

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

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

УДК 678.074:622.243.92.05-048.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Чернев Сергей Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Романюк В.Б.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент отделения общетехнических дисциплин	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев А.В.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки – Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Череневу Сергею Сергеевичу

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: процесс изменения износостойкости эластомера после обработки в растворе соли хлорида натрия Предмет исследования: образцы резиновой смеси ИРП-1226 Область применения: изготовление обкладки статора двигательной секции винтового забойного двигателя
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <small>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования;</small>	1. Обзор литературных источников с целью определения путей совершенствования винтового забойного двигателя с целью повышения межремонтного периода 2. Проведение экспериментальных исследований и оценка влияния раствора хлорида натрия на изменение структуры эластомера 3. Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<i>содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	4. Выполнение раздела «Социальная ответственность» 5. Написание раздела на английском языке 6. Обобщение результатов исследования и определение возможных перспектив их дальнейшего использования при производстве эластомерной обкладки статора двигательной секции винтового забойного двигателя
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Необходимость в графических материалах отсутствует
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения нефтегазового дела, к.э.н., Романюк В.Б.
Социальная ответственность	Ассистент отделения общетехнических дисциплин Черемискина М.С.
Часть на иностранном языке	Старший преподаватель отделения иностранных языков Лысунец Т.Б.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Development of the elastomer IRP-1226 modifying technology for the purpose of increasing the overhaul life of the screw downhole motor	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Черенев Сергей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Череневу Сергею Сергеевичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Строительство глубоких нефтяных и газовых скважин в сложных горно-геологических условиях»

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

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	График выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценка эффективности нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочникам Единых норм времени (ЕНВ) и др.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет капитальных и текущих затрат и финансового результата реализации проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной технической и экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Линейный календарный график выполнения работ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Черенев Сергей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ73	Череневу Сергею Сергеевичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал) и области его применения	<i>Объектом исследования данной научно-исследовательской работы является резиновая смесь ИРП-1226. Суть работы заключается в изучении влияния раствора соли NaCl на износостойкость данной смеси к испытаниям трением и резанием при различной температуре и времени выдержки. Изучаемая резиновая смесь используется для производства эластомерной обкладки статоров винтовых забойных двигателей отечественными производителями.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	<i>Представить требования, предъявляемые к сотрудникам лаборатории перед допуском к работе, а также нормы по компоновке рабочего места в лаборатории.</i>
2. Профессиональная социальная безопасность 2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования 2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований 2.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	<i>Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие при исследовании изменения износостойкости образцов резины ИРП-1226 в лабораторных условиях: отклонение показателей микроклимата, движущиеся машины и механизмы производственного оборудования, испарения токсичных и вредных веществ, недостаточная освещенность рабочей зоны, электрический ток. Проанализировать вредные и опасные факторы, влияющие на человека, возникающие на производстве: повышенный уровень шума и вибрации, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны</i>
3. Экологическая безопасность 3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду 3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	<i>Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду, а также необходимые мероприятия по защите окружающей среды.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: 4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования 4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	<i>Во время применения результатов исследования на производстве возможно возникновение ЧС. Необходимо привести превентивные мероприятия по предотвращению ЧС и разработать порядок действий при его возникновении.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Черенев Сергей Сергеевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) – Нефтегазовое дело
 Уровень образования – магистратура
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01 марта 2019	1. Проведение литературного обзора по теме	20
08 марта 2019	2. Утверждение методики проведения исследований и обработки данных	5
22 апреля 2019	3. Проведение исследований изменения структуры эластомера после обработки в растворе NaCl	15
06 мая 2019	4. Анализ полученных экспериментальных данных, промежуточная аттестация выполнения диссертации	5
23 мая 2019	5. Предварительная защита диссертации	5

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Глотова Валентина Николаевна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения нефтегазового дела	Ковалев Артем Владимирович	к.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 94 с., 51 рис., 20 табл., 31 литературный источник, 1 приложение

Ключевые слова: винтовой забойный двигатель, эластомер, двигательная секция, рабочие органы, статор, ротор.

Целью данной работы является разработка технологии модификации эластомера ИРП-1226 с целью увеличения межремонтного срока винтового забойного двигателя, путем экспериментально доказанного определения оптимальных параметров (времени и температуры) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия.

Предмет исследования – резина марки ИРП-1226, которая наиболее часто используется для изготовления обкладки статоров ВЗД на заводах российских компаний, производящих данное оборудование.

Область применения: изготовление резиновой обкладки статора двигательной секции.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ВЗД – винтовой забойный двигатель;

ВГМ – винтовой героторный механизм;

РО – рабочие органы;

КПД – коэффициент полезного действия;

КНБК – компоновка низа бурильной колонны;

ПАЦ – полианионная целлюлоза;

ПБМБ – марка бентопорошка, произведенного из бентонита;

В тексте документа допускается приводить без расшифровки общепринятые сокращения, установленные в национальных стандартах и соответствующие правилам русской орфографии: с. - страница; т.е. - то есть; т.д. - так далее; т.п. - тому подобное; и др. - и другие; в т.ч. - в том числе; пр. - прочие; т.к. - так как; г. - год; гг. - годы; мин. - минимальный; макс. - максимальный; шт. - штуки; св. - свыше; см. - смотри; включ. - включительно и др.

Оглавление

Введение	14
1. Литературный обзор.....	15
1.1 История создания винтовых забойных двигателей	15
1.2 Устройство винтового забойного двигателя	16
1.3 Принцип работы винтового забойного двигателя	19
1.4 Основные виды неисправностей винтовых забойных двигателей	19
1.5 Анализ причин износа резиновой обкладки статора.....	20
1.6 Исследования по решению проблемы преждевременного выхода из строя винтового забойного двигателя	22
1.7 Выводы и постановка целей и задач исследования	26
2. Методика проведения исследований. Приборы и оборудование	27
2.1 Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера резанием и трением.....	27
2.2 Лабораторный стенд для исследования изменения структуры эластомера после обработки	30
2.3 Методика проведения исследований	31
3. Экспериментальная часть	34
3.1 Результаты экспериментальных исследований износостойкости эластомера при воздействии режущего и истирающего воздействий.....	34
3.2 Результаты экспериментальных исследований изменения структуры эластомера после обработки раствором соли NaCl	34
3.2.1 Исходные образцы резины ИРП-1226	34
3.1.2 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 25 °С.....	35
3.1.3 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 40 °С.....	39
3.1.4 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 60 °С.....	42
3.1.5 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 80 °С.....	47
3.1.6 Выводы по экспериментальной части	50
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52

4.1	Планирование научно-исследовательских работ.....	52
4.1.1	Структура работ научного исследования.....	52
4.1.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	53
4.1.3	Разработка графика научного исследования.....	54
4.2.	Бюджет научно-технического исследования.....	56
4.2.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	56
4.2.2	Расходы на оплату труда исполнителям темы.....	56
4.2.3	Отчисления во внебюджетные фонды.....	58
4.2.4	Накладные расходы.....	59
4.2.5	Амортизационные отчисления.....	59
4.2.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	60
4.3	Экономическая эффективность внедрения новой технологии.....	60
4.3.1	Оценка потенциальных потребителей результатов исследования.....	60
4.3.2	Анализ конкурентных технических решений.....	61
4.3.3	Оценка сравнительной ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
4.4	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	66
5.	Социальная ответственность.....	67
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	68
5.1.1	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	68
5.1.2	Требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя.....	69
5.2	Производственная безопасность.....	69
5.2.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	70
5.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя.....	74
5.3	Экологическая безопасность.....	75
5.3.1	Анализ влияния процесса разработки решений на окружающую среду..	75
5.3.2	Анализ влияния процесса реализации решений на окружающую среду..	76
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77

5.4.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть при внедрении результатов исследований.....	77
5.4.2 Обоснование мероприятий по недопущению ЧС и действия в случае возникновения ЧС.....	78
Заключение.....	79
Список публикаций студента.....	80
Список литературы.....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А	84

Введение

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 винтового забойного двигателя путем обработки резиновой обкладки раствором хлорида натрия, который позволит обеспечить повышение устойчивости эластомера к разрушению.

1. Литературный обзор

Цель данного раздела - рассмотрение существующих на сегодняшний день методов и технологий решения проблемы малого межремонтного периода винтовых забойных двигателей из-за преждевременного износа эластомерной обкладки статора.

Для выполнения данного раздела научно-исследовательской работы были поставлены следующие задачи:

- отобрать и проанализировать материалы по теме исследования;
- описать устройство винтового забойного двигателя и принцип его функционирования;
- выявить существующие проблемы в работе винтовых забойных двигателей;
- рассмотреть методы повышения износостойкости резиновой обкладки статора ВЗД;
- выполнить обзор литературных источников, связанных с проблемой преждевременного выхода из строя винтового забойного двигателя.

1.1 История создания винтовых забойных двигателей

В Советском Союзе, с начала сороковых годов, кроме роторного способа бурения применялся многоступенчатый турбобур. Турбинный способ бурения получил широкое распространение благодаря бурению нефтегазоносных площадей Урало-Поволжья и Западной Сибири. Бурение с использованием турбобуров позволило получить высокие темпы роста добычи нефти и газа. И все же средний показатель проходки за рейс эксплуатационного бурения в США превышал отечественные показатели.

При применении многоступенчатых турбобуров невозможно было задать частоты вращения ниже 400-500 оборотов в минуту, что сильно влияло на эффективность использования шарошечных долот. Из-за этого возник вопрос о создании низкооборотных двигателей, способных работать в оптимальном диапазоне частот вращения.

Бурение с применением ротора хорошо показало себя в некоторых районах СССР, в частности на Северном Кавказе и Западной Украине. Однако полностью перейти на данный способ бурения не представлялось возможным из-за отсутствия необходимой материальной и производственной базы.

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

В 1966 году во ВНИИБТ был разработан новейший винтовой забойный двигатель. Рабочие органы двигателя были созданы на базе многозаходного винтового героторного механизма (ВГМ), который выполнял функцию планетарного редуктора.

В настоящее время винтовой забойный двигатель является эффективным техническим средством, применяемым для бурения нефтяных и газовых скважин.

1.2 Устройство винтового забойного двигателя

Винтовой забойный двигатель (ВЗД) - роторный механизм объемного (гидростатического) действия, который преобразует энергию нагнетания промывочной жидкости во вращательное движение выходного вала.

Конструкция большинства современных винтовых забойных двигателей включает в себя несколько основных элементов. К ним относятся двигательная и шпindelная секции, регулятор угла, обратный клапан и противоаварийное устройство (уловитель ротора).

Двигательная секция (рисунок 1) силовой узел двигателя, который предназначен для преобразования движущегося потока промывочной жидкости во вращательное движение. Элементами РО двигательной секции являются ротор и статор.

Статор представляет собой неподвижную металлическую часть корпуса, к внутренней поверхности которого прилегает резиновая обкладка, с внутренними винтовыми зубьями, имеющим левое направление.

Вторым основным элементом двигательной секции выступает ротор, который представляет из себя стальной винт, через который передается крутящий момент на вал шпиндельной секции ВЗД. Количество наружных винтовых зубьев на роторе на единицу меньше, чем на статоре.

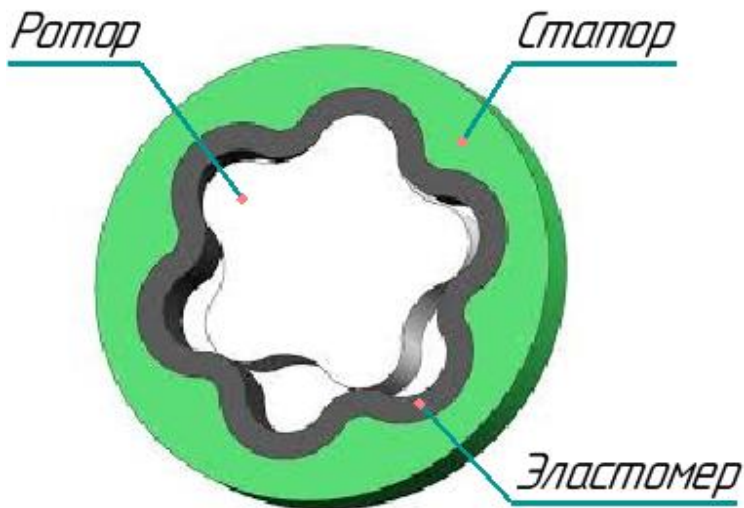


Рисунок 1 – Поперечное сечение двигательной секции ВЗД

Вторым основным узлом ВЗД, служащим для передачи крутящего момента от рабочей пары на породоразрушающий инструмент, является шпиндельная секция (рисунок 2). Также она служит для восприятия значительных осевых нагрузок, возникающих в процессе бурения. Шпиндельная секция состоит из следующих элементов: корпус, вал, осевая и радиальная опоры. Вращение ротора двигательной секции через элементы трансмиссии передается на вал шпиндельной секции. Осевые и радиальные опоры необходимы для восприятия нагрузок шпинделя.

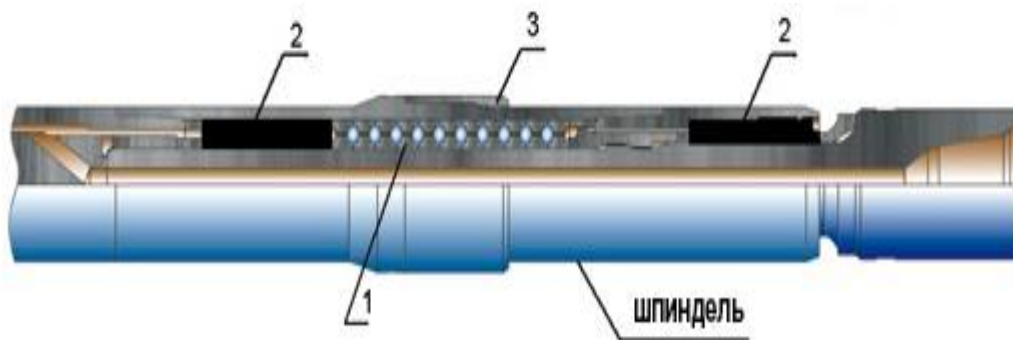


Рисунок 2 – Шпиндельная секция ВЗД: 1) осевой подшипник; 2) радиальная опора; 3) центратор; 4) противоаварийный бурт

Регулятор угла выполнен в виде регулируемого на буровой соединительного переводника и предназначен для изменения угла искривления двигателя между секцией рабочих органов и шпиндельной секцией винтового забойного двигателя при использовании его в наклонно–направленном бурении скважин (рисунок 3). Для повышения износостойкости, "пятка" регулируемого переводника армирована твердосплавными зубками.



Рисунок 3 – Регулятор угла ВЗД

Обратный клапан (рисунок 4) предназначен для исключения шламования двигателя при спуске КНБК, а также для предотвращения ГНВП из скважины через бурильные трубы в процессе проводки скважины.



Рисунок 4 – Обратный клапан ВЗД

Уловитель ротора – элемент, который присоединяется к ротору ВЗД, имеющий в своем составе упорную шайбу, которая в рабочем состоянии находится над упорным кольцом (рисунок 5). В случае поломки резьбового соединения шпиндельной секции или регулятора угла перекоса противоаварийное устройство не даст упасть винтовому забойному двигателю на забой.

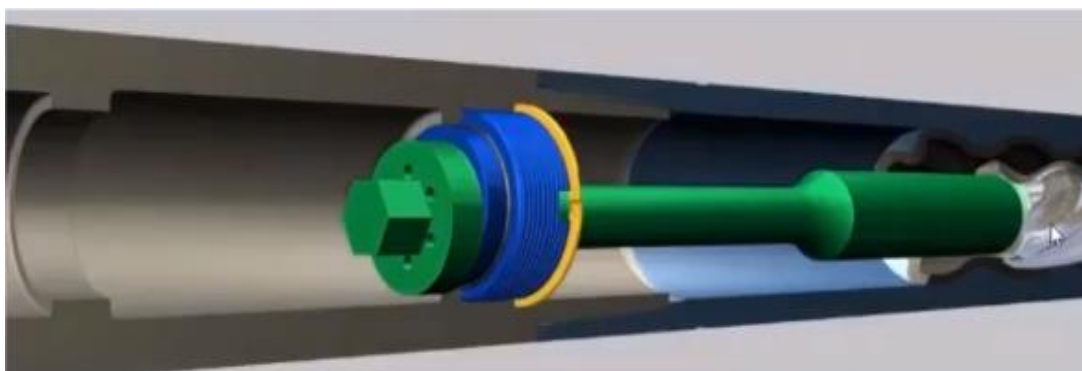


Рисунок 5 – Уловитель ротора

1.3 Принцип работы винтового забойного двигателя

Винтовой забойный двигатель представляет собой объемный роторный гидравлический механизм. Принцип его действия заключается в следующем: буровая промывочная жидкость, проходя по колонне буровых труб под давлением, попадает в двигатель. В нем возникают неуравновешенные силы, которые приводят во вращение ротор (винтовые поверхности рабочего органа замыкаются, что приводит к разобщению на области высокого и низкого давления). Узел соединения ротора и выходного вала шпинделя, который может быть выполнен в виде двухшарнирного карданного соединения или гибкого вала, преобразует планетарное движение ротора в соосное вращение вала шпиндельной секции, а также передает гидравлическую нагрузку с ротора на подшипник шпинделя. Выходной вал соединяется с долотом посредством наддолотного переводника.

1.4 Основные виды неисправностей винтовых забойных двигателей

Основными недостатками отечественных винтовых забойных двигателей являются: низкая стойкость к агрессивному воздействию со стороны скважинных условий, ограниченный температурный предел эксплуатации, низкий моторесурс, сильное изменение рабочих характеристик в процессе работы, высокая стоимость ремонтно-профилактических работ и их трудоемкость. Многолетний опыт применения винтовых забойных двигателей в бурении и капитальном ремонте скважин показал, что потеря работоспособности двигателя происходит в основном по следующим причинам:

- изнашивание силовой секции;
- выход из строя шарнирного соединения;
- изнашивание шпиндельной секции;
- выход из строя по технологическим причинам (разъединение элементов силовой секции, ослабление резьбовых соединений на корпусе ВЗД, шламование рабочих органов двигателя, выход из строя переливного клапана и т.д.);
- отказ по аварийным причинам (отслоение/отрыв эластомерной обкладки от корпуса статора, поломка торсиона, выходного и карданного валов).

На рисунке 6 представлена сравнительная диаграмма причин выхода ВЗД из строя в процентном соотношении.

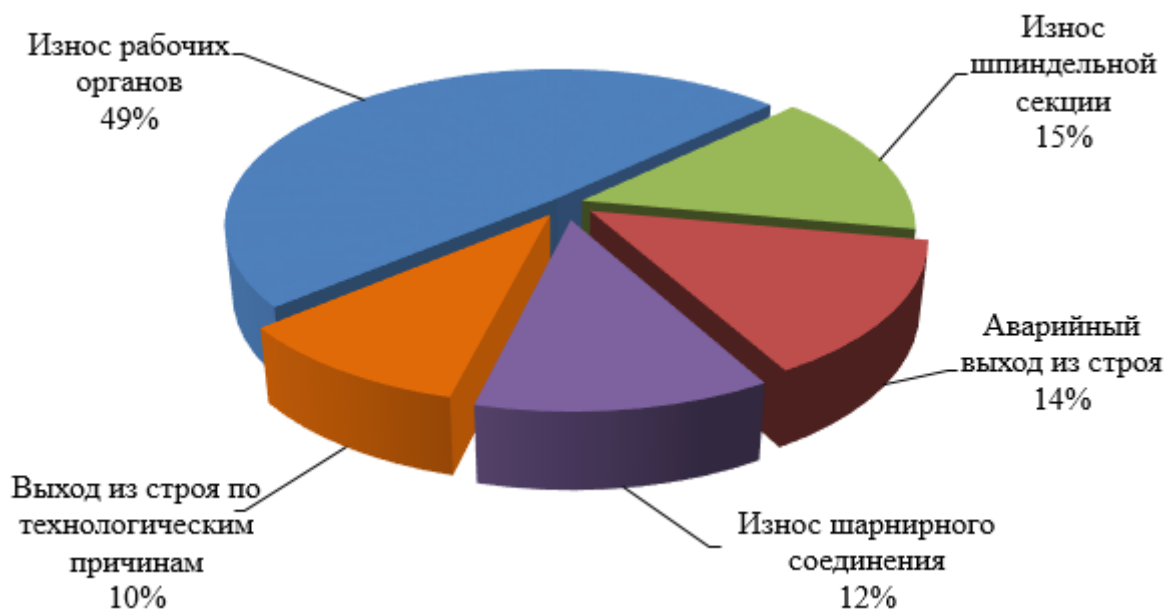


Рисунок 6 - диаграмма причин выхода ВЗД из строя

1.5 Анализ причин износа резиновой обкладки статора

При всех своих достоинствах ВЗД имеет существенный недостаток – преждевременный выход из строя двигательной секции, а именно – эластомерной обкладки статора. В процессе эксплуатации рабочие органы винтового забойного двигателя подвергаются различным видам изнашивания: усталостному, фрикционному, гидроабразивному, а также эрозионному и коррозионно - механическому при воздействии повышенных давлений и

температур. Также, причинами снижения работоспособности ВЗД могут быть процессы релаксации напряжения и накопления остаточной деформации, которые приводят к уменьшению натяга между статором и ротором.

Повреждения резиновой обкладки статора приводят к катастрофическому снижению технических и энергетических характеристик винтового забойного двигателя. В некоторых критических случаях это может привести к его полному выходу из строя.

В основном, причинами износа эластомерной обкладки статора являются:

- повышенный перепад давления промывочной жидкости в рабочих органах вследствие перегрузки ВЗД высоким крутящим моментом;
- усталостное разрушение эластомера;
- износ рабочих поверхностей статора и ротора;
- деструкция эластомера, вызванная воздействием высоких давлений температур со стороны скважинных условий.

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

Усталостный износ возникает в процессе многократного воздействия циклических нагрузений, которые приводят к неоднократному деформированию резинового элемента статора. Это создает рост температур внутри эластомера, а также вызывает химические превращения в поверхностных слоях, что в дальнейшем приводит к разрушению.

Гидроабразивный износ возникает из-за большого содержания твердой фазы в буровом растворе. Характерным признаком данного вида воздействия является появление царапин на поверхности рабочих органов ВЗД. Длительное воздействие со стороны бурового раствора с большим содержанием твердой фазы может приводить к уменьшению толщины обкладки эластомера.

Принимая во внимание все вышеперечисленное, можно сказать, что в настоящее время существует большое количество проблем, которые приводят к уменьшению межремонтного периода винтового забойного двигателя из-за преждевременного выхода эластомерной обкладки из строя. Данные проблемы

требуют детального рассмотрения с целью поиска эффективных методов решения.

1.6 Исследования по решению проблемы преждевременного выхода из строя винтового забойного двигателя

В настоящее время для достижения высоких технико-экономических показателей необходимо ответственно подходить к выбору ВЗД, принимая во внимание условия проведения буровых работ для конкретной скважины.

В исследовании Балденко Д.Ф. и Балденко Ф.Д. «Пути дальнейшего совершенствования винтовых забойных двигателей» выделяют основные направления совершенствования ВЗД. К ним относятся: повышение долговечности двигателей, модифицирование характеристики ВЗД при бурении долотами типа PDC, создание специальных двигателей для проводки скважин с особыми условиями бурения, осуществление контроля режима бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин [1].

При использовании PDC долот, которые отличаются высокой производительностью, к винтовым забойным двигателям предъявляются следующие технические требования: увеличение ресурса двигательной секции и коррекция характеристики двигателя. Добиться повышения ресурса можно путем повышения долговечности рабочих органов, опорных узлов и соединений ротора и вала шпиндельной секции. Повысить долговечность ВЗД можно с помощью снижения контактных напряжений в рабочей паре. Этого можно достигнуть за счет увеличения длины рабочих органов и выбором оптимального параметра зацепления в двигательной секции.

Фуфачев О.И. в статье «Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик» рассматривает методику проектирования новых статоров на основании результатов компьютерного моделирования прочностных и тепловых расчетов статоров, а также выбора оптимальной толщины эластомерного слоя. По результатам стендовых испытаний ВЗД диаметром 95 мм с новым статором было установлено

увеличение крутящего момента и мощности в 1,5 раза по сравнению со стандартными секциями рабочих органов. Одновременно, на основании компьютерной модели, была уменьшена температура саморазогрева эластомерной обкладки на 34 °С во время работы двигателя на режиме максимального КПД, и в новом статоре максимальное ее значение составило 63 °С [2].

В работах Карапетова Р.В. «Повышение эффективности бурения скважин с применением винтовых забойных двигателей за счет увеличения их моторесурса» и «О возможности повышения износостойкости рабочих органов винтовых забойных двигателей за счет реализации эффекта автокомпенсации износа» был предложен и теоретически обоснован способ автокомпенсации износа в двигательной секции винтового забойного двигателя. Данный метод позволяет повысить эффективность использования рабочих органов за счет стабилизации технологических характеристик в процессе эксплуатации. Также была представлена возможность использования эффекта автокомпенсации износа в рабочих органах ВЗД за счет диффузионно-сорбционного взаимодействия эластичного элемента статора с рабочей жидкостью. Данное взаимодействие обеспечивает сохранение первоначального натяга в паре ротор-статор и режимных параметров двигателя на высоком уровне, а также повышает технологичность использования винтового забойного двигателя при бурении и ремонте скважин [3].

Повышение эксплуатационных характеристик винтового забойного двигателя может быть достигнуто за счет использования при изготовлении статоров и роторов тонкостенных стальных винтовых оболочек. При применении таких оболочек для армирования зубьев резинометаллического статора может произойти повышение изгибной жесткости резиновых зубьев статора и эксплуатационных характеристик героторного механизма. Использование таких оболочек при производстве облегченного ротора существенно снижает массу, уменьшает динамику поперечных колебаний и нагрузки на резиновые зубья статора, увеличивает срок службы винтового

забойного двигателя, отмечает Голдобин Д.А. в своей работе «Разработка и исследование винтовых забойных двигателей с облегченными роторами и армированными статорами» [4].

В статье Аль-Сухили М.Х. и Исмакова Р.А. «Совершенствование методики изучения триботехнических аспектов работы силовой секции винтовых забойных двигателей» в результате экспериментальных исследований было установлено, что добавление смазочной добавки ФК 2000+ в полимерглинистый буровой раствор благоприятно влияет на устойчивость эластомерной обкладки к износу, снижая коэффициент трения и скорость износа [5].

При повышенных температурах резиновая обкладка статора изменяет свои свойства (упругоэластичные и физико-механические). Нагрев эластомера до температуры 180 °С приводит к его термическому разрушению. Плотников В. М. и Фуфачев О.И. в работе «Тепловой расчет резиновой обкладки статоров винтовых забойных двигателей» делают вывод о том, что при применении статоров стандартной конструкции происходит разрушение эластомера из-за плохого отвода тепла от центра резинового зуба. Использование статоров с равномерной толщиной резиновой обкладки и профилированным металлическим корпусом позволяет уменьшить нагрев эластомера. За счет этого уменьшается вероятность выхода из строя двигательной секции ВЗД. Также, использование модифицированных статоров позволяет расширить область температур, при которых возможно производить бурение [6].

В работе «Конструктивные и технологические методы повышения энергетических характеристик и долговечности героторных механизмов винтовых забойных двигателей» Шулепов В.А. говорит о том, что при производстве винтовых забойных двигателей необходимо выдерживать в заданных пределах диаметральные размеры, профиль зубьев, а также осевой и окружной шага зубьев ротора и статора. Все это необходимо для обеспечения оптимального натяга в зацеплении рабочих органов ВЗД. Однако, при серийном

изготовлении героторных механизмов невозможно обеспечить требуемое качество [7].

На основании многочисленных исследований была разработана и внедрена новая технология изготовления статоров. Данная технология позволила увеличить длину зубчатой части обкладки статора до 4600 мм. Это привело к увеличению мощности и крутящего момента в режиме максимального КПД. Увеличение длины зубчатых поверхностей рабочей пары позволило снизить уровень контактных нагрузок в зацеплении зубьев ротора и статора, уменьшить их износ, а также повысить ресурс двигательной секции ВЗД.

М.Г. Бобров в работе [8] отразил схемы и методики расчета поперечных колебаний винтового забойного двигателя, а также подробно проанализировал их. Помимо этого, была исследована жесткость эластичной обкладки статора сложного профиля при взаимодействии с металлическим ротором. В результате проведения стендовой проверки расчетных данных при работе с ВЗД, впервые были получены данные не только о резонансных режимах работы двигателя на стенде, но и о формах вынужденных колебаний его корпуса. Обоснованность выбранной схемы и методики расчета была подтверждена при учете основных факторов, влияющих на поперечные колебания. Автором были проведены исследования о влиянии массы ротора, величины натяга или зазора в рабочей паре, степени износа опор шпинделя на величину поперечных колебаний винтового забойного двигателя. Также, была описана конструкция двигателя, которая имеет пониженный в 1,5-2 раза уровень вибраций. В работе М.Г. Боброва приведены методики расчета устойчивости и прочности торсиона ВЗД с учетом действующих динамических нагрузок. Благодаря данным исследованиям автором была произведена оценка влияния поперечных колебаний на работу винтового забойного двигателя и был предложен ряд возможных конструкционных изменений для снижения воздействия динамических нагрузок на его узлы и детали, а также на породоразрушающий инструмент и КНБК.

Основным элементом рабочей пары винтового забойного двигателя, от которого зависит работоспособность двигателя, является резинометаллический статор. В настоящее время резина ИРП-1226, из которой изготавливается эластомер статора, по комплексу прочностных и динамических свойств не соответствует растущим требованиям предъявляемых к буровому оборудованию. Для увеличения межремонтного периода работы ВЗД в работе Коротких Н.И. «Разработка эластомерных композиций для буровой техники» были разработаны новые составы эластомерных композиций на основе бутадиеннитрильных и гидрированных бутадиеннитрильных каучуков. Эластомеры, изготовленные по новой технологии, могут увеличить срок эксплуатации винтовых забойных двигателей, а также позволят применять их при бурении высокотемпературных скважин [9].

1.7 Выводы и постановка целей и задач исследования

Анализ литературных источников, посвященный исследованиям проблемы преждевременного выхода из строя винтового забойного двигателя, показал:

1. в настоящее время винтовой забойный двигатель является самым распространенным типом забойной машины, используемой в бурении нефтяных и газовых скважин, служащей для передачи вращения на породоразрушающий инструмент;
2. основной причиной отказа работы ВЗД является преждевременный выход из строя двигательной секции, вследствие неустойчивости эластомера к различным типам воздействий;
3. на сегодняшний день не было представлено кардинальных изменений в конструкции, а также методов для существенного увеличения срока службы винтового забойного двигателя.

Целью данной работы является разработка технологии модификации эластомера ИРП-1226 с целью увеличения межремонтного срока винтового забойного двигателя, путем экспериментально доказанного определения

оптимальных параметров (времени и температуры) выдержки эластомера ВЗД в растворе хлорида натрия.

Предмет исследования – резина марки ИРП-1226, которая наиболее часто используется для изготовления обкладки статоров ВЗД на заводах российских компаний, производящих данное оборудование.

На основании поставленной цели были определены следующие задачи:

1. разработать методику проведения исследований для определения скорости износа образцов эластомера резанием и трением;
2. исследовать изменение структуры резиновой обкладки после модификации в растворе хлорида натрия;
3. произвести сравнительный анализ полученных результатов исследований;
4. сформулировать вывод по проделанной исследовательской работе.

Выполнение поставленных задач позволит сделать вывод об эффективности данного способа модификации эластомерной обкладки статора и о возможности увеличения срока службы винтового забойного двигателя в целом.

2. Методика проведения исследований. Приборы и оборудование

2.1 Лабораторный стенд для исследования процессов износа эластомера резанием и трением

Экспериментальный стенд представляет собой вертикальный сверлильный станок (рисунок 7). 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 8).



Рисунок 7 – Сверлильный станок РТВ – 16В/230



Рисунок 8 – Цилиндрический стакан для исследований

Второй элемент системы нагружения, который в процессе эксперимента создает имитацию трения в рабочей паре – это металлический стержень (рисунок 9) с круглой плоской площадкой на одном из концов размером, подходящим под внутренний диаметр стакана с учетом зазора 1 мм.



Рисунок 9 – Металлический стержень, передающий механическую нагрузку на образец, имитирующую трение в силовой паре

Режущее воздействие в рабочей паре двигателя имитируется при помощи металлического резца (рисунок 10).



Рисунок 10 – 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.

2.2 Лабораторный стенд для исследования изменения структуры эластомера после обработки

Исследование изменения структуры эластомера проводится в два этапа.

На первом этапе изучение образцов осуществляется с использованием бинокулярного микроскопа МБС-9 (рисунок 11). Эластомер помещается на предметный столик. Увеличение окуляра составляет 8х, объектива – 7х, таким образом, общее увеличение микроскопа – 56х. Освещение образца обеспечивается лампой накаливания, входящей в состав микроскопа.



Рисунок 11 – Бинокулярный микроскоп МБС-9

В результате изучения исходных и подверженных разрушению поверхностей образцов, были выявлены общие закономерности изменения структуры эластомеров в зависимости от температуры и времени выдержки.

На втором этапе для запечатления полученных результатов использовался стереомикроскоп со встроенной камерой Leica EZ4 (рисунок 12).



Рисунок 12 – Стереомикроскоп Leica EZ4 со встроенной камерой

Фиксация поверхностей образцов проводилась при общем увеличении микроскопа 35х. Полученные фотографии выводились в программу LAZ EZ (рисунок 13).

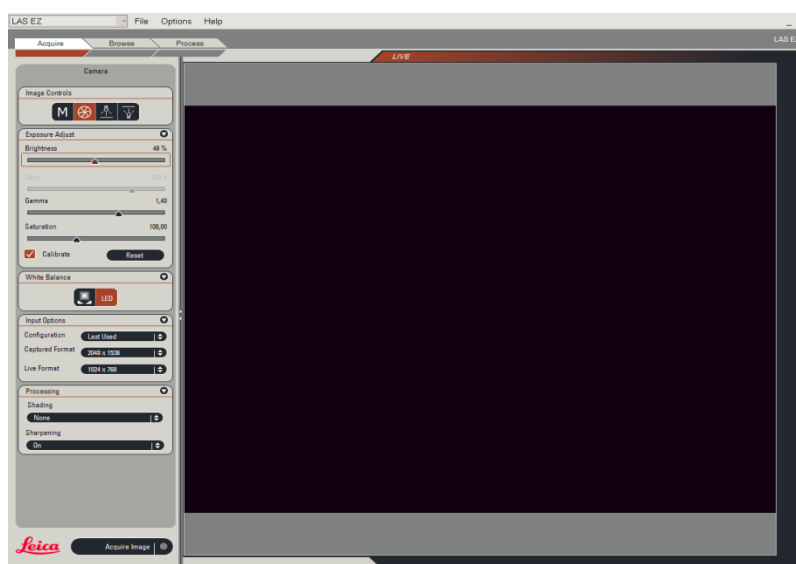


Рисунок 13 – Рабочее окно программы LAZ EZ

2.3 Методика проведения исследований

Суть эксперимента состояла в определении скорости разрушения эластомеров путем воздействия резанием и трением на образцы износостойкой

резины ИРП-1226 в среде полимер глинистого бурового раствора. Непосредственно перед проведением испытаний на трение и абразивный износ образцы выдерживались в рассоле NaCl в течение 5, 10, 15, 20 суток в печи (рисунок 14) при температурах 25, 40, 60 и 80° С.



Рисунок 14 – Печь для выдержки образцов при различной температуре

На каждую температуру выдержки образцов при различном времени воздействия проводилось по 3 испытания на трение и резание, с целью исключения грубых ошибок и получения более достоверных данных.

Для исследования изменения износостойкости эластомера под воздействием трения при различной температуре и времени выдержки была выбрана осевая нагрузка в диапазоне от 4 до 14 кг. Создание нагрузки осуществлялось путем подвешивания грузов на рычаг управления сверлильного станка. В случае если разрушение не происходило в течение 5 минут, эксперимент для данного образца останавливался. Выбор данного времени обусловлен причиной закипания полимер-глинистого раствора вследствие сильного нагрева контактирующей поверхности образца резины с инструментом для имитации нагрузки трения.

Для имитации режущего воздействия в паре ротор-статор была выбрана осевая нагрузка в диапазоне от 2 до 8 кг. Время воздействия на каждый образец составляло от 2 до 4 минут. Это связано с разной скоростью разрушения каждой

серии образцов. В случае, если один образец из серии получал критические разрушения, сопровождающиеся вырыванием кусков резины, время на разрушение следующего образца сокращалось на 15 секунд. Это было необходимо для получения детальной информации о времени, с которого начинается процесс разрушения.

Испытание образцов на трение и износ резанием проводилось в среде полимер-глинистого бурового раствора. Выбор данной среды обусловлен тем, что данный вид раствора является наиболее распространенным в практике строительства скважин. Состав раствора на 1 л воды:

- глинопорошок бентонитовый марки ПБМБ – 50 г.;
- полианионная целлюлоза (ПАЦ) – 2,5 г.

Для приготовления полимер-глинистого раствора для экспериментов использовалось перемешивающее устройство ES-8300 D (рисунок 15). В емкость заливался 1 литр воды, скорость вращения мешалки устанавливалась 1000 об/мин. Затем в емкость постепенно вводилось 50 г бентонита и смесь перемешивалась в течение 20 минут с целью предотвращения образования комков глины. Для того, чтобы увеличить вязкость и снизить водоотдачу раствора, постепенно добавлялась ПАЦ в количестве 2,5 г. Затем раствор перемешивался еще 20 минут.



Рисунок 15 – перемешивающее устройство ES-8300 D

Определение изменения структуры образцов эластомера после выдержки в растворе соли и испытания на износ проводилось с использованием двух бинокулярных микроскопов с увеличивающими способностями 56х и 35х.

3. Экспериментальная часть

3.1 Результаты экспериментальных исследований износостойкости эластомера при воздействии режущего и истирающего воздействий

В результате исследований старшего преподавателя национального исследовательского Томского политехнического университета Епихина А.В. и магистранта Сергеева А.В. были получены результаты изменения прочностных характеристик эластомера при выдержке в растворе хлорида натрия при различной температуре и времени выдержки. Из полученных данных можно сделать вывод о том, что образцы, обработанные при температуре 25, 40 градусов значительного упрочнения не получили, ни при каких значениях времени выдержки. Образцы, обработанные при температуре 60 и 80 градусов, показали значительный рост износостойкости даже после минимального срока выдержки 5 дней. При выдержке 15 и 20 дней образцы достигли максимальной износостойкости, на основании снижения скорости истирания и резания.

3.2 Результаты экспериментальных исследований изменения структуры эластомера после обработки раствором соли NaCl

3.2.1 Исходные образцы резины ИРП-1226

На рисунке 16 представлено увеличенное изображение эластомера, не подвергавшегося предварительной термической обработке в среде раствора NaCl. Поверхность образца не имеет блеска и видимых кристаллов соли.



Рисунок 16 – Поверхность исходного образца эластомера

3.1.2 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 25 °С

На поверхности образца эластомера, не подверженной разрушению, наблюдается небольшое скопление кристаллов соли. Размер частиц небольшой (рисунок 17).

В зоне разрушения видны участки с содержанием крупных кристаллов соли (рисунок 18). Поверхность разрушения характеризуется наличием округлых вершин резины в зоне механического воздействия железным резцом. Округлый профиль участка разрушения свидетельствует о плавлении эластомера, вследствие трения рабочей части и образца в зоне контакта. Визуально оттенок образца чуть светлее, чем исходный образец.

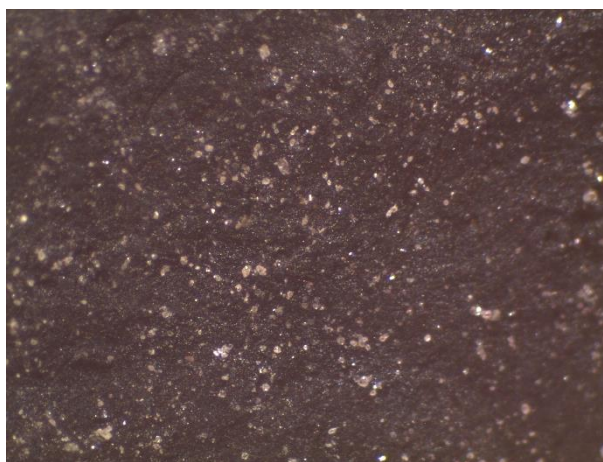


Рисунок 17 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 5 суток, 25 °С)

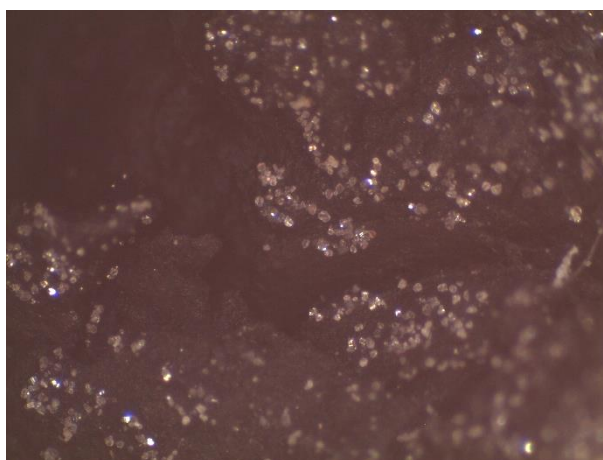


Рисунок 18 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 5 суток, 25 °С)

На поверхности образца эластомера, не подверженной разрушению, наблюдаются крупные участки скопления кристаллов соли. Схожий размер частиц, что и при выдержке в 5 суток (рисунок 19).

В зоне разрушения наблюдаются отдельные кристаллы соли. Размер частиц немного больше, чем при выдержке в 5 суток (рисунок 20). Поверхность разрушения также характеризуется наличием округлых вершин. Однако, стоит отметить, отдельные видимые поры. Присутствуют одиночные трещины. Визуально оттенок образца чуть светлее, чем исходный образец.

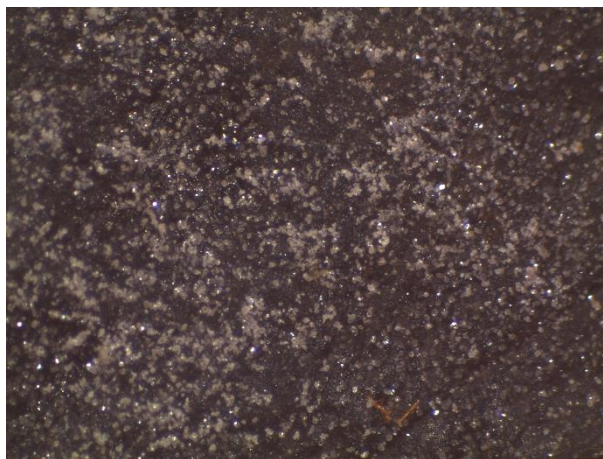


Рисунок 19 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 10 суток, 25 °C)

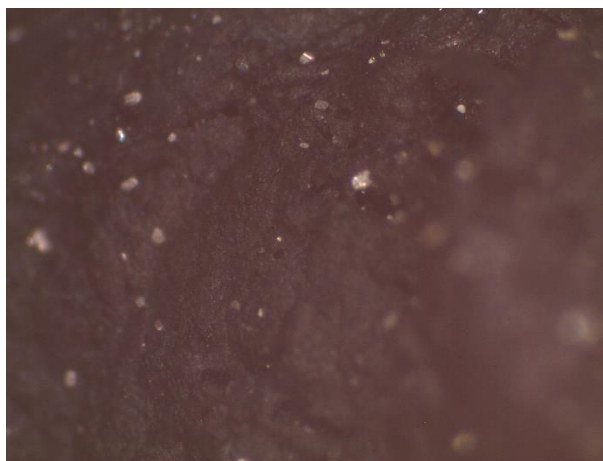


Рисунок 20 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 10 суток, 25 °C)

Поверхность образца эластомера в зоне, не подверженной разрушению, усеяна относительно крупными частицами соли. Местами наблюдаются

объединение кристаллов хлорида натрия. Поверхность имеет характерный блеск. Оттенок эластомера светлее, чем при 10 сутках выдержки (рисунок 21).

На месте разрушения наблюдаются отдельные частицы соли в количестве, большем, чем при выдержке в течение 10 суток. Размер частиц примерно такой же. Поверхность разрушения в меньшей степени характеризуется наличием округлых вершин. Они имеют более угловатый вид. Количество пор больше, чем при обработке на протяжении 10 суток. Также, наблюдается увеличение количества трещин и их протяженность по образцу (рисунок 22).

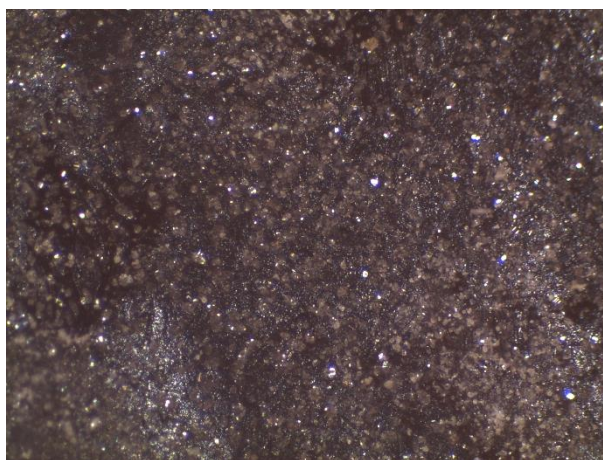


Рисунок 21 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 15 суток, 25 °C)

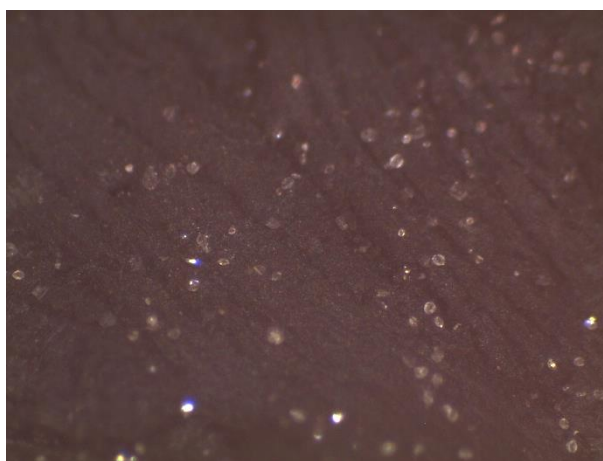


Рисунок 22 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 15 суток, 25 °C)

Поверхность образца эластомера в зоне, не подверженной разрушению, имеет меньший блеск, чем при 15 сутках выдержки. Видны большие группы

кристаллов соли. Визуально количество частиц на поверхности не сильно отличается от предыдущего образца. Оттенок эластомера практически не имеет отличий (рисунок 23).

На месте разрушения наблюдаются отдельные частицы соли в количестве, меньшем, чем при выдержке в течение 15 суток. Частицы схожи по размерам. Поверхность разрушения практически не имеет округлостей. Вершины имеют, в большей степени, острые грани, что говорит об изменении характера разрушения по причине упрочнения эластомера. Также, видны глубокие трещины. Местами отчетливо видны поры (рисунок 24).

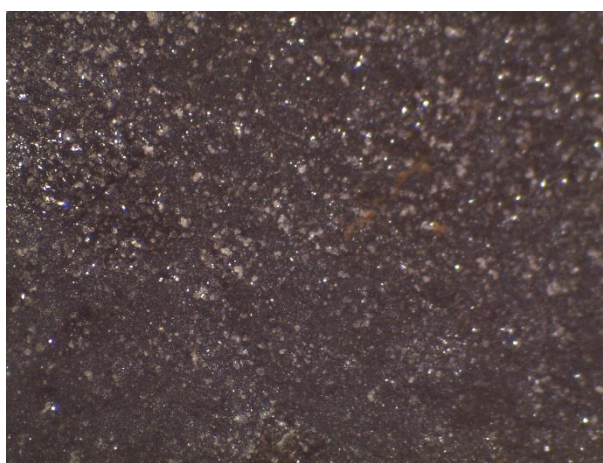


Рисунок 23 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 20 суток, 25 °C)

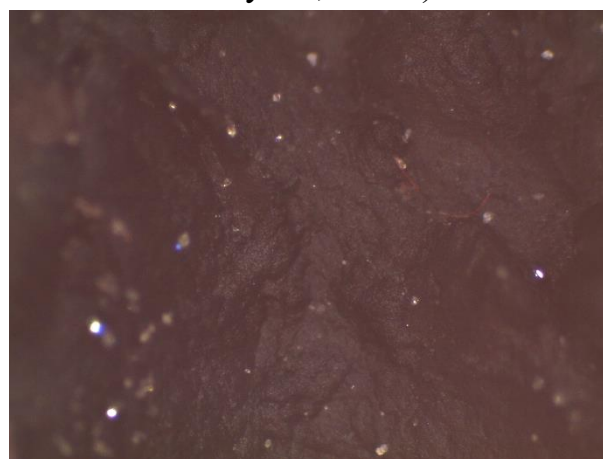


Рисунок 24 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 20 суток, 25 °C)

3.1.3 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 40 °С

На поверхности образца эластомера, не подверженной разрушению, наблюдается большое скопление кристаллов соли, которые местами образуют большие соединения. Поверхность имеет характерный блеск (рисунок 25).

В зоне разрушения видны участки с содержанием крупных кристаллов соли (рисунок 26). Поверхность разрушения имеет схожий вид с образцом, выдержанном при температуре 25 °С в течение 5 суток. Округлый профиль участка разрушения свидетельствует о плавлении эластомера, вследствие трения рабочей части и образца в зоне контакта. На определенном участке видна зона, в которой произошло проникновение соли в приповерхностный слой эластомера. Визуально оттенок образца чуть светлее, чем исходный образец.

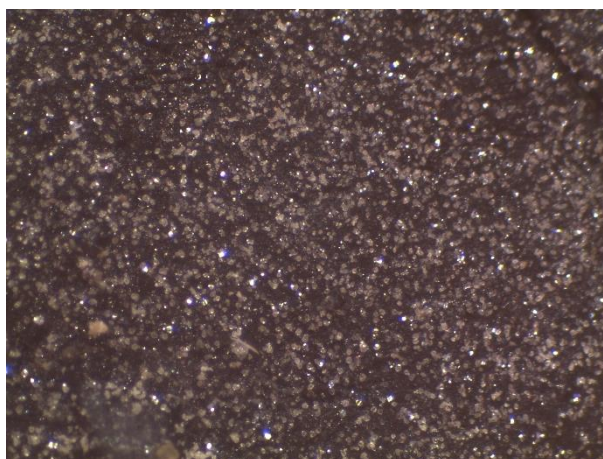


Рисунок 25 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 5 суток, 40 °С)

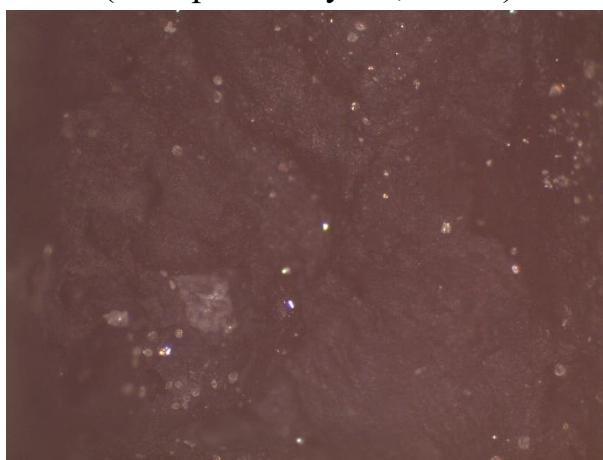


Рисунок 26 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 5 суток, 40 °С)

Наблюдается уменьшение количества частиц соли на поверхности образца эластомера в зоне, не подверженной разрушению. Схожий размер кристаллов, что и при выдержке в 5 суток. Поверхность имеет характерный блеск (рисунок 27).

В зоне разрушения наблюдаются одиночные кристаллы соли. Размер частиц примерно равен размеру на предыдущем образце (рисунок 28). Поверхность разрушения характеризуется наличием более острых вершин, чем на образце с временем выдержки 5 суток и температуре 40 °С. Также заметно увеличение площади, в которой соль проникла в эластомер. Местами заметны поры небольшого и среднего размеров. Визуально оттенок образца светлее, чем исходный образец.

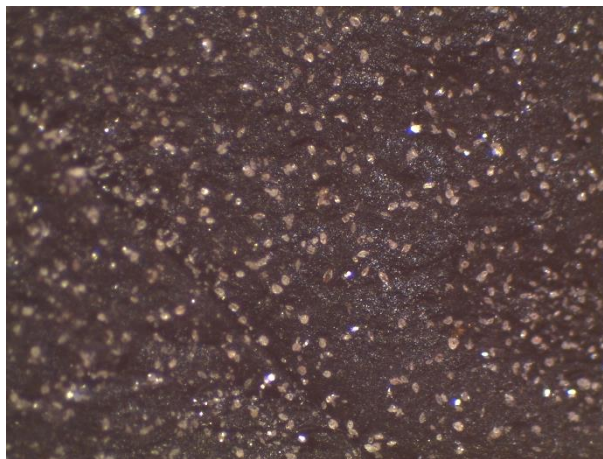


Рисунок 27 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 10 суток, 40 °С)

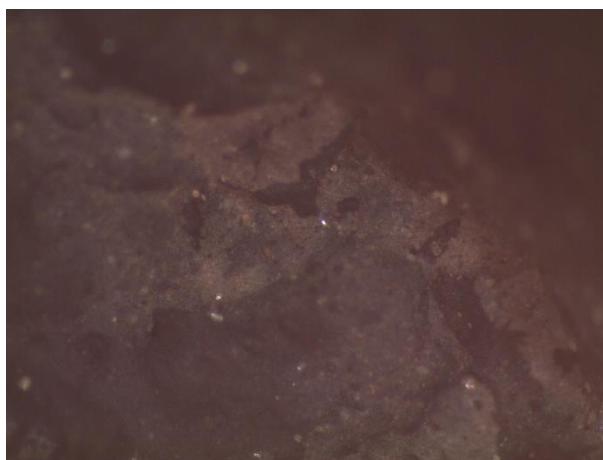


Рисунок 28 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 10 суток, 40 °С)

Поверхность образца эластомера в зоне, не подверженной разрушению, схожа с поверхностью образца выдержанном в течение 10 суток. Однако стоит заметить характерные трещины, в которых наблюдаются крупные отложения солей NaCl (рисунок 29).

На месте разрушения наблюдаются отдельные кристаллы соли. Размер частиц соли мало отличается от частиц на предыдущем образце. Поверхность разрушения также очень схожа, но можно заметить крупные пустоты. Их размер больше, чем на образце с временем выдержки 10 суток (рисунок 30).

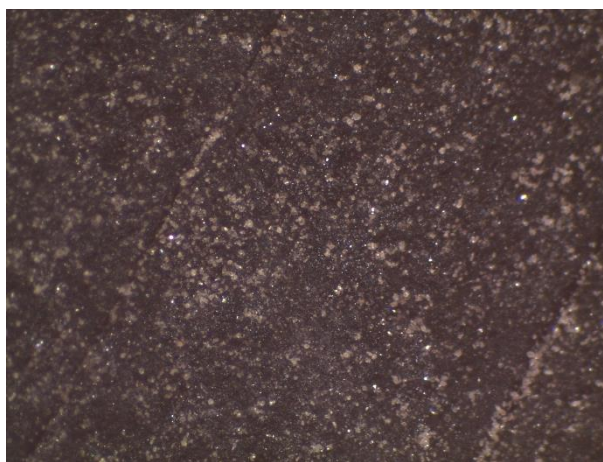


Рисунок 29 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 15 суток, 40 °C)

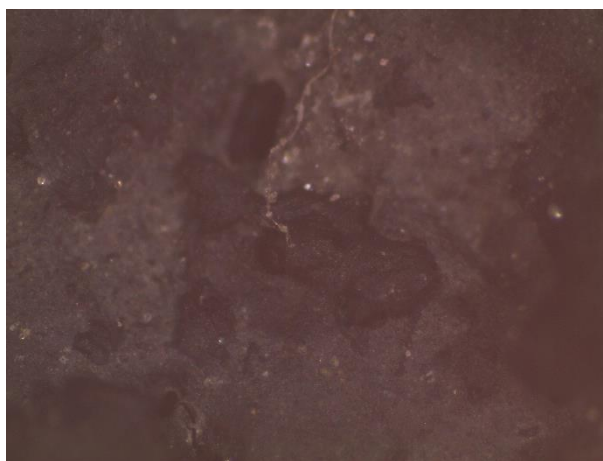


Рисунок 30 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 15 суток, 40 °C)

На поверхности видны трещины большего размера, чем на образце с временем выдержки 10 суток. Кристаллы соли имеет больший размер. Визуально

поверхность эластомера имеет больший блеск, чем на предыдущем образце. Оттенок схож (рисунок 31).

Месте разрушения (рисунок 32) практически не отличается от предыдущего образца. Частицы соли схожи по размерам, но их количество незначительно больше. Наблюдается увеличение размеров пор. Также видны трещины.

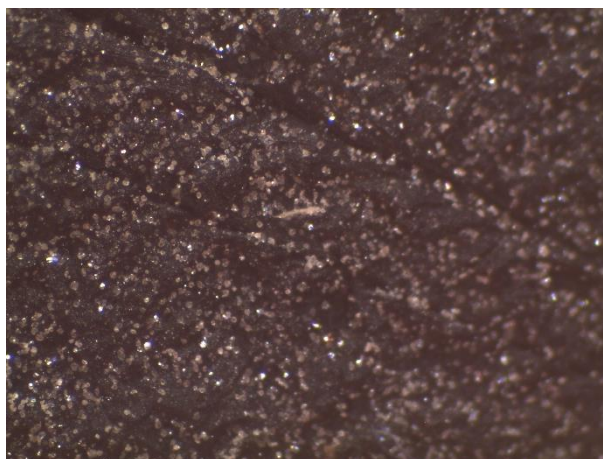


Рисунок 31 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 20 суток, 40 °С)

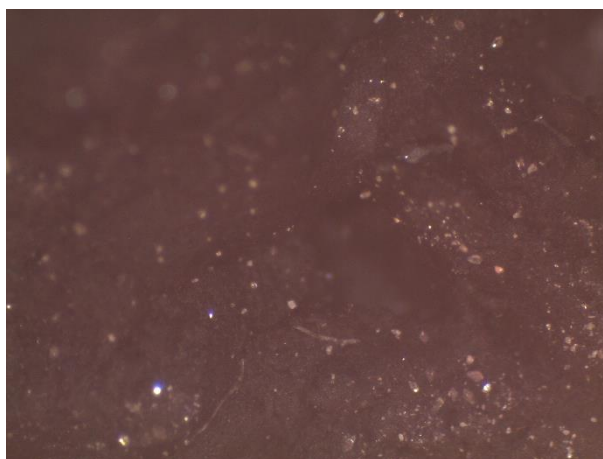


Рисунок 32 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 20 суток, 40 °С)

3.1.4 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 60 °С

На поверхности образца эластомера в области, не подверженной разрушению, наблюдается скопление частиц соли. Видны кристаллы большого

размера, в несколько раз превосходящие кристаллы на поверхности образца с выдержкой в течение 5 суток при температуре 40 °С. Поверхность эластомера имеет сероватый оттенок. Это говорит о проникновении раствора соли в верхний слой образца резины (рисунок 33).

В зоне разрушения (рисунок 34) практически отсутствуют видимые частицы соли. Местами видны островатые грани разрушенной резины. Также наблюдаются поры различного размера. Поверхность имеет сероватый оттенок. Блеск отсутствует.

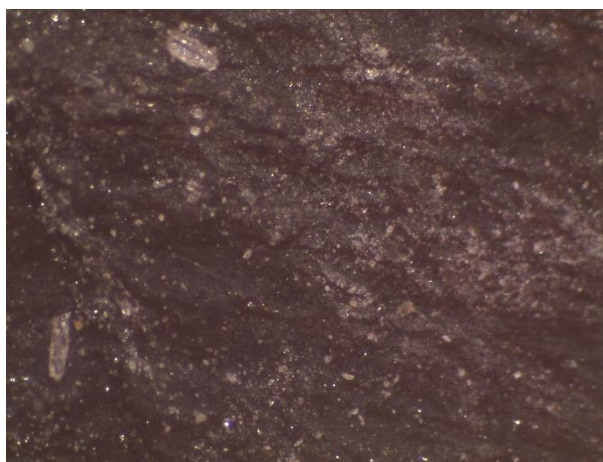


Рисунок 33 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 5 суток, 60 °С)

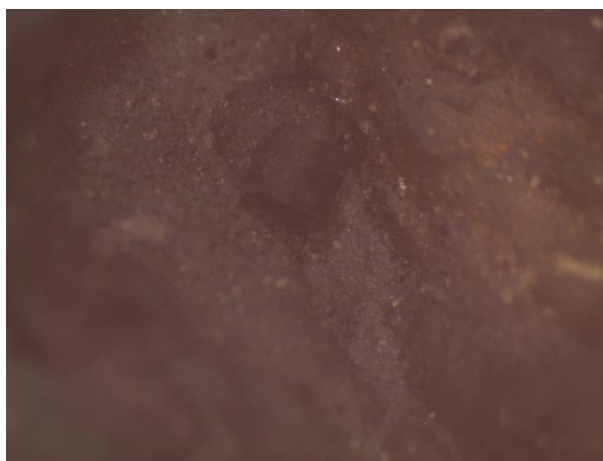


Рисунок 34 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 5 суток, 60 °С)

На поверхности образца в зоне, не подверженной разрушению, наблюдается практически полное отсутствие частиц соли. Поверхность имеет характерный блеск. Также видны трещины с достаточно острым профилем (рисунок 35).

В зоне разрушения наблюдаются одиночные кристаллы соли. Размер частиц примерно равен размеру на предыдущем образце (рисунок 36). Поверхность разрушения характеризуется наличием более острых вершин, чем на образце с временем выдержки 10 суток и температуре 60 °С. Поверхность образца имеет сероватый оттенок. Блеск отсутствует. Местами видны глубокие трещины и поры небольшого и среднего размеров.

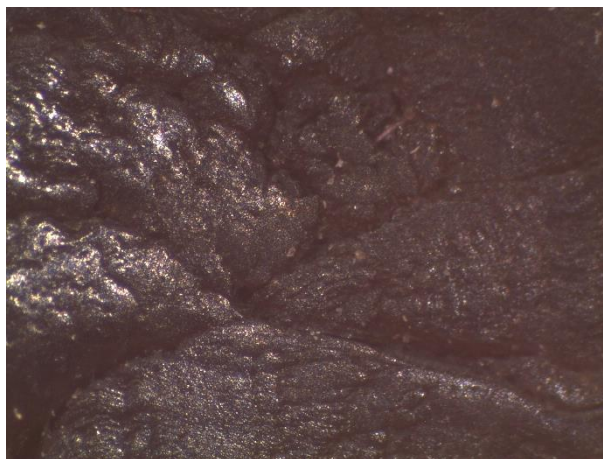


Рисунок 35 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 10 суток, 60 °С)



Рисунок 36 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 10 суток, 60 °С)

Поверхность образца эластомера, не подверженная разрушению, имеет сероватый оттенок. Также заметны небольшие трещины. Частицы соли имеют небольшой размер. В основном по поверхности блеск отсутствует (рисунок 37).

На месте разрушения наблюдаются кристаллы соли различных размеров. По количеству частиц в несколько раз больше, чем на предыдущем образце. Местами видны острые грани разрушенного в ходе механического воздействия образца резины. Наблюдаются глубокие трещины. Количество пор небольшое. Оттенок сероватый. Местами отчетливо виден блеск поверхности эластомера в зоне разрушения (рисунок 38).

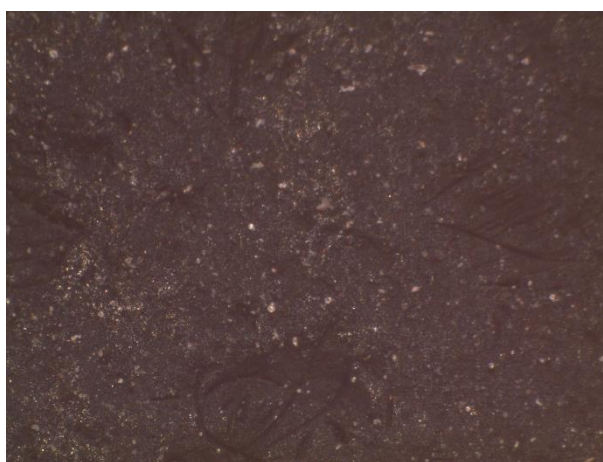


Рисунок 37 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 15 суток, 60 °С)

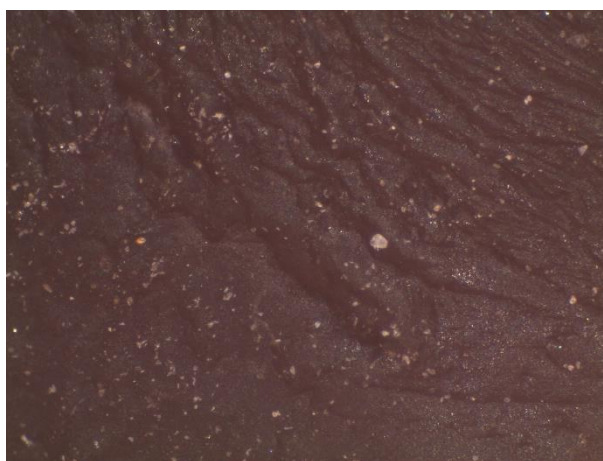


Рисунок 38 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 15 суток, 60 °С)

На участке, не подверженному разрушению, поверхность образца имеет белёсый оттенок. Также видны крупные кристаллы соли. Присутствует небольшой блеск (рисунок 39).

Поверхность в зоне разрушения имеет глубокие трещины, в которых присутствуют крупнодисперсные кристаллы соли. Также наблюдается покрытие поверхности образца слоем соли. Видны острые грани разрушенной резины и характерные отрывы частей эластомера. Оттенок светлее, чем на образце с временем выдержки 15 суток (рисунок 40).

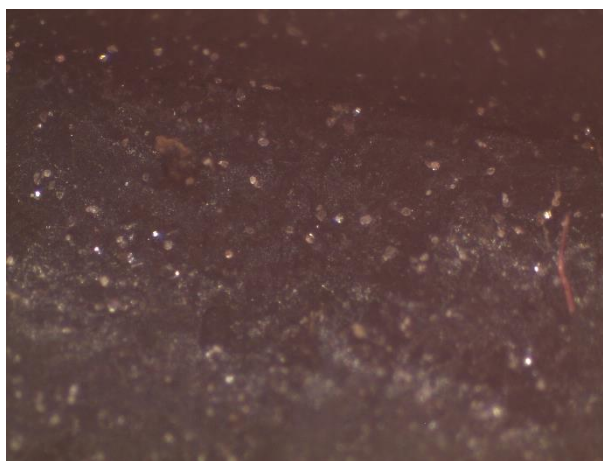


Рисунок 39 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 20 суток, 60 °С)

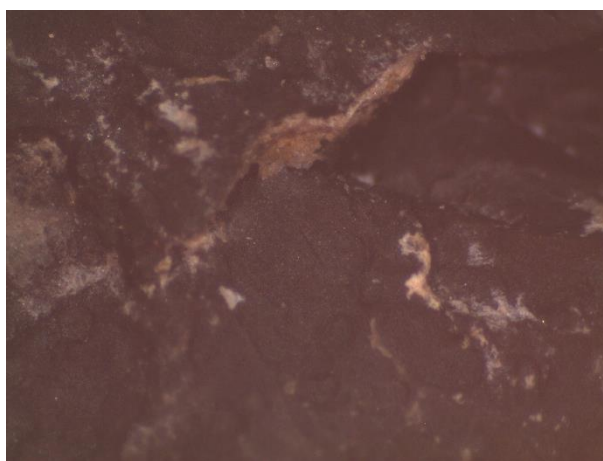


Рисунок 40 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 20 суток, 60 °С)

3.1.5 Исследование влияния раствора NaCl на изменение структуры образцов при температуре 80 °С

Поверхность образца в области, не подверженной разрушению, имеет характерные трещины и пустоты среднего и крупного размера. Также видны крупнодисперсные кристаллы соли. Оттенок серый. Местами присутствует слабый блеск (рисунок 41).

На месте разрушения видны глубокие поры. Поверхность образца покрыта налетом соли. Также видны трещины отрыва материала эластомера. Вершины острые. Количество кристаллов соли незначительное (рисунок 42).

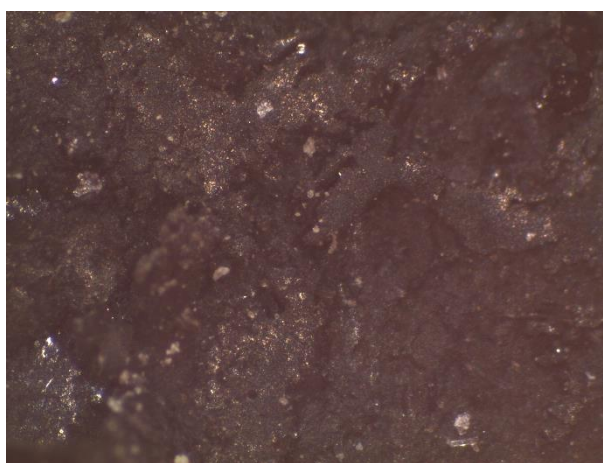


Рисунок 41 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 5 суток, 80 °С)

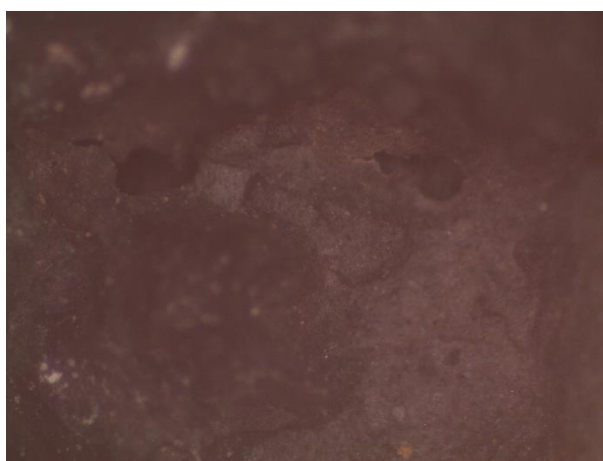


Рисунок 42 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 5 суток, 80 °С)

Визуально на поверхности эластомера в зоне, не подверженной механическому воздействию, отсутствуют видимые кристаллы соли. Наблюдаются трещины с широким профилем. Видны угловатые вершины (рисунок 43).

В области разрушения виден характерный налет соли. Наблюдаются крупные трещины. Также заметны поры округлой формы незначительной глубины. Отчетливо видны места отрыва материала эластомера от образца. Присутствуют одиночные крупные кристаллы соли в трещинах. Оттенок светло серый. Блеск практически отсутствует (рисунок 44).

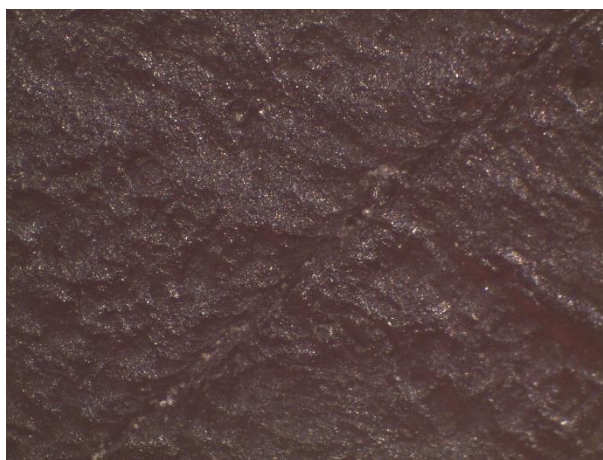


Рисунок 43 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 10 суток, 80 °C)

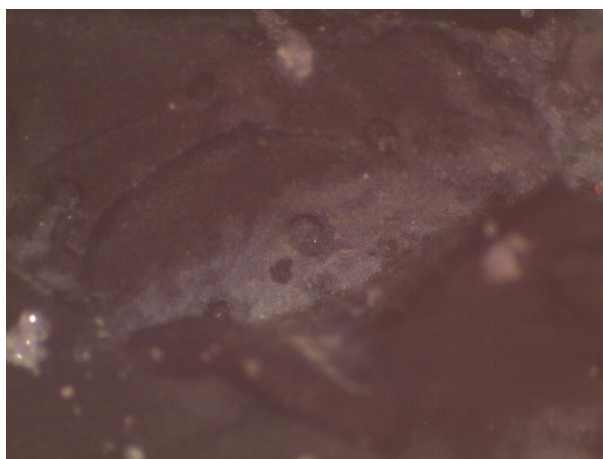


Рисунок 44 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 10 суток, 80 °C)

На поверхности образца в области, не подверженной разрушению, наблюдается налет соли без видимых кристаллов. Отчетливо виден блеск. Оттенок светлее, чем на образце, выдержанном в течение 10 суток. Также заметны небольшие трещины и поры (рисунок 45).

В области механического разрушения видны большие трещины и глубокие поры, в которых присутствуют крупные кристаллы соли NaCl. Характер разрушения близок к разрушению твердого тела. Поверхность покрыта соевым налетом. Оттенок светлый. Характерный блеск отсутствует (рисунок 46).

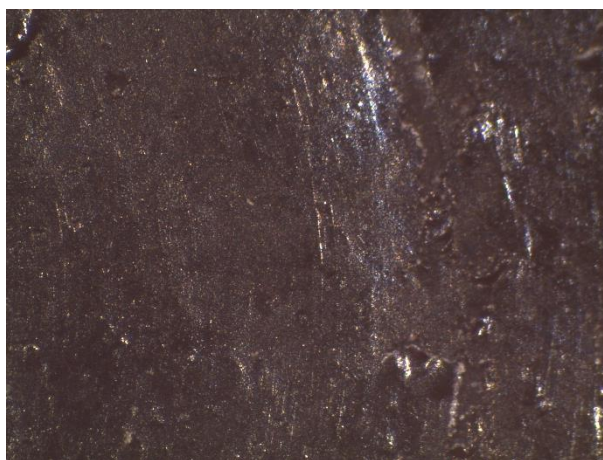


Рисунок 45 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 15 суток, 80 °С)

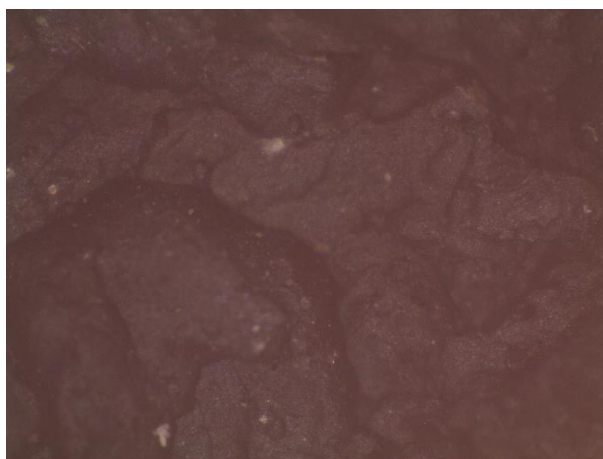


Рисунок 46 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 15 суток, 80 °С)

Поверхность образца усеяна крупными кристаллами соли. Отчетливо видны трещины большой протяженности. Поры имеют округлый вид. Поверхность неоднородна. Оттенок схож с предыдущем образцом. (рисунок 47).

На участке, подверженному разрушению, отчетливо видны округлые глубокие поры. Также наблюдаются острые грани. Местами видимые отрывы резины от образца эластомера. Поверхность полностью покрыта налетом соли. Отсутствует видимый блеск (рисунок 48).

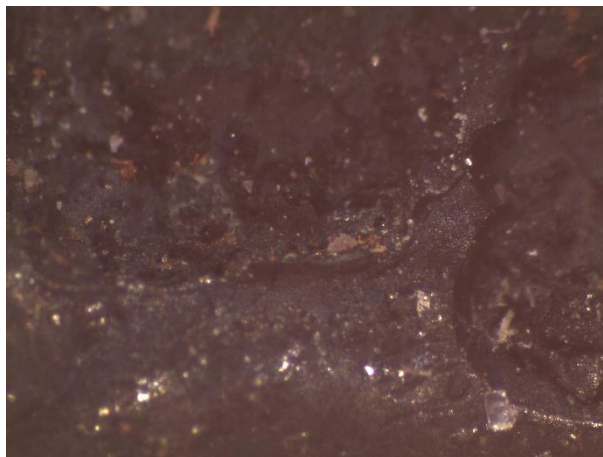


Рисунок 47 – Поверхность образца после обработки раствором NaCl (выдержка 20 суток, 80 °С)

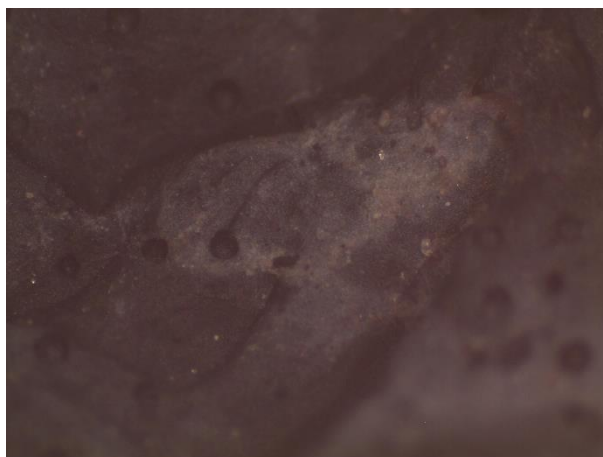


Рисунок 48 – Вид образца после его разрушения резанием, обработка в растворе NaCl (выдержка 20 суток, 80 °С)

3.1.6 Выводы по экспериментальной части

По результатам исследований можно сделать вывод о том, прослеживается четкая тенденция увеличения размеров кристаллов соли на

поверхности образца с увеличением температуры и времени выдержки в области, не подверженной разрушению. Начиная с температуры равной 60 °С становятся визуально заметны прогрессирующие трещины и поры. Наблюдается покрытие поверхности налетом соли хлорида натрия, что говорит о проникновении солевого раствора в приповерхностный слой образцов. Отчетливо заметна разница в текстуре на разрушенной поверхности образцов. С увеличением температуры и времени выдержки изменяется характер разрушения от плавления (25 и 40 °С) в сторону разрушения по типу твердого тела (60 и 80°С). Оплавленная поверхность постепенно переходит в острые грани. Начинают откалываться куски резины. Также наблюдается образование пор и трещин, с характерным увеличением их глубины. Оттенок поверхности переходит от темного к светло-серому с увеличением температуры и времени выдержки. Поверхность образца в области подверженной механическому разрушению покрывается налётом соли. На образцах с временем выдержки 15 и 20 суток и температуре 80 °С отчетливо видны глубокие округлые поры. Видны внедрения кристаллов соли в структуру эластомера. Образцы теряют свою эластичность, но приобретают повышенную прочность. Это происходит при термическом воздействии, при котором часть раствора внедряется в структуру эластомера.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью научно-исследовательской работы является изучение влияния обработки эластомера винтового забойного двигателя насыщенным раствором соли NaCl на износостойкость к механическому износу.

Предмет исследования – резина марки ИРП-1226, которая наиболее часто используется для изготовления обкладки статоров ВЗД на заводах российских компаний, производящих данное оборудование.

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы:

- планирование научно-исследовательских работ (НИР);
- бюджет научно-технического исследования;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования;
- перспектива и оценка коммерческого потенциала проведения научных исследований.

4.1 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1 Структура работ научного исследования

Порядок планирования комплекса исследовательских работ имеет следующий вид:

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

При проведении исследовательских работ была сформирована рабочая группа, в состав которой входили специалист (С) и научный сотрудник руководитель (НР).

Список запланированных этапов работ для проведения научного исследования, распределение должностей исполнителей видам работ приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	НР
	3	Календарное планирование работ по теме	НР
	4	Поиск и исследование литературных источников по выбранной тематике	С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретических данных о причинах своевременного выхода из строя винтовых забойных двигателей (ВЗД)	С
	6	Дополнительные исследования по изучению износостойкости образцов ИРП-1226 после обработки в растворе соли хлорида натрия	С
	7	Изучение изменения структуры образцов ИРП-1226 после обработки в растворе соли хлорида натрия	НР, С
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных результатов исследований, формулирование выводов	НР, С
Оформление отчета по научно-исследовательской работе	9	Оформления пояснительной записки	НР, С

4.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основную часть стоимости исследований в большинстве случаев составляют трудовые затраты. По этой причине необходимо определить трудоемкость выполнения работ каждым участником разработки проекта.

Определение трудоемкости носит вероятностный характер, т.к. зависит от большого количества трудно учитываемых факторов, и оценивается в человеко-днях. На практике для определения средней или ожидаемой трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая или средняя трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

По рассчитанному значению ожидаемой трудоемкости работ определяется продолжительность выполнения участниками каждой работы в рабочих днях T_p . Вычисление данного параметра позволяет сделать обоснованный расчет заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет порядка 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – количество исполнителей, делающих параллельно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.1.3 Разработка графика научного исследования

Для разработки графика выполнения выпускной квалификационной работы наиболее удобной и наглядной его формой является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Для его построения длительность каждого этапа работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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.

Для определения коэффициента календарности используется формула:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

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

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

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году - 14.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждому этапу работ T_{ki} округляются до целого числа и сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Временные показатели проведения научной работы

№ Работ	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях p_i		Длительность работ в календарных днях k_i	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни		НР	С	НР	С
	НР	С	НР	С	НР	С				
1	3		5		3,8		3,8		6	
2	2		3		2,4		2,4		4	
3	3		4		3,4		3,4		5	
4		12		14		12,8		12,8		19
5		6		9		7,2		7,2		11
6		5		8		6,2		6,2		9
7	15	15	20	20	17	17	8,5	8,5	13	13
8	7	7	9	9	7,8	7,8	3,9	3,9	6	6
9	14	14	25	25	18,4	18,4	9,2	9,2	14	14

На основании данных таблицы 2 строится календарный план-график в форме диаграммы Ганта таблица 3. Данный график строится с разбиением по месяцам и декадам за период времени написания НИР.

Таблица 3 – Календарный план график проведения НИР

№ работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
			фев.		март			апрель			май					
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	НР	6	█													
2	НР	4		█												
3	НР	5			█											
4	С	19			█	█	█									
5	С	11					█	█								
6	С	9						█	█							
7	НР	13							█	█						
	С	13							█	█						
8	НР	6										█				
	С	6										█				
9	НР	14											█	█		
	С	14											█	█		

█ – Научный руководитель; █ – Специалист

4.2. Бюджет научно-технического исследования

4.2.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Основу сметного расчёта составляют затраты на материальные ресурсы, трудовые затраты на заработную плату и страховые взносы.

В данный расчет отнесем стоимость реагентов и расходных материалов, необходимых для проведения экспериментов. Затраты на материальные ресурсы отражены в таблице 4.

Таблица 4 – Затраты на материальные ресурсы

Наименование	Норма расхода материала, нат. ед.	Цена за единицу, руб./ нат. ед.	Стоимость материалов, руб.
Хлорид натрия (NaCl)	2000 г	0,039	78
Бентонитовый глинопорошок ПБМБ	1000 г	0,015	15
ПАЦ ВВ	200 г	0,240	48
Резина ИРП-1226	3 кг	206,45	619,35
Зубило для станка	1 шт.	225	225
Итого:			985,35

4.2.2 Расходы на оплату труда исполнителям темы

В эту статью входит основная заработная плата работников непосредственно участвующих в выполнении работ по данной тематике исследований. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Данная статья включает основную заработную плату работников, которые заняты выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (7)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Специалист
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные	104	104
- праздничные	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	-	20
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	186

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (9)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $Z_{\text{тс}}$);

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

Результаты расчета основной заработной платы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – 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	23,3	0,3	0,2	1,3	45,44	2,4	34	81,6
Специалист	14,1	0	0	1,3	18,33	1,1	51	56,1
Итого $Z_{осн}$								137,7

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (10)$$

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

Результаты расчета дополнительной заработной платы приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет дополнительной заработной платы

Заработная плата	Научный руководитель	Специалист
Основная зарплата, тыс. руб	81,6	56,1
Дополнительная зарплата, тыс. руб	10,6	7,3

4.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды. В соответствии с Налоговым Кодексом РФ установлен размер страховых взносов равный 30% для учреждений, осуществляющих научную деятельность.

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.	Дополнительная заработная плата, тыс. руб.
Научный руководитель	81,6	10,6
Специалист	56,1	7,3
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	46,7	

4.2.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают затраты, которые не попали в предыдущие статьи расходов. К ним относятся печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д.

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма предыдущих статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (берется равным 0,16).

$$Z_{\text{накл}} = (0,985 + 137,7 + 17,9 + 46,7) \cdot 0,16 = 32,53 \text{ тыс. руб}$$

4.2.5 Амортизационные отчисления

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений можно свести в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортиза- ции, %	Сумма амортиза- ции, руб, за время исследо- вания
		одного объекта	всего		
Сверлильный станок Proma 1516b/230	1	39199	39199	10	96,66
Сушильный шкаф ШС- 80-01 СПУ	1	17700	17700	10	43,64

Продолжение таблицы 9

Наименование объекта основных фондов	Количество	Балансовая стоимость, руб.		Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизации, руб, за время исследования
		одного объекта	всего		
Лабораторная мешалка ES-8300	1	38500	38500	10	94,93
Микроскоп Leica EZ4	1	130000	130000	10	427,40
ИТОГО					662,63

4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат на научно-исследовательскую работу (НИР) является основой для формирования общего бюджета затрат на проект.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблицу 10.

Таблица 10 – Бюджет затрат на НИР

Название статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	985,35	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	137700,0	
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17900,0	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	46700,0	
5. Накладные расходы	32530,0	16% от суммы статей 1-4
6. Амортизационные отчисления	662,63	
7. Бюджет затрат НТИ	236477,98	Сумма статей 1-6

4.3 Экономическая эффективность внедрения новой технологии

4.3.1 Оценка потенциальных потребителей результатов исследования

В данной магистерской диссертации был исследован возможный способ модификации эластомера с целью повышения ресурса работы винтового забойного двигателя (ВЗД). Основная причина выхода данного бурового

оборудования из строя в 49% случаев связана с износом резиновой обкладки двигательной секции. Результатом исследования стало получение зависимости влияния раствора соли хлорида натрия на изменение износостойкости резиновых образцов марки ИРП-1226, которая широко используется при изготовлении обкладки статора российскими компаниями, к режущим и истирающим нагрузкам.

Результаты, полученные в ходе исследований, могут быть использованы при производстве и ремонте винтовых забойных двигателей российскими компаниями.

4.3.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки с существующими конкурентными решениями и определить направления будущего повышения эффективности.

На сегодняшний день существуют еще несколько решений проблемы износа резиновой обкладки статоров ВЗД, помимо изученного решения в данной работе. К ним относятся:

- разработка новых марок резиновых смесей для статора винтовых забойных двигателей – К1;
- профилированный статор – К2;
- увеличение активной части рабочих органов ВЗД – К3.

Для анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения используется оценочная карта, представленная в таблице 11.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и экономической эффективности выбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (13)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	B_{K3}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}	K_{K3}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
1. Повышение ресурса ВЗД	0,13	4	5	5	4	0,52	0,65	0,65	0,52
2. Надежность технологии	0,1	4	4	5	4	0,4	0,4	0,5	0,4
4. Потребность в ресурсах	0,08	4	2	4	3	0,32	0,16	0,32	0,24
5. Безопасность	0,07	5	3	4	4	0,35	0,21	0,28	0,28
6. Длительность внедрения технологии	0,05	4	2	3	4	0,2	0,1	0,15	0,2
7. Простота внедрения технологии	0,06	4	2	4	4	0,24	0,12	0,24	0,24
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность примененной технологии	0,12	4	3	4	3	0,48	0,36	0,48	0,36
2. Процент охвата рынка	0,05	4	2	5	4	0,2	0,1	0,25	0,2
3. Материальные затраты	0,15	5	2	3	4	0,75	0,3	0,45	0,6
4. Время выхода на рынок	0,05	3	3	5	4	0,15	0,15	0,25	0,2
5. Срок службы ВЗД	0,08	4	4	5	5	0,32	0,32	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,06	5	3	4	4	0,3	0,18	0,24	0,24
Итого	1	Суммарная оценка				4,23	3,05	4,21	3,88
Примечание – B_{ϕ} – обработка эластомера раствором NaCl; B_{K1} – разработка новых марок резиновых смесей; B_{K2} – профилированный статор; B_{K3} – увеличение активной части рабочих органов ВЗД.									

По результатам, представленным в таблице 11, можно сделать вывод, что наибольшие показатели конкурентоспособности имеет исследуемая в данной

работе технология модификации обкладки статора раствором соли NaCl и технология производства профилированных статоров. Технология профилированных статоров хорошо изучена и широко применяется при изготовлении винтовых забойных двигателей, но она имеет свои недостатки. К ним можно отнести большое количество ресурсов, необходимых при изготовлении, сложность при применении технологии на заводах-изготовителях ВЗД и высокими материальными затратами.

Предлагаемая технология модификации эластомера раствором соли хлорида натрия может привлечь потенциальных потребителей простотой внедрения технологии и невысокой ценой. Также данная технология позволяет обрабатывать уже изготовленные ВЗД без особых технологических сложностей.

Однако у предлагаемой технологии имеются свои недостатки. К ним можно отнести недостаточную изученность технологии модификации. Также весомым минусом является снижение эластичных свойств образцов резины ИРП-1226. Дополнительные исследования в данном направлении позволят найти возможные способы решения данной проблемы.

4.3.3 Оценка сравнительной ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность исследования определяется на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат на несколько вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный финансовый показатель разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Результаты расчета интегрального финансового показателя для исполнений с предлагаемой технологией - использованием растворов солей (РС), профилированным статором (ПС) и увеличением длины активной части рабочих органов (РО) приведены в таблице 12. Цены на исполнение вариантов были взяты для двигателей диаметром 76 мм.

Таблица 12 – Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования

Показатель	Растворы солей	Профилированный статор	Увеличение длины рабочих органов
Стоимость исполнения Φ_{pi} , руб	236477,98	390000,00	365000,00
$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$, руб	1	1,65	1,54

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется следующей формулой:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Результаты расчета приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	РС	ПС	Увеличенная длина РО
1. Простота использования технологии	0,12	5	4	4
2. Длительность производственного цикла	0,16	4	2	3
3. Энергосбережение	0,17	4	3	3
4. Надежность	0,35	4	5	4
5. Материалоемкость	0,2	4	4	3
ИТОГО	1			

В результате расчета получены следующие значения интегральных показателей ресурсоэффективности:

$$I_r (\text{Растворы соли NaCl}) = 4,12;$$

$$I_r (\text{Профилированный статор}) = 3,86;$$

$$I_r (\text{Длина рабочих органов}) = 3,47.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки рассчитывается по интегральному показателю ресурсоэффективности и интегральному финансовому показателю:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}} \quad (16)$$

Были получены следующие значения интегрального показателя эффективности по всем вариантам исполнения:

$$I_{исп}^{РС} = \frac{I_{р(\text{раствор соли})}}{I_{финр}(\text{раствор соли})} = \frac{4,12}{1} = 4,12$$

$$I_{исп}^{ПС} = \frac{I_{р(\text{профилрстатор})}}{I_{финр}(\text{профилрстатор})} = \frac{3,86}{1,65} = 2,34$$

$$I_{исп}^{ПС} = \frac{I_{р(\text{удлиненныРО})}}{I_{финр}(\text{удлиненныРО})} = \frac{3,47}{1,54} = 2,25$$

Далее определяется сравнительная эффективность проекта и выбирается наиболее целесообразный вариант.

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (17)$$

Результаты расчета сравнительной эффективности предлагаемого проекта приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Растворы солей	Профилированный статор	Увеличенные длины рабочих органов
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,65	1,54
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,12	3,86	3,47
3	Интегральный показатель эффективности	4,12	2,34	2,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,76	1,83

4.4 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения раздела была определена трудоемкость выполняемых работ всеми участниками исследования, построен календарный план график проведения научно исследовательской работы.

Был проведен расчет стоимости материалов, заработной платы исполнителей проекта, отчислений во внебюджетные фонды, накладных расходов, амортизационных отчислений. Бюджет затрат научно-исследовательского проекта составил 236478 рублей.

Был проведен анализ конкурентных технологий с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. В результате этого анализа было выявлено, что предлагаемое решение является конкурентоспособным на рынке. Были выявлены слабые стороны, устранение которых может вызвать доверие у потенциальных потребителей.

Была проведена оценка сравнительной эффективности исследования. По ее результатам выяснилось, что предлагаемое решение является наименее затратным и более ресурсоэффективным по сравнению с аналогами.

5. Социальная ответственность

Согласно статистическим данным примерно половина всех случаев выхода из строя винтовых забойных двигателей связана с разрушением обкладки эластомера статора. В процессе эксплуатации двигателя резиновая обкладка статора подвергается различного рода воздействиям. К ним можно отнести механическое воздействие со стороны ротора ВЗД, абразивное воздействие твердых частиц, химическое воздействие реагентов, входящих в состав промывочной жидкости, и воздействие высоких давлений и температур в скважинных условиях. Совокупность этих факторов приводит к снижению межремонтного периода винтовых забойных двигателей, который на сегодняшний день составляет около 150 – 200 часов работы.

Не смотря на активную исследовательскую деятельность в области совершенствования ВЗД, в настоящее время уделяется мало внимания оценке воздействия буровых растворов и термобарических условий на эластомеры и двигательную секцию в целом

Настоящая научно-исследовательская работа направлена на изучение влияния обработки эластомера насыщенным раствором соли NaCl на износостойкость к механическому износу. Модификация эластомера в растворе соли может привести к повышению его износостойкости, что приведет к увеличению межремонтного периода винтового забойного двигателя.

Предмет исследования – резина марки ИРП–1226, которая наиболее часто используется для изготовления обкладки статоров ВЗД на заводах российских компаний, производящих данное оборудование.

Результаты, полученные в ходе исследований, могут быть использованы при производстве и ремонте винтовых забойных двигателей российскими компаниями.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

правовые нормы трудового законодательства

К работе в должности лаборанта в соответствие с квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и других служащих допускается лицо не моложе 18 лет, имеющее среднее профессиональное образование без предъявления требований к стажу работы или начальное профессиональное образование и стаж работы по специальности не менее двух лет.

Лаборант, занимающийся исследованиями по данной тематике, обязан:

- соблюдать требования «Типовой инструкции по охране труда для лаборанта химического анализа»;
- содержать в чистоте и порядке рабочее место и оборудование;
- оповестить свое руководство о происшедшем несчастном случае и обо всех замеченных нарушениях, а также о неисправностях, оборудования и средств защиты;
- помнить о личной ответственности за несоблюдение требований техники безопасности [10].

Для допуска к самостоятельной работе необходимого для безопасного проведения работ с работником лаборатории должен быть проведен вводный инструктаж. Также лаборант должен знать методы проведения исследований, оборудование лаборатории и правила его эксплуатации, правила и нормы охраны труда, техники безопасности, основы трудового законодательства Российской Федерации, производственной санитарии и противопожарной защиты [11].

Работники лаборатории должны быть обеспечены необходимой одеждой и средствами индивидуальной защиты.

На основании норм Трудового кодекса РФ для работников химических лабораторий предоставляются компенсации за вредные условия труда. Предприятия должны предоставлять сотрудникам: дополнительный отпуск, доплаты, средства индивидуальной защиты [12].

5.1.2 Требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.049-80 [13].

Специальные технические и санитарно-технические средства, входящие в конструкцию оборудования (вентиляторы, защитные экраны, ограждения и др.) не должны мешать выполнению экспериментальных исследований [13].

Конструкция оборудования (сверлильный станок, печь для выдержки образцов) должна обеспечивать удобство работы с использованием средств индивидуальной защиты (защитные очки, трикотажные перчатки) [13].

Конструкция всего оборудования, используемого в процессе исследовательской деятельности, должна соответствовать антропометрическим характеристикам двигательного аппарата сотрудника и должна обеспечивать оптимальное распределение функций между человеком и производственным оборудованием с целью обеспечения безопасности, ограничения тяжести и напряженности труда [13].

5.2 Производственная безопасность

В таблице 15 приведен перечень вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Таблица 15 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+		СанПиН 2.2.4.548-96 [5] ГОСТ 12.2.062-81 [6] ГОСТ 12.2.003-91 [7] ГОСТ 12.1.007-76 [8] СП 52.13330.2016 [9] ГОСТ 12.1.038-82 [10] ГОСТ 12.1.003-2014 [11] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [12] ГОСТ 12.1.012-2004 [13] ГН 2.2.5.3532-18 [14] ГОСТ 12.1.005-88 [15]
2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	+	+	
3. Испарения токсичных и вредных веществ	+		
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	
5. Электрический ток	+	+	
6. Повышенный уровень шума		+	
7. Повышенный уровень вибрации		+	
8. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны		+	
9. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны		+	

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Отклонение показателей микроклимата. Лаборатория – закрытое помещение, работа приборов в которой может вызвать повышение температуры и понижение влажности. Работы в лаборатории относятся к категории Іб по интенсивности энергозатрат. При работе в зимнее время года возможно снижение температуры в помещении. Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности. Оптимальные величины показателей

микроклимата, установленные в СанПиН 2.2.4.548–96 на рабочем месте, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

В таблице 17 представлены допустимые микроклиматические показатели. Они не вызывают нарушений состояния здоровья, но способны привести к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта и понижению работоспособности [14].

Таблица 17 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

Для защиты исследователя от возможного перегрева или охлаждения, при температурах воздуха выше или ниже допустимых, время пребывания на рабочем месте должно быть ограничено согласно требованиям СанПиН 2.2.4.548–96.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования. Работы по исследованию износостойкости образцов резины на трение и резание проводятся на сверлильном станке Prota E-1516B/230. Так как открытые вращающиеся части станка не оборудованы защитным кожухом или предупреждающей сигнализацией, существует вероятность получения травмы при случайном контакте с работающим оборудованием [15]. Во время работы на данном станке существует риск получения физических (защемление частей тела в движущихся частях станка) и термических (возникновения ожогов от прикосновения к разогревшимся частям патрона станка) травм сотрудником лаборатории. Для минимизации воздействия опасных факторов необходимо использовать средства индивидуальной защиты (перчатки и защитные очки), а также соблюдать технику безопасности при работе в лаборатории.

Испарения токсичных и вредных веществ. В исследовательской деятельности при проведении экспериментов используется насыщенный раствор соли хлорида натрия (NaCl). Мелкие частицы соли могут находиться во взвешенном состоянии, образуя аэрозоли.

Хлорид натрия относится к 3 классу опасности - умеренно опасные [16]. Он не является токсичным и не образует опасные соединения с веществами в воздухе и водах. Попадание раствора хлорида натрия в глаза и на кожу может вызвать слабое раздражение.

Предельно допустимая концентрация хлорида натрия в воздухе рабочей зоны установлена в ГН 2.2.5.3532-18 [17] и составляет 5 мг/м³.

Работа с раствором соли хлорида натрия не допускается работа без использования СИЗ: защитные очки, резиновые перчатки, респиратор, фартук прорезиненный [1].

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Данный фактор затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Так же вызывают апатию, сонливость, приводит к снижению интенсивности обмена веществ, ослаблению реакции.

Освещение рабочей зоны должно быть равномерным, постоянным во времени, без пульсации, иметь близкий к естественному освещению спектр. В лаборатории используется комбинированное рабочее искусственное освещение.

В соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 [18] освещенность рабочих поверхностей должна составлять 500 лк при общем освещении 300 лк.

Электрический ток. Во время проведения лабораторных исследований используются электрические приборы, при работе с которыми существует вероятность поражения электрическим током. Поражение электрическим током возможно при нарушении техники безопасности, а также при неправильном монтаже оборудования.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает различные виды воздействия. К ним относят термическое - нагревает кровеносные сосуды, нервные волокна, внутренние органы, ткани вплоть до ожогов; электролитическое - разлагает кровь; биологическое - нарушает внутренние биологические процессы.

Значения токов и напряжений прикосновения, которые протекают через тело человека при нормальном режиме работы оборудования, установлены в ГОСТ 12.1.038-82 [19] и приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Допустимые напряжения прикосновения и токов

Род тока	U, В	I, мА
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Для обеспечения безопасности проведения работ электрооборудование должно быть заземлено согласно требованиям "Правил устройства электроустановок" [20].

Повышенный уровень шума и вибрации. Источниками шума и вибрации при проведении экспериментов на резание и трение в лаборатории является сверлильный станок, а также внешние источники шума (за пределами лаборатории). Шум и вибрация оказывают вредное воздействие на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого

ослабляется внимание, снижается реакция, увеличивается число ошибок, может произойти ухудшение слуха [21].

Уровень шума, превышающий нормируемое значение, приводит к негативным изменениям в органах и системах и в целом оказывает вредное воздействие на организм. Длительное воздействие шума может привести к развитию потери слуха.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» уровень шума не должен превышать 80 дБ [22].

Для снижения влияния шума на работника следует предусмотреть средства индивидуальной защиты: вкладыши, наушники. К коллективным средствам защиты можно отнести установку глушителей и кожухов, обеспечивающих звукоизоляцию и звукопоглощение.

Нормирование и методы измерения параметров вибрации регламентированы в ГОСТ 12.1.012-2004 [23].

Должны быть использованы следующие СИЗ от вибрации: перчатки, виброзащитная обувь. В качестве коллективных средств защиты могут быть использованы: виброфундамент, хомуты изолирующие вибрацию на напорных линиях буровых насосов, амортизационные подушки в соединениях блоков буровой, монтаж амортизаторов [24].

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Оптимальные параметры микроклимата в лаборатории необходимо поддерживать с помощью установки системы вентиляции и увлажнения воздуха. Так как при проведении исследований в помещении находится источник тепловыделения, необходимо проводить измерения температуры в точках наиболее близкой и отдаленной от источника тепла. Частота измерений определяется требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 [14]

При проведении экспериментов с использованием хлорида натрия концентрации вредных веществ в воздухе не превышают установленных ПДК.

Необходимые средства СИЗ: непроницаемые резиновые перчатки и респиратор для защиты органов дыхания от аэрозолей. Рабочая зона оснащается системой вентиляции, поэтому вред здоровью лаборанта при правильном применении СИЗ и соблюдении правил безопасности исключается.

Так как работы по исследованию изменения износостойкости проводятся на сверлильном станке. Для минимизации недостаточной освещенности используются средства нормализации освещения - дополнительный источник света, направленный на рабочий стол станка.

Для предотвращения поражения сотрудника электрическим током необходимо применять установленные коллективные средства защиты [24].

Борьба с шумом и вибрацией может проводиться в трех направлениях: конструктивными и технологическими мероприятиями, средствами звуко- и виброизоляции, а также средствами индивидуальной защиты.

Мероприятия, проводимые для снижения воздействия шума и вибраций на работников:

- подбор оптимального режима работы оборудования;
- регулярное применение смазочных материалов в подвижных соединениях;
- применение малошумных соединений и материалов;
- проведение регулярного технического обслуживания оборудования;
- снижение рабочих зазоров, подтяжка соединений.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния процесса разработки решений на окружающую среду

Во время проведения исследований остаются источники загрязнения, такие как образцы резиновой смеси ИРП-1226 с их отходами, а также раствор хлорида натрия, который используется для модификации образцов эластомеров.

Образцы резины с отходами после проведения испытаний могут быть отправлены на переработку. В соответствии с ГОСТ 30772-2001 [25] использованные образцы ИРП-1226 могут считаться вторичными ресурсами, которые не несут угрозу загрязнения окружающей среды. Используемая

резиновая смесь не оказывает в случае контакта негативного влияния на воду и при обычных температурных условиях не выделяет вредные вещества в атмосферу.

Хлорид натрия в порошкообразном состоянии способен насытить воздушное пространство аэрозолями в концентрациях, превышающих ПДК, приведенных в таблице 4. Однако количество сухих реагентов, применяемых в исследованиях, не позволит насытить воздушное пространство лаборатории частицами пыли выше установленных ПДК.

Утилизацию раствора хлорида натрия можно производить путем сброса во внутреннюю канализацию лаборатории, так как он хорошо растворяется в воде и нейтрален к другим веществам.

5.3.2 Анализ влияния процесса реализации решений на окружающую среду

На производстве проект реализуется путем бурения скважин винтовыми забойными двигателями. Основные вещества, загрязняющие окружающую среду: оксиды азота, серы, углерода, предельные и ароматические углеводороды, пыль. Предельно допустимые концентрации установлены в ГН 2.1.6.3492-17, приведены в таблице 19 [26].

Таблица 19 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих атмосферу веществ.

N п/п	Название вещества	Формула	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³		Класс опасности
			Максимальная	Среднесуточная	
1	Сероводород	H ₂ S	0,008	-	2
2	Диоксид серы	SO ₂	0,5	0,05	3
3	Диоксид азота	NO ₂	0,2	0,04	3
4	Оксид азота	NO	0,4	0,06	3
5	Оксид углерода	CO	5	3	4
6	Метан	CH ₄	50	-	4

Во время бурения с применением ВЗД существует вероятность вскрытия водоносных горизонтов с последующим попаданием в них вредных веществ. В таблице 20 представлены ПДК вредных веществ, которые могут загрязнять пластовые воды согласно ГН 2.1.5.1315-03 [27].

Таблица 20 – ПДК загрязняющих веществ в воде.

№ п/п	Название вещества	Формула	Предельно допустимые концентрации, мг/л
1	Хлориды	Cl ⁻	350
2	Сульфаты	SO ₄ ²⁻	500
3	Сульфиды	S ²⁻	0,05
4	Ионы натрия	Na ⁺	200
5	Ионы кальция	Ca ²⁺	180
6	Нефтепродукты	-	0,3

Существуют мероприятия, направленные на минимизацию воздействия вредных веществ на лито- и гидросферу. К ним относят:

- постоянный контроль герметичности амбара;
- сооружение водоотводов и отстойников;
- контроль разлива бурового раствора на и под буровой;
- строгое соблюдение спроектированной конструкции скважины;
- предполагающей изоляцию всех водоносных пластов;
- недопущение поступления бурового раствора в водосодержащие пласты.

При бурении скважин существует необходимость утилизации шлама и отходов бурового раствора. Наиболее вредные по отношению к литосфере следующие вещества: нефть и ее продукты, хлорсодержащие соединения, карбонаты и гидроксиды калия и натрия.

После завершения буровых работ необходимо провести рекультивацию нарушенной земли.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть при внедрении результатов исследований

Во время бурения скважин с использованием винтового забойного двигателя существует вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций во время внедрения проектируемого решения, так как буровая установка относится к опасным производственным объектам.

В процессе эксплуатации ВЗД возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций: открытое фонтанирование скважины; утечка вредных

веществ из шламового амбара; пожар; взрывы горючесмазочных материалов; разрушение вышки буровой установки или элементов талевой системы.

Открытое фонтанирование является самой опасной и трудно устранимой чрезвычайной ситуацией, которая наносит колоссальный ущерб окружающей среде и может повлечь возникновение человеческих жертв. Во время открытого фонтанирования происходит неконтролируемое поступление пластового флюида под давлением на дневную поверхность через устье скважины. Ликвидировать возникшее возгорание и заглушить выброс крайне сложно из-за частой отдаленности производственного объекта.

5.4.2 Обоснование мероприятий по недопущению ЧС и действия в случае возникновения ЧС

В целях предотвращения данной аварии требуется постоянное соблюдение технологических требований. Необходимо поддерживать регламентированное превышение забойного давления над пластовым, строго контролировать параметры режима бурения, периодически проверять исправность противовыбросового оборудования, не допускать длительной остановки бурения без промывки. Весь работающий персонал обязан осуществлять регулярный контроль за прямыми и косвенными признаками ГНВП. В случае проявления хотя бы одного из них необходимо немедленно предпринимать действия по предотвращению перехода в открытый фонтан: произвести герметизацию скважины, стравить избыточное давление в скважине, очистить буровой раствор от пластового флюида.

В случае возникновения открытого фонтана, буровая вахта не принимает участие в ликвидации ЧС и должна быть немедленно эвакуирована на безопасное расстояние.

Заключение

По результатам исследований можно сделать вывод о том, модификация эластомера в растворе хлорида натрия ведет к повышению его износостойкости.

Обработка при температурах 25 и 40 °С существенно не повлияла на изменение структурных особенностей образцов. Практически не произошло встраивания кристаллов хлорида натрия в приповерхностный слой эластомера. Характер разрушения, также, как и в исходном образце, близок к плавлению. Обработка при заданных температурах лишь немного увеличила прочностные характеристики образцов эластомера.

Модификация образцов при температурах 60 и 80 °С привела к значительным изменениям структурных особенностей образцов эластомера. На поверхности образцов прослеживается четкая тенденция увеличения размеров кристаллов соли хлорида натрия. Также цвет резины становится светло-серым, что связано с проникновением раствора хлорида натрия в приповерхностный слой эластомера, а также встраивания в структуру образца резины кристаллов соли. После воздействия резанием отчетливо видны сколы резины в области разрушения. Характер разрушения в данном случае близок по типу к разрушению твердого тела, что говорит об увеличении прочностных характеристик эластомера. Однако, после выдержки в растворе хлорида натрия на поверхности образцов наблюдаются характерные трещины. В области режущего воздействия видны поры и разрывы материала эластомера. С повышением температуры образцы начинают терять свою эластичность, из-за вымывания пластификатора из резины под действием высоких температур.

Список публикаций студента

1. Черенев С.С. Анализ величины деформации эластомера после длительного пребывания в среде бурового раствора и изучение износа эластомера при абразивном воздействии в присутствии различных буровых растворов / П.И. Коровкин, С.С. Черенев ; 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 4-7 апреля 2016 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. — [С. 743-745].
2. Черенев С.С. Изучение износа эластомера при абразивном воздействии в присутствии различных буровых растворов / С.С. Черенев, А.В. Епихин ; науч. рук. А.В. Епихин // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина, Томск, 3-7 апреля 2017 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — Т. 2. — [С. 551-553].

Список литературы

1. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д. Пути дальнейшего совершенствования винтовых забойных двигателей / Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д. // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – 2009. - № 1. – С. 19-23.
2. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик / Фуфачев О.И. // Научные исследования и инновации. – 2011. - № 1. – С. 48-50.
3. Карапетов Р.В. Повышение эффективности бурения скважин за счет увеличения моторесурса винтовых забойных двигателей // НТЖ «Нефтепромысловое дело», – 2007. - №10. – С. 45-48.
4. Голдобин Д.А. Разработка и исследование винтовых забойных двигателей с облегченными роторами и армированными статорами: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: ОАО НПО «Буровая техника», 2011. – 23 с.
5. Аль-Сухили М.Х., Исмаков Р.А. Совершенствование методики изучения триботехнических аспектов работы силовой секции винтовых забойных двигателей / Аль-Сухили М.Х., Гладченко Д.В., Исмаков Р.А., Янгиров Ф.Н. // Территория нефтегаз. – 2014. - №8. – С. 30-37.
6. Плотников В.М., Фуфачев О.И. Тепловой расчет резиновой обкладки статоров винтовых забойных двигателей // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. - № 9. – С. 3-6.
7. Шулепов В. А. Конструктивные и технологические методы повышения энергетических характеристик и долговечности героторных механизмов винтовых забойных двигателей: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: ОАО НПО «Буровая техника». – 2011. – 25 с.
8. Бобров М.Г. Исследование поперечных колебаний винтового забойного двигателя: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: – 2000. – 24 с.

9. Коротких Н.И. Разработка эластомерных композиций для буровой техники: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: – 2004. – 20 с.
10. РД 34.03.277-93 Типовая инструкция по охране труда для лаборанта химического анализа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037594> (дата обращения 30.04.2019 г.).
11. ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях.
12. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019).
13. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
14. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 11 с.
15. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
16. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
17. ГН 2.2.5.3532-18 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/557235236> (дата обращения 30.04.2019 г.).
18. СП 52.13330.2016 Свод правил естественное и искусственное освещение. – М.: Стандартинформ, 2017. – 135 с.
19. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
20. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Издание 7. – М.: Госэнергонадзор, 2006. – 507 с.
21. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 10с.
23. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
24. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
25. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
26. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений".
27. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
28. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ / Сост. Е.Н. Пашков, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24.
29. Епихин А.В. Исследование влияния дизельного топлива на резину эластомера винтового забойного двигателя в температурном интервале 25–90°С / А.В. Епихин, В.В. Мельников, А.А. Бер, К.М. Минаев // Экспозиция Нефть Газ: научный журнал. — 2016. — № 6 (52). — С. 68-70.
30. Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) «О специальной оценке условий труда».
31. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Development of the elastomer IRP-1226 modifying technology for the purpose of increasing the overhaul life of the screw downhole motor

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ73	Черенев Сергей Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Глотова Валентина Николаевна	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Лысунец Татьяна Борисовна			

The history of screw downhole motors.

The turbine method of drilling has become widespread due to the drilling of oil and gas areas of the Ural-Volga and Western Siberia. This development contributed to a high growth rate of oil and gas production. However, the average penetration rate for the operational drilling voyage lagged behind the oil industry in the USA.

A significant backlog was due to the ineffective use of roller bits, as the use of multi-stage turbo-drills did not allow setting speeds below 400-500 rpm. As a result, the question was raised about the creation of low-speed engines capable of operating in the optimum range of rotational speeds. For improved roller cone bits, this was between 40-80 rpm in hard rock and 120-200 rpm in soft rock bits.

The question appeared before the domestic oil industry: the transition to rotary drilling or the creation of low-speed downhole motors.

In some areas of the USSR, such as the North Caucasus, Western Ukraine, etc., rotary drilling has achieved some success. However, the USSR was not ready to develop this drilling method for technical, economic and psychological reasons. Due to the lack of drill pipes, drilling rigs corresponding to a high technical level, and also due to state support for turbine drilling, rotary drilling lagged behind the world level.

The lack of the necessary funds for the construction of new facilities, operational bases and suppliers from abroad for new technologies made it impossible to switch to a rotary drilling method. So, on the basis of low-speed downhole motors, the dominant drilling method was determined. Most of the work in this area was concentrated in one organization - the All-Russian Scientific Research Institute of Drilling Engineering (VNIIBT) and conducted on five programs:

- super-multi-stage multi-section turbodrills (up to 6-8 sections), containing up to 800 steps in one unit;
- turbodrills with various systems for regulating the speed of rotation of the shaft;
- geared electrodrills;
- volumetric hydraulic machines;
- geared turbodrills.

The transition from turbodrills to volumetric downhole motors was the most effective solution to the problem of creating a downhole hydraulic motor with characteristics that would meet the requirements of new bit designs.

The use of volumetric hydraulic machines in drilling wells has been traced in technical and patent literature since the 1930s. This is due to the superiority of the volumetric drive over the dynamic one.

Taking into consideration the level of technology development in recent years, the greatest attention of specialists has been attracted to rotary hydraulic machines. The analysis of technical and patent literature proves that practically all types of rotary hydraulic machines underwent a test as downhole motors in drilling wells.

In 1932 G.A. Lyubimov proposed the design of a rotary volumetric engine, the working body of which was a cylindrical stator and a rotor with telescopic vanes. The first tests showed that the engine was not sufficiently durable, and the work was stopped. In the same direction, the development of domestic engineers Kh.A. Asfandiyarov, P.N. Grigoriev, R.T. Zakirov, T.Z. Nalbandov, G.O. Sklovski and others, and abroad E. Garrison, N. McDonald. However, in the drilling of wells, none of the known schemes of volumetric engines of industrial application was found.

The first of the working models was a hydraulic motor, representing the reversed pump of Muano, which belonged to the planetary-rotary type of hydraulic machines. For the first time the principal possibility of using single-screw motors in drilling was substantiated in 1939 by T. Hudson and W. Gerber. Later, W. Clark patented the construction, which was the prototype engine "Dyna Drill" by Smith Tool.

In our country at the same time, regardless of the development of the "Smith Tool" laboratory tests of models of single-screw engines in the Novocherkassk Engineering Reclamation Institute were conducted by D.D. Savvin.

In the 1960s and 1970s, the development of experimental models of screw downhole motors began almost simultaneously in the USA and in the USSR. The American specialists of R. Moineau (1887-1948) are a French engineer, inventor of pneumatic and single-screw hydraulic machines.

"Smith Tool" developed engines for directional drilling as a replacement for turbodrills. In our country, where the turbine drilling method was the main one, the hydraulic motors served as the technical means which were used to drive the low-speed bits.

Long-term research work at VNIIBT on improving the hydraulic downhole motors gave definite results and in 1966 led to the appearance of the proposed by SS. Nikomarov, N.D. Derkach, M.T., Gusman, Yu.V. Zakharov and V.N. Menshenin the newest type of screw downhole motors, in which the working organs were first created in the world on the basis of the multiple-thread screw-type gerotor mechanism which served as a planetary reducer.

In the 70's in VNIIBT, as well as in his branch in Perm Yu.V. Vadetsky, D.F. Baldenko, D.M. Kochiev, Yu.V. Zakharov, S.S. Nikomarov, M.T. Guzman put forward the fundamentals of the working process, the technology of manufacturing and design, as well as the technology of drilling the screw downhole motors (SDM).

The specialists of the Moscow and regional units of VNIIBT PI have devoted their work to the design, testing and implementation of the SDM. Astafyev, N.P. Bezlepkin, M.G. Bobrov, A.V. Vlasov, V.V. Goldobin, U.A. Gyuliz, V.A. Kaplun, Yu.A. Korotaev, L.P. Medvedeva, Il.F. Moutovkin, Yu.F. Potapov, Yu.M. Sarapulov, V.I. Semenets, V.A. Khabetskaya, A.V. Tsepcoe, TN. Chernova, V.A. Schelkanogov, N.D. Scherbyuk and others.

Domestic engineers and scientists proposed not only an original scheme of working bodies, but also developed new designs of engines and individual components on the level of inventions, obtaining about 100 copyright certificates, 12 of which were patented abroad.

Recognition of the priority of Soviet developments was the sale in the 80 years of the licenses of Drilex, which later became one of the leading transnational companies for the use and production of SDMs. In addition to the license agreement, Drilex sold 28 engines with a diameter of 172-240 mm and organized demonstration drilling by domestic engines in the most important oil regions of the world.

The results of drilling received great resonance in the business world and the press. Thus, a popular American magazine "Ocean Industry" in an issue for June 1982, published an editorial, which noted that "the generalized drilling performance of the new Soviet volumetric engine, obtained in the first stages, exceeded all possible expectations."

In the early years, foreign firms supplied only high-speed engines for special work in the intervals of the set of curvature and when adjusting the direction of the trunk.

In the 80-90s, taking into account the positive experience of operation of screw downhole motors and the development of drilling technology for directional and horizontal wells, as well as the efficiency of the use of SDMs in the performance of repair and recovery and special works, many foreign companies began to specialize in the production of SDMs for various purposes.

In recent years, there has been an exceptionally high growth in the SDM Park number of engineering and service companies engaged in their design, manufacture and operation.

According to official data, in 1998 there were at least 22 such companies in the world, and more than half of them were formed in the 90s. It should be emphasized that in recent years, almost all companies - manufacturers of SDMs have begun to actively use the multiple-thread screw-type working bodies, which were first patented in Russia in 1966-1979. By this time, the validity of many of our patents protecting the design of multi-input engines has already expired and Western companies have been free from legal and financial obligations.

In 1998-2001, SDMs were actively used for drilling directional and vertical wells in the following Russian companies: Lukoil-Perm (43% of total penetration), Udmurtneft (40%), Tatneft (37%), Bashneft (25%), Surgutneftegaz (24%).

Over five years, Surgutneftegaz (1997-2001) screwed out more than 1.8 million meters of rock. In 1997, the SDM was drilled 191 560 m, and in 2001 - 534 275 m. This indicates a significantly improved technical and technological characteristics of the SDM.

In the 1990s, more than 20 major foreign companies, after the expiry of the licensing agreements, began a large-scale production of multi-drop SDMs, which became the main way of drilling horizontal and directional wells.

The introduction of new domestic downhole screw engines of the DO-106 and R-106 series and the development of technologies for drilling second shafts contributed to a significant increase in sidetrack drilling in the late 1990s.

Thus, during the 4 years from 1997 to 2001, Surgutneftegaz drilled 238 sidetracks from the casing strings, Bashneft oil company drilled about 60 horizontal wells from 1991 to 2001, and more than 70 horizontal wells were drilled in OAO Udmurtneft.

It should be noted that the percentage of drilled wells with the use of these engines increased every year. This is explained by the most important operational advantages of the engines, and by objective preferential factors, such as the emergence of new drilling technologies and a new generation of low-speed rock bits on the drilling market.

Between 1980 and 2007, more than 100 design and technical solutions are patented in the field of improving the technique and technology of the SDM.

Machine building and service companies continue to work on improving engine designs and finding innovative solutions, developing production processes for their manufacture, simultaneously developing drilling technologies using a screw downhole motor.

Despite all the variety of sizes and types of foreign SDMs, almost all of their power sections are manufactured by several specialized companies, among the most famous are Robbins & Myers, PCM, PV Fluid Roper Pumps.

Relatively small metal consumption and simple, in comparison with piston engines, the design of these machines became important factors, due to which they are widely used in modern technology.

Owing to the listed features, it can be noted that the SDMs are by right actually an indispensable type of volumetric hydraulic machines, relatively durable even with the use of working fluids that contain a solid phase and do not have special lubricating

properties. This is achieved due to the features of the design and the principle of operation and power section of the engine.

The main malfunctions of screw downhole motors.

The main disadvantages of domestic screw downhole motors include low durability with aggressive impact of various media in the well, limited temperature limit of operation, low motor resource, a strong change in performance in the process of its use, the high cost of maintenance and their labor intensity.

In the process of using the SDM, its energy characteristic also changes significantly. Reducing the working differential pressure leads to a decrease in torque, and therefore, to recession of the load capacity of the engine. The experience of using the SDM made it clear that wear of the working elements is the main reason of engine failure. The necessity of retaining the interference in the contact between the stator and rotor surfaces is the main design feature of the engine. Friction and changes in the geometric dimensions of the working elements lead to a reduction in the tension in the pair and loss of efficiency of the screw downhole motor.

Many years of experience in the use of SDM for the overhaul and drilling have shown that the loss of engine performance is a consequence of the following reasons:

- wear of the power section;
- failure of swivel joint;
- spindle failure;
- failure for technological reasons;
- emergency failure.

A statistical analysis of the causes of SDM failures has shown that about 49% of cases of reduced performance are due to deterioration of the engine working parts (figure 1).

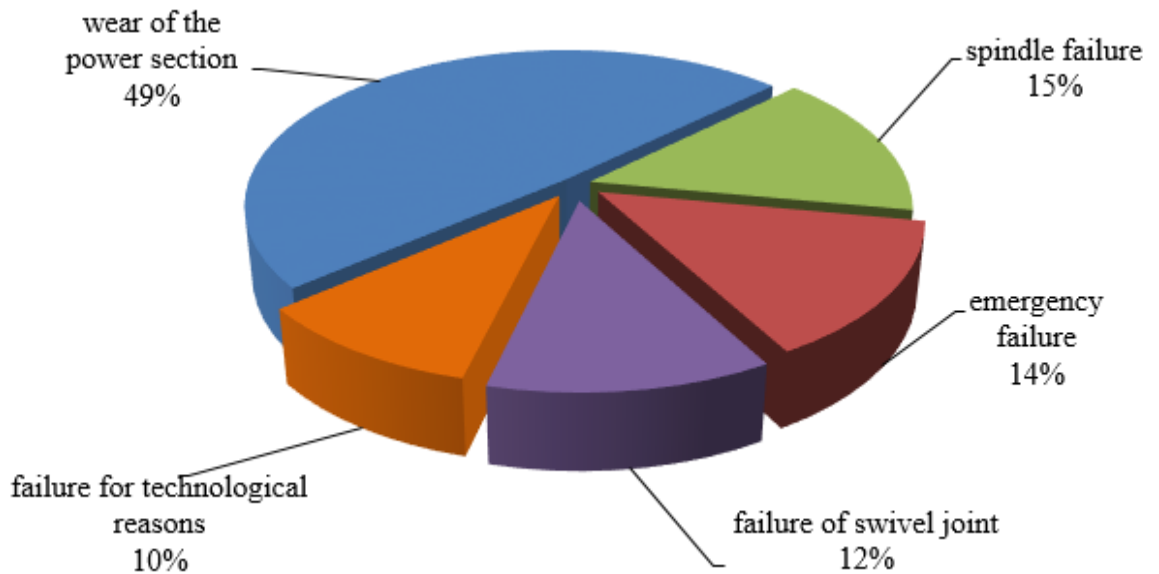


Figure 1 – Comparative chart of reasons of screw downhole motors failures

The working bodies of the SDM in the process of its work are exposed to various types of wear. These types of wear, such as friction, fatigue, hydroabrasive, as well as working engine components are subjected to erosion and corrosion-mechanical wear when exposed to pressures and temperatures exceeding the normative values.

Analysis of the causes of wear on the SDM units allows us to conclude that the engine's working parts, in particular the rubber coating of the stator, are subjects to the greatest wear.

Ways to deal with wear of the elastomer.

The problem of destruction of the elastomer is still significant in the modern world. Different scientists at various times have made attempts to deal with its premature wear and increase the reliability and durability of its working organs.

Most elastomers are able to "absorb" in themselves gases and light aggressive liquids. These properties are characterized by the swelling of elastomers in certain media, which is estimated as a percentage change in volume or mass. For negative values of these quantities, one should speak of the extraction or washing out of a number of substances from the elastomer, most often the plasticizer. Swelling of elastomers in solvents depends on their solubility and in chemically aggressive media can cause irreversible changes in the mechanical properties of the elastomer, such as

strength and elasticity due to the weakening of intermolecular bonds. As a rule, the longevity of rubbers decreases the more significantly, the larger the swelling value.

In addition, the article of A. V. Epikhin, V.V. Melnikov "Investigation of the effect of diesel fuel on elastomer rubber of a screw downhole motor in the temperature range of 25-90 ° C" notes that swelling of the stator plate leads to a decrease in the efficiency of the screw downhole motor due to the formation of an excessively large diametrical interference of the working pair. The engine's work will require the creation of a greater torque, which, combined with a decrease in the elasticity of rubber, will lead to rapid destruction of the elastomer. Under the influence of static loads on the swollen elastomer, its more rapid wear takes place due to a reduction in elasticity and strength. Also, swelling adversely affects the resistance to cyclic loads due to reduced fatigue resistance of the rubber (figure 2).



Figure 2 – Wear of elastomer

A significant change in the mechanical properties of elastomers can occur even with short-term deformation. At the same time, irreversible changes can occur simultaneously with reversible ones. Irreversible changes can be a consequence of a number of chemical and mechanochemical processes. They are activated by mechanical stress and lead to quite profound changes in structure. Irreversible destruction of the structure under the influence of mechanical forces is greater the lower the rate of relaxation processes. This leads to corresponding changes in the properties and structure of the elastomer under multiple deformations.

The effect of heat should be highlighted as one of the non-mechanical factors that affect the properties of rubber. With short-term exposure, it leads to reversible changes in the properties and structure associated with the increase in the energy of thermal motion. At the same time, prolonged exposure to heat can cause irreversible changes (figure 3). They are especially intense in chemically active media (oxygen, ozone, etc.). Irreversible changes also occur under the influence of moisture, various types of radiation sources, light or the total impact of all these factors, for example, when operating or storing rubber under atmospheric conditions. These irreversible changes in the properties and structure of polymers are called aging.



Figure 3 – Destruction of elastomer under the influence of the self-heating effect

When polymers come into contact with corrosive media, chemical degradation occurs. It is a complex physicochemical process involving the diffusion of an aggressive medium into polymers and subsequent reactions of the transformation of chemically unstable bonds. Knowledge of the mechanism of destruction of polymers in aggressive media allows us to predict the operational properties of polymer products when exposed to corrosive media, and also to find ways to increase the resistance of rubber to mechanical wear.

The enumeration of the research data, as well as the mention of many other studies on the topic of increases in the service life of the SDM elastomer, serves to show its actual relevance. It is from the ever-growing number of studies in this field that it can be said that many more methods of elastomer hardening remain uninvestigated.

Last year, at the "Department of Well Drilling" of the NR TPU in Tomsk, the effect of hardening elastomers placed in saline solution at high temperature was observed. However, this effect was not described in detail, and no experimentally proven data was discovered in the public domain.

In this regard, the purpose of this paper is the experimentally proven determination of the optimal parameters (time and temperature) of extracting the SDM elastomer in a solution of sodium chloride NaCl for maximum hardening and increasing the overhaul life.