров винтовых забойных двигателей при механическом воздействии / В. В. Барцайкин, А. В. Епихин ; науч. рук. А. В. Епихин // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016г. — Т. 2. — [с. 701-703].
8. Кудайкулова Г.А. Буровые глинистые растворы: Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2003. 137 с.
9. Овчинников В.П., Аксенова Н.А. Буровые промывочные жидкости: Учеб. пособие для вузов. – Тюмень: Издательство «Нефтегазовый университет», 2008. – 309 с.

10. Назаров В.Г., Гагарин М.В., Столяров В.П., Евлампиева Л.А., Баранов В.А. Моделирование процессов трения скольжения в паре поверхностно и объемно модифицированный эластомер – металл: Перспективные материалы. 2009г. (4): – 85-90 с.
11. ГОСТ 122107-85 Система стандартов безопасности труда. Шум. Станки металлорежущие. Допустимые шумовые характеристики.
12. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
13. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
14. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
16. ГОСТ 12.4.246-2016 (EN 143:2000) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Фильтры противоаэрозольные. Общие технические условия.
17. ГОСТ 29335-92 Костюмы мужские для защиты от пониженных температур.
18. ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами.
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.
20. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
21. ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод
22. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ) 2014г.
23. НПБ 23-2001. Пожарная безопасность технологических сред.

24. ГОСТ Р 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
25. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
26. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
27. ГОСТ Р 50571.2-94 Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики.
28. Правил устройства электроустановок (ПУЭ)
29. ГОСТ Р 50571.2-94 Электроустановки зданий. Часть 3. Основные характеристики.

## Приложение 1

### Literature review

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ6Д	Буленко Леонид Юрьевич		

Консультант школы отделения (НОЦ) \_\_\_\_\_ (аббревиатура школы, отделения (НОЦ)) \_\_\_\_\_ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯПР	Стрельникова А.Б.	к.ф.н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы \_\_\_\_\_ (аббревиатура отделения (НОЦ) школы):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

### **1.1. The history of creation of the screw downhole motors.**

First experience of turbine drilling was in 1922-1923 the USSR, it was first developed and manufactured industrial model of hydraulic downhole motor a gear turbine with a single-stage turbine. Since the 40s, this type of equipment has become the main technical tool of drilling. The spread of this drilling method has allowed achieving high growth rates of oil and gas production. Necessity of drilling deeper wells and modernization of drilling bits caused increasing of the backlog in terms of penetration per flight in relation to the world. This is explained by the fact that high-speed turbodrills, did not allow developing of the required torque value, that is why it is not possible to apply modern low-speed bits [2]. So there was a need to apply to low-speed drilling technology.

### **1.2 Construction and operation of a screw downhole motor.**

Screw downhole motor – is a dimensional rotary hydraulic mechanism that converts the pressure injected into the stator cavity by the drilling fluid in the rotational motion to the output shaft. The design of the downhole motor includes the motor section (otherwise – the working pair), the spindle section and the regulator of angle in versions for directional drilling. The rotor of the working pair produces torque, which is transmitted to the shaft of the spindle section.

The motor section is designed to convert the energy of the moving flow of the mud into the rotational motion of the rotor. The working pair includes a rotor and a stator. The stator is made in the form of a steel body, the inner surface of which includes a rubber lining (elastomer) with the inner left direction screw teeth. The steel rotor has the outer screw teeth, one less than the stator has. The magnitude of the screw lines of the rotor teeth and the stator is proportional to the number of their teeth. The teeth of the stator and the rotor are in continuous contact and form a single chamber closing along the length of the stator. The washing liquid pumped by the drilling pumps turns the rotor inside the stator while passes through the motor to the bit.

The angle adjuster or slanting translator is designed to provide the necessary angle of downhole motor. The angle regulator consists of two subs, a core and a gear coupling, which is reinforced with carbide teeth to increase wear resistance at the

contact with the well wall. On the slanting translator the place of contact with the wall of the well is made of resistant material.

The spindle section is used for the perception of hydraulic loads, face reaction and radial loads from the bit during drilling. It includes angular multi-row or multi-row ball bearing rubber heel and radial bearings of sliding.

### **1.3 Principle of operation.**

Screw downhole motor is a bulk motor. The principle of operation consists in conversion of energy of the drilling mud which is moving with high pressure in the drilling pipes column. While getting into the motor, this energy converts into mechanical energy and the rotor comes into motion, the rotation of which transmits through the shaft to the bit.

The rotor rotates clockwise, and the geometric axis of the rotor, relative to the stator axis, - counterclockwise.

For the operation of the "stator-rotor" pair, the following conditions must be fulfilled:

- The number of teeth of the stator  $Z_2$  is one greater than the teeth of the rotor  $Z_1$ ;

$$Z_2 = Z_1 + 1 \quad (1)$$

- The ratio of the length of the thread steps on the screw surfaces of the outer element (stator)  $T$  and the inner element (rotor) « $t$ » must be proportional to the ratio of the number of teeth;

$$T/t = Z_1/Z_2 \quad (2)$$

- The length of the working body  $L$  must be proportional to the length of the thread pitch on the screw surface of the outer element (stator);

- The shapes of the stator and rotor teeth are mutually flexible and are in continuous contact with each other in every phases of engagement.

#### **1.4 The main features of the downhole motor affecting its technical parameters.**

- The moment of hydraulic forces on the outer element (stator) coincides with the direction of the working bodies, and on the inner element (rotor) – is directed to the opposite direction.

- Torque is directed counter-clockwise - left cutting of the motor section.

- In all motor sections, teeth has the left direction, the motor output shaft rotates clockwise in view from above.

- Larger gear set of the motor section allows to develop a greater moment, but at the same time speed reduces.

- The longer the helix step, the lower speed and differential drop produced in the motor.

- Differential pressure drop it is pressure which can be found as difference between discharge line when the downhole motor is under load and when the bit is detached from the face.

- The greater the number of steps envisaged by manufacturer, the greater the torque that produced in the motor and the greater maximum allowable differential pressure drop.

- The greater flow rate of the washing liquid pumped through the pipes, the greater speed, power and torque produced by the motor section.

- Increase of the washing liquid density leads to the pressure growth and, as a consequence, to the growth of the moment produced by the motor section.

#### **1.5 Methods of improving the working body of the downhole motors.**

There are three main approaches to improving the motor section of the screw downhole motor:

- Increase of length of the working body, reduces the level of contact loads in the engagement and as a result reduce the intensity of wear and prevent premature destruction of the rubber lining due to the increased deformation and heating of rubber [5].

- Reduction of dynamic loads at work. The reduction of the rotor weight help us to avoid promotion of a significant centrifugal forces and intensive transverse vibrations, which causes to accelerated wear of the stator.

- Motors equipped with stators of uniform thickness rubber lining (profiled or reinforced stators) can improve efficiency and service life [1].

- Introduction of reinforcing elements in the rubber will increase the wear resistance of the elastomer.

### **1.6 Main weaknesses of screw downhole motors**

Despite the extensive use, downhole motors still have a number of weaknesses, which is causes large number of failures while drilling.

Analysis of the causes of screw downhole motors failures gives us information that 49 % of all failures associated with wear of the working body.

The reasons for the small overhaul life of the motor are: mechanical wear of the working bodies due to high loads, limited temperature range of the rubber lining of the stator; deformation and destruction of the elastomer.

### **1.7 Analysis of the main causes of elastomer wear.**

It was found that the wear of the working bodies of the screw downhole motor after 100 hours of work is about 45%, 33 % of that number is the most intense wear of the rubber of the stator, which falls at the first 60-80 hours of motor operation in the well. The reason of that is in strength characteristics of the contacting surfaces of working pair, increased initial tension, which increase with growth of hydraulic and mechanical resistances in the working pair during the burnishing of the screw surfaces.



Figure 5 – destruction of the elastomer by high pressures and temperatures

The working environment for working pair "stator-rotor" is the drilling mud, which is extremely aggressive with the content of abrasive particulate matter, and additional impurities, substances, which chemically attack the elastomer or change its mechanical properties. Downhole motor is also subjected to mechanical erosion and corrosion wear from influence of high pressures and temperatures.

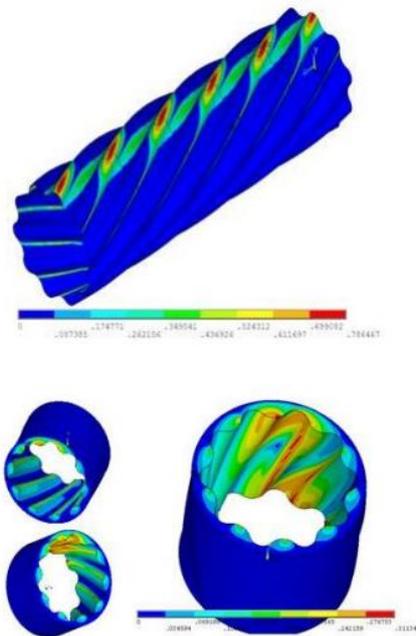


Figure 7-Voltage distribution in the working pair "rotor-stator»

The analysis of worn and broken surfaces of elastomers of the downhole motor stators shows that the wear of protrusions profile of the stator rubber element differs depending on the nature of the contact interaction at each moment of the loading cycle and depends on the magnitude of the tangential stresses. Wear is observed in the zone

where the values of the tangential stresses are maximum and it changes the profile of the teeth and reduces the tension in the working pair.

Abrasive wear occurs during the cycle of interaction contact of surfaces in the working pair of downhole motor and represents greatest degree of damage.

Figure 7 shows a model of the inner surface of the stator, which shows how the voltage is distributed in the places of contact with the rotor. The figure shows that the maximum contact voltage on the stator falls on the upper part of the tooth.

The analysis showed that the accuracy of the formation of toothed surfaces of the stator and the rotor in the manufacture has a great influence on the service life of the motor and the preservation of its performance. In process of stator manufacturing such deviations of the profile and the height of the teeth like deviations from the cylindricity of the channel toothed rubber lining of the stator (taper, corsets), the deviation of axial pitch, etc. might occur. The value of these deviations depends on the brand of rubber which is used in manufacturing and the accuracy of the stator mold and stator housing [6].

### **1.8 Downhole motor elastomer reaction to the salt solutions**

Aqueous solutions of sodium chloride (NaCl) and calcium chloride (CaCl<sub>2</sub>) have been used in practice of drilling wells for a long time, they are used in drilling in permafrost rocks, with the temperature reaching -9 °C. In addition, at concentrations of NaCl to 5% solution is used to inhibit clays and improve the structural and mechanical properties of drilling mud treated with protective colloids to increase the static shear stress (SNA) when drilling occurred on carbonate-clay suspensions. NaCl is also used to saturate the drilling fluids before opening the salt deposits to prevent the formation of cavities in wells and as antiterminator starch with sufficient natural mineralization [8].

However, the presence of salts in the drilling fluid adversely affects the components of the motor section. Figure 8 shows the motor rotor after operation in a salt solution.

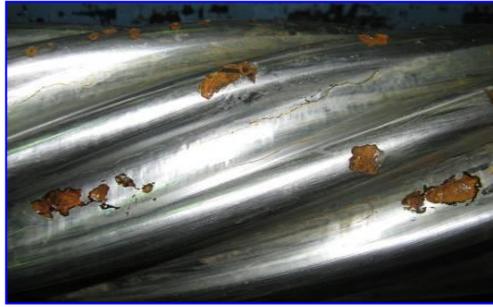


Figure 8-Defects on the rotor after operating with salt solution

Defects raised on the rotor during operation damages the rubber lining of the stator (figure 9).



Figure 9-Defects on the rotor after operation with salt solution

During the evaluation of the influence of salt solution on the deformation of elastomers of screw downhole motors students of the National research Tomsk Polytechnic University which is based in Tomsk city, under the guidance of a senior teacher A.V. Epikhin, found that the salt solution has a "tanning" effect on the elastomer samples, which affects the comparative reduction of the deformation of samples relative to the reference studies on water [7]. Thus, it was suggested that it is possible to use salt solutions to strengthen the rubber lining of the stator downhole motor.

## Приложение 2

Таблица Б1 - Результаты первого этапа SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Бюджетное финансирование проекта;</p> <p>С2. Квалифицированный персонал;</p> <p>С3. Испытания разработки в лабораторных условиях;</p> <p>С4. Применение передового оборудования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Невозможность полностью воссоздать реальные условия среды применения разработки;</p> <p>Сл2. Трудности с имитацией нагрузок в паре трения «ротор-статор»;</p> <p>Сл3. Низкое качество поставляемых для исследования материалов;</p> <p>Сл4. Малый опыт исследований в данном направлении.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование лабораторной базы НИ ТПУ;</p> <p>В2. Налажено взаимодействие университета с предприятиями, потенциальными потребителями разработки;</p> <p>В3. Нарботана база для дальнейших исследований;</p> <p>В4. Отсутствие исследований по теме.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Малая изученность влияния разработки на работу ВЗД;</p> <p>У2. Разработки конкурентов в данном направлении;</p> <p>У3. Снижение бюджета на исследование;</p> <p>У4. Погрешности в следствии несовершенства проведения эксперимента.</p>		

### Приложение 3

Таблица В1 - Результаты третьего этапа SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Бюджетное финансирование проекта; С2. Квалифицированный персонал; С3. Испытания разработки в лабораторных условиях; С4. Применение передового оборудования.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Невозможность полностью воссоздать реальные условия среды применения разработки; Сл2. Трудности с имитацией нагрузок в паре трения «ротор-статор»; Сл3. Низкое качество поставляемых для исследования материалов; Сл4. Малый опыт исследований в данном направлении.
<b>Возможности:</b> В1. Использование лабораторной базы НИ ТПУ; В2. Налажено взаимодействие университета с предприятиями, потенциальными потребителями разработки; В3. Нарботана база для дальнейших исследований; В4. Отсутствие исследований по теме.	В результате анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» выявлены следующие соответствия: В1В4С1С2С3С4 – наличие бюджетного финансирования, передового оборудования и квалифицированного оборудования для работы в лабораторных условиях ТПУ по новой тематике; В2С1С4 – получение части материальной базы от предприятий, заинтересованных в разработке; В3С2С3С4 – наличие базы для дальнейших исследований.	В результате анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» выявлены следующие соответствия: В2Сл4 – возможность обмена опытом с предприятиями; В4Сл2Сл4 – отсутствие возможности сопоставления результатов исследования с работами конкурентов.

Продолжение таблицы В1

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Малая изученность влияния разработки на работу ВЗД;          У2. Разработки конкурентов в данном направлении;          У3. Снижение бюджета на исследование;          У4. Погрешности в следствии несовершенства проведения эксперимента.</p>	<p>В результате анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» выявлены следующие соответствия:          У1С1С3С4 – наличие обученного персонала, лаборатории и бюджетного финансирования позволит улучшить изученность данной темы;          У4С3 – испытания в лаборатории не могут обеспечить высокую достоверность полученных данных в следствии сложности воссоздания скважинных условий.</p>	<p>В результате анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» выявлены следующие соответствия:          У1У4Сл1Сл4 – велик риск расхождения показателей эффективности разработки при применении на практике;          У2Сл1 – существуют лаборатории с лучшим материальным оснащением;          У3Сл3 – применение низкокачественных материалов для исследования негативно сказывается на конечном результате.</p>
--	--	--