

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода»

УДК 1: 622.692.4.053:620.197.2/.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Хакимов Александр Искандерович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зарубина О.Н.	к.х.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Черемискина М.С.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Брусник О.В.	к.п.н., доцент		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело»</b>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1,ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3,УК-4, УК-5,УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).
в области производственно-технологической деятельности		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7,ПК-8,ПК-9, ПК-10, ПК-11).
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).
в области организационно-управленческой деятельности		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16,ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ ( УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	области нефтегазового дела	
<b>в области проектной деятельности</b>		
Р8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).
<b>Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b>		
Р9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".
Р10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".
Р11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР  
 \_\_\_\_\_ Брусник О.В.  
 (Подпись)                      (Дата)                      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2ББА	Хакимову Александру Искандеровичу

Тема работы:

«Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Условным объектом исследования является магистральный нефтепровод «2101», с длиной 110 км, имеющих диаметра и толщину стенки трубопровода, соответственно 740 мм и 9,1 мм.</p> <p>В работе рассмотрены методы борьбы с коррозией трубопроводов, а также прогнозирование коррозионного состояния трубопроводов. Сама работа направлена на защиту магистральных нефтепроводов от коррозии методом катодной защиты с анодным заземлением.</p>
---	---

	<p>Влияние на окружающую среду оказывает повреждение и уничтожение почвенного слоя при замене средств электрохимической защиты.</p> <p>Выполнен экономический анализ между способами поддержания эксплуатационных свойств магистрального нефтепровода в трех исполнениях.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1.Проведение обзора литературных источников по данной тематике;</p> <p>2.Характеристика объекта исследования;</p> <p>3.Проведение технологического расчёта объекта исследования;</p> <p>4.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</p> <p>5.Социальная ответственность.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжаккина Татьяна Гавриловна, доцент
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зарубина Оксана Николаевна	к.х.н, доцент		18.05.2015

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Хакимов Александр Искандерович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6А	Хахимов Александр Искандерович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Материально-технические: материальные затраты, затраты на оборудование, 60 530 руб. - Человеческие: затраты по основной заработной плате, затраты по дополнительной заработной плате, отчисления во внебюджетные фонды, 329 562 руб..
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: 30 % премии к заработной плате 20 % надбавки за профессиональное мастерство 1,3 - районный коэффициент для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений, в том числе отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения поисковых ГРП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Оценка коммерческого потенциала и

	перспективности проведения научных исследований. 2.Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.
2. Планирование и формирование бюджета поисковых ГРР	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Бюджет научно-технического исследования. 5, Основная заработная плата исполнительной темы. 6. Дополнительная заработная плата исполнительной темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Накладные ресурсы. 9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности поисковых ГРР	Определение интегрального показателя эффективности научного исследования. Расчет показателей ресурсоэффективности.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Хакимов Александр Искандерович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б6А	Хакимов Александр Искандерович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

Тема ВКР:

Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: система электрохимической защиты магистрального нефтепровода.</p> <p>Область применения: защита магистрального нефтепровода от коррозии.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.</li> <li>– ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.</li> <li>– Климатические и погодные условия на рабочем месте.</li> <li>– Загазованность рабочей зоны.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Факторы, связанные с электрическим током.</li> <li>– Повышенный уровень статического электричества.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Атмосфера: выброс загрязняющих веществ по причине не плотности технологического оборудования.</p>



	<p>Гидросфера: попадание загрязняющих веществ, таких как нефть, масла, растворители.</p> <p>Литосфера: уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель.</p> <p>Загрязнение нефтепродуктами, химреагентами.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p>В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций:</p> <p>– техногенного характера – пожар (взрыв);</p> <p>Пожарная и взрывная безопасность.</p>

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Хакимов Александр Искандерович		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(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)
06.02.2020	<i>Общая характеристика производственного объекта</i>	15
21.02.2020	<i>Характеристика объекта исследования</i>	15
10.03.2020	<i>Расчет параметров установок катодной защиты</i>	10
20.03.2020	<i>Проведение прогноза скорости коррозионного воздействия</i>	10
10.04.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
20.04.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
01.05.2020	<i>Заключение</i>	10
08.05.2020	<i>Презентация</i>	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зарубина О.Н.	К.Х.Н, доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	К.П.Н, доцент		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 с., 3 рис., 23 табл., 25 источников.

Ключевые слова: магистральный нефтепровод, коррозия, катодная защита, анодное заземление, СКЗ, ЭХЗ, активная защита.

Объектом исследования является магистральный нефтепровод «2101» длиной 110 км, диаметром 740 мм и толщиной стенки 9,1 мм.

Цель работы – Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода на основе математического моделирования.

В процессе исследования проводился расчет противокоррозионный защиты трубопровода, а именно расчет параметров катодной установки, расчет параметров анодного заземления, составление прогноза коррозионного состояния магистрального нефтепровода, анализ экономической эффективности, анализ вредных и опасных производственных факторов.

В результате исследования был произведен подбор оборудования по полученным результатам, даны рекомендации по снижению вредных и опасных производственных факторов и неблагоприятного влияния на окружающую среду.

Область применения: данный исследованный метод катодной защиты с анодным заземлением является основной защитой магистральных газопроводов от почвенной коррозии согласно нормативно – технической документацией СТО Газпром 9.2 – 002 – 2009.

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					11	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

## Термины и определения

В данной работы применены следующие термины с соответствующими определениями:

Анодный процесс – окисление металла, проходит на участках изделий с меньшим потенциалом в данной среде.

Водородная деполяризация – процессы, у которых катодная реакция осуществляется с выделением водорода.

Катодная защита – электрохимическая защита от коррозии, основанная на наложении отрицательного потенциала на защищаемую деталь.

Катодный процесс – восстановление окислителя, находящегося в растворе или расплаве электролита, происходит на участках изделий с большим потенциалом в данной среде.

Кислородная деполяризация – процессы, у которых катодная деполяризация осуществляется растворенным в электролите кислородом.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металла, которое проявляется в результате его химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой.

Химическая коррозия – это процесс окисление металла, которое не сопровождается электрохимическими процессами и возникает под действием агрессивных реагентов в виде сухих газов ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) или жидкостей – неэлектролитов, которые не проводят электрический ток.

Электрохимическая коррозия – это процесс разрушения металлов в среде электролитов, растворов, проводящих электрический ток (растворы солей, щелочей и кислот).

					Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хакимов А.И.			Термины и определения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубина О.Н.					12	86
Консульт.						г.р. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Электрохимическая защита – комплекс мер, направленных на недопущение развития коррозии под воздействием электрического поля.

					<i>Термины и определения</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

## Обозначения и сокращения

- МН – магистральный нефтепровод;
- ЭХЗ – электрохимическая защита;
- СКЗ – станция катодной защиты;
- УКЗ – установка катодной защиты;
- ЛЭП – линии электропередач;
- ПКЗ – противокоррозионная защита;
- АЗ – анодное заземление;
- АКП – антикоррозионное покрытие;
- МЭС – медносульфатный электрод сравнения.

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Обозначения и сокращения</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					14	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

## Содержание

Введение .....	17
Обзор литературы .....	19
1 Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов.....	21
1.1 Понятие о коррозии.....	21
1.2 Химическая коррозия.....	22
1.3 Электрохимическая коррозия .....	23
1.4 Параметры, влияющие на интенсивность коррозии .....	25
2 Защита трубопроводов от коррозии.....	28
2.1 Пассивная защита трубопроводов.....	28
2.2 Активная защита трубопроводов .....	29
2.2.1 Протекторная защита .....	30
2.2.2 Катодная защита.....	30
3 Объект и методы анализа.....	34
3.1 Характеристика условного объекта .....	34
3.2 Методы анализа.....	34
3.3 Расчет параметров установок катодной защиты .....	34
3.4 Оценка коррозионной защиты магистрального нефтепровода .....	43
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	47
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	47
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	47
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	48
4.1.3 Технология QuaD .....	50

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Содержание</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					15	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

4.1.4 SWOT – анализ .....	52
4.2 Планирование научно–исследовательских работ.....	55
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	55
4.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ .....	56
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	57
4.3 Бюджет научно–технической разработки.....	59
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	59
4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	60
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей работы.....	61
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работы .....	62
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды .....	63
4.3.6 Накладные расходы.....	63
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы	64
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	65
5 Социальная ответственность .....	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
5.2 Производственная безопасность .....	70
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	71
5.2.2 Основные мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов .....	73
5.3 Экологическая безопасность .....	77
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	79
Заключение .....	82
Список литературы .....	84



## Введение

Коррозия наносит большой экономический ущерб приводя к огромным затратам для ее устранения. Она приводит к быстрому износу трубопроводов, резервуаров, различных установок и увеличивает количество ремонтных сроков технологического оборудования. Также коррозия вызывает потери при транспортировке скважинной продукции, товарной нефти либо продуктов ее переработки.

В настоящее время нефтегазовый сектор в России представлен объектами с большим сроком эксплуатации. Около половины нефтепроводов эксплуатируются больше двадцати лет. Около 25% трубопроводов используются больше тридцати лет. Большинство таких трубопроводов подвергаются коррозионным отказам. Частое появление отказов данного типа значительно снижают надежность таких трубопроводов и увеличивает шанс аварийного отказа.

В данной работе были проанализированы уже существующие активные методы электрохимической защиты нефтепроводов от коррозии, отражено сравнение этих методик, разобраны основные преимущества и недостатки.

Цель работы – Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода на основе математического моделирования.

Основные задачи данной работы:

1. Провести литературный обзор в области коррозионной защиты трубопроводов;
2. Рассмотреть методы расчета и прогнозирования параметров для станций катодной защиты;

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					17	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

3. Провести расчет параметров противокоррозионной защиты и осуществить прогноз скорости коррозии для участка магистрального нефтепровода;

4. Провести технико-экономическое обоснование выбора противокоррозионной защиты для участка магистрального нефтепровода.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

## Обзор литературы

В процессе написания выпускной квалификационной работы были использованы научная и учебно–методическая литература, нормативно–законодательные акты Российской Федерации.

В ходе изучения проблемы коррозии, хочу выделить автора В.Н. Ткаченко [1]. В его работе наиболее подробно описаны процесс возникновения электрохимической коррозии и пути борьбы с ними. Автор особо выделяет, что сам процесс коррозии невозможно ликвидировать полностью, иными словами, реакция необратима, но можно замедлить процесс путем использования современных средств электрохимической защиты.

Была рассмотрена книга Хижнякова В.И. «Сопrotивление материалов. Коррозионное растрескивание» [2], доктора технических наук. В его работах особо выделяются проблемы коррозии в эксплуатации подземных сооружений и трубопроводов.

Без сомнения можно добавить зарубежную книгу Роберта Хайдерсбаха «Защита от коррозии и металловедение оборудования для добычи нефти и газа» [3]. В его работе раскрываются основные причины возникновения коррозии, описаны виды и типы коррозионных разрушений. Имеет подробные рекомендации по устранению причин коррозии.

В итоге, что коррозия металла – это самопроизвольный физико-химический процесс, вызывающий разрушение металла в результате электрохимического или химического воздействия окружающей среды. При эксплуатации магистральных газопроводов при подземной прокладке, подвергаются к воздействию внутренних и внешних факторов окружающей среды, которые имеют коррозионные свойства.

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Обзор литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					19	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

Это не только относится к магистральным газопроводам, но и сооружениям, и резервуарам. Следовательно, что именно коррозия является одной из причин большинства ремонтов трубопроводов и аварийных остановок магистральных участков.

					<i>Обзор литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

# 1 Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов

## 1.1 Понятие о коррозии

Металлы, помимо золота, металлов платиновой группы и некоторых других, не встречаются в самородном виде. Обычно они находятся в природе в виде соединений, они связаны химической связью с другими элементами. Чистые металлы имеют более высокую внутреннюю энергию, по сравнению с металлами, представленными в виде солей или оксидов. Поскольку весь материал во Вселенной стремится вернуться в свое низшее энергетическое состояние, чистые металлы также стремятся вернуться в свое низшее энергетическое состояние, которое они имели в виде сульфидов или оксидов. Одним из способов принять более низкий уровень энергии у металла – это коррозия.

Несмотря на множество существующих определений понятию "коррозия", формулировку, которую использует международная ассоциация инженеров–коррозионистов NACE («National Association of Corrosion Engineers») имеет следующее определение: коррозия – самопроизвольное разрушение металла, которое проявляется в результате его химического, электрохимического или физико–химического взаимодействия с окружающей средой. Процесс протекания коррозии носит название «коррозионный процесс», а для результатом процесса коррозии является – «коррозионное разрушение» [4]. Под коррозионным разрушением понимается электрохимический или химический процесс разрушения металлических изделий, происходящий на границе раздела фаз (на поверхности).

Коррозия приводит к ухудшению физико–механических, технологических свойств металлов и сплавов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода		
Разраб.		Хакимов А.И.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубина О.Н.				21	86
Консульт.					гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

В следствии коррозионного процесса металл или сплав переходит в окисленное состояние и теряет свои свойства. Коррозия протекает по двум основным процессам: химический или электрохимический. Таким образом, существует два основных механизма коррозии металлов – химическая и электрохимическая коррозия металлов.

## 1.2 Химическая коррозия

Химическая коррозия – это процесс окисление металла, которое не сопровождается электрохимическими процессами и возникает под действием агрессивных реагентов в виде сухих газов ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) или жидкостей – неэлектролитов, которые не проводят электрический ток. Примерами таких жидкостей могут быть растворы неорганических веществ в органических растворителях. Часто процесс химической коррозии происходит при высоких температурах. Для химической коррозии характерно равномерное распределение оксидной пленки по всей поверхности металла.

Все металлы, находящиеся в сухом воздухе покрыты тонким слоем оксида. Этот слой образован в результате химической коррозии с кислородом воздуха. При повышенных температурах реакция может продолжиться без ограничений, и металл полностью окислится.

При комнатной температуре скорость реакции становится очень низкой, практически прекращается, слой оксида остается тонким. Эти слои оксида защищают металл от дальнейшего протекания процесса коррозии. Фактически, оксидные пленки, образованные на поверхности металла, защищают его от коррозии в большей степени, чем коррозионная стойкость самого металла.

Оксидные пленки могут проявлять или не проявлять защитные свойства, такой мерой является их сплошность.

					<i>Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Сплошность оксидных пленок оценивает величина фактора Пиллинга – Бэдвордса:

$$\alpha = \frac{V_{ок}}{V_{Ме}}, \quad (1.1)$$

где  $V_{ок}$  – молярный объем оксидной пленки;

$V_{Ме}$  – молярный объем металла.

Этот фактор определяется как отношение объема оксида к объему потраченного на образование этого оксида металла [2].

Примером химической коррозии может являться коррозия железа во влажном воздухе:

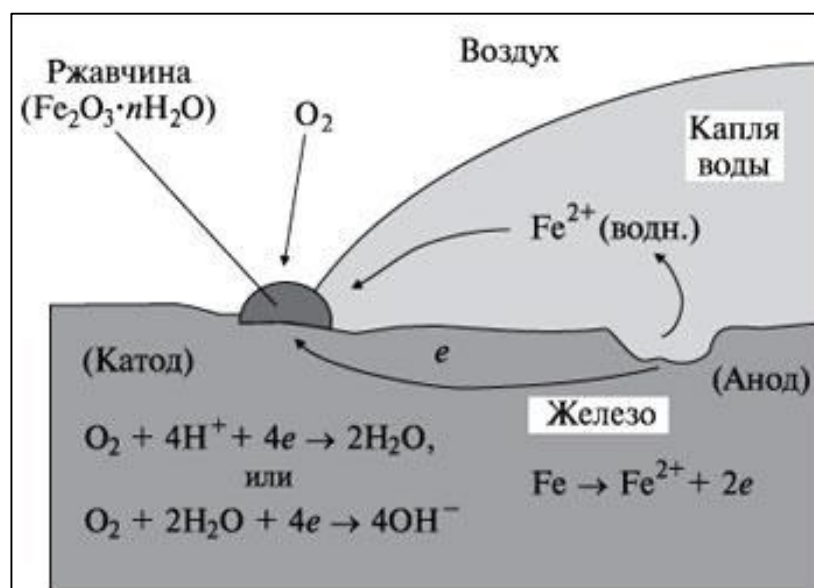
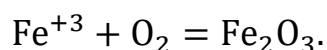
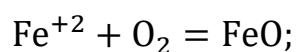


Рисунок 1 – Коррозия железа во влажном воздухе [5]

## 1.2 Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия металлов – это процесс разрушения металлов в среде электролитов, растворов, проводящих электрический ток (растворы солей, щелочей и кислот) [6].

В процессе электрохимической коррозии металла протекают два процесса: катодный и анодный.

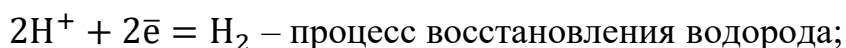
Анодный процесс – окислительный, проходит реакция с растворением металла, переходом в ионное состояние.

Катодный процесс – восстановительный, характеризуется электрохимическим восстановлением компонентов.

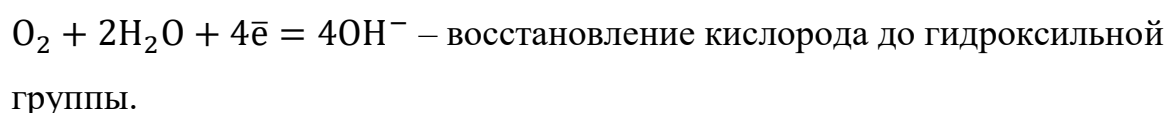
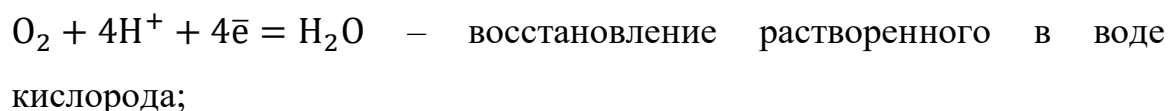
Процесс удаления электронов из узлов кристаллической решетки металла называется деполяризацией, а вещества, которые содействуют этому процессу – деполяризаторами.

Наиболее частую распространенность имеет электрохимическая коррозия металлов с водородной и кислородной деполяризацией.

Водородная деполяризация протекает на катодном участке при электрохимической коррозии в кислых средах:



Кислородная деполяризация протекает на катоде при электрохимической коррозии в нейтральных средах:



Все металлы периодической таблицы химических элементов по отношению к электрохимической коррозии, можно разбить на 4 группы, границы которых определяются исходя из значений стандартных электродных потенциалов металлов:

– Активные металлы (высокая термодинамическая нестабильность) – все металлы от лития ( $E_{\text{Li}^+|\text{Li}}^0 = -3,04 \text{ В}$ ) до кадмия ( $E_{\text{Cd}^{2+}|\text{Cd}}^0 = -0,4 \text{ В}$ ), корродируют даже в нейтральной среде при отсутствии деполяризаторов.

					<i>Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24



– Металлы средней активности (термодинамическая нестабильность) – металлы между кадмием и водородом ( $E_{2H^+|H_2}^0 = 0$  В), имеют коррозионную устойчивость в нейтральной среде при отсутствии деполяризаторов и не устойчивы в кислых средах.

– Малоактивные металлы – ( $E_{Me^{n+}|Me}^0 = +0,8$  В) имеют коррозионную стойкость в нейтральных и кислых средах (серебро, медь, полоний, ртуть, таллий) в которых отсутствуют такие окислители как кислород, хлор и т.д.

– Благородные металлы имеют высокую термодинамическую стабильность (платина, палладий, иридий, золото). Подвергаются коррозии только в кислых средах, при наличии сильных окислителей (атмосфера фтора, царская водка) [7].

#### 1.4 Параметры, влияющие на интенсивность коррозии

Перед инженером–коррозионистом встают первоочередные задачи такие как: срок службы различных металлических конструкций в конкретной среде и какие компенсирующие мероприятия необходимо провести для продления срока службы оборудования.

Коррозия является химическим процессом, следовательно его кинетической характеристикой будет являться скорость протекания процесса. Скорость коррозионного процесса подразумевает под собой глубину коррозионного поражения в единицу времени.

Скорость коррозии выражается следующей формулой:

$$V = \frac{k \cdot \Delta G}{R}, \quad (1.2)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности;

$\Delta G$  – изменение изобарно–изотермического потенциала в результате химического процесса, кДж/моль;

$R$  – химическое сопротивление протеканию коррозионного процесса.

					<i>Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

На скорость коррозионного процесса, а именно интенсивность протекания коррозии металлов влияют внутренние и внешние факторы:

- Химическая природа металла;
- Площадь поверхности металла;
- Структура кристаллической решетки металла.

С точки зрения химической природы, каждый металл имеет свои особенности и свойства. Металлы, имеющие высокое значение электрохимического потенциала менее подвержены коррозионному воздействию, в то время как металлы, имеющие низкий или отрицательный электрохимический потенциал сильнее подвержены коррозионному разрушению.

Состояние металлической поверхности также влияет на интенсивность протекания коррозии. Любая неоднородность либо граница раздела фаз типа металл-воздух или металл-жидкость создает очаги образования коррозии. Следовательно, однородный металл обладает повышенной коррозионной стойкостью.

Кристаллическая структура металла в различных сплавах может иметь дефекты в виде образования продуктов коррозии между зёрнами металла. Такие дефекты являются причинами образования межкристаллитной коррозии.

Внешние факторы, влияющие на интенсивность протекания коррозии:

- Состав и количество солей в грунте;
- Температура окружающей среды;
- Влажность (водонасыщенность);
- Удельное электросопротивление грунта;
- Воздухопроницаемость грунта;
- Концентрация ионов  $H^+$ .

Влажность грунтов является одним из важнейших причин возникновения коррозии, так как МН прокладывается не только в грунтах с

					<i>Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

различным удельным электросопротивлением, но и в водоемах, в качестве которых могут выступать моря, озера и реки. Гидратирующая способность молекул воды является энергетической основой реакции (сольватация).

Повышение температуры способствует повышению скорости реакции, что подтверждает правило Вант-Гоффа и уравнение Аррениуса. Неравномерный температурный градиент приводит к появлению термогальванопар, в которых нагретые участки являются анодными.

Удельное электросопротивление грунта зависит от его плотности, состава пород, солевого состава и концентрацией ионов водорода почвенного электролита.

					<i>Понятие о коррозии, классификация коррозионных процессов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

## 2 Защита трубопроводов от коррозии

Процессы коррозии трубопроводов относятся к тем, которых нельзя избежать. Такой процесс можно лишь отсрочить на некоторый момент. Для этого придуманы различные методы защиты трубопроводов. Защита трубопроводов предназначена для того, чтобы замедлить все окислительные процессы. Стоит добавить то, что коррозионные процессы протекают как на внутренних стенках, так и снаружи трубопровода. Внутренняя часть окисляется из-за того, что внутри протекают различные агрессивные вещества, которые вызывают процессы окисления. Внешние стенки трубопровода окисляются из-за высокого уровня влажности почвы.

### 2.1 Пассивная защита трубопроводов

Для защиты трубопроводов от коррозии применяется большой ассортимент химически стойких материалов – пленочные полимерные покрытия, лакокрасочные покрытия, эмали, биопластик, стеклопластик, керамика и другие химически малоактивные материалы.

В настоящее время полимерные материалы находят все более широкий спектр своего применения, благодаря их ценным физико-химическим параметрам.

Также в коррозионной защите трубопроводом имеет место применение лакокрасочных покрытий, эмалей или красок, которые создают диэлектрический барьер, защищающий под ним металл от коррозии. Для реализации такого способа защиты используют покрытия из битумов, которые получают с помощью перегонки высоковязких нефтей, либо изготавливают

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					28	86
<i>Консульт.</i>						<i>г.р. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

из синтетических смол (полипропилен, поливинилхлорид, эпоксидные смолы). Срок службы таких трубопроводов увеличивается на 2–3 года [1].

Помимо вышеописанных способов существует способ, кардинально отличающийся принципом действия – это замена труб из нержавеющей стали на пластиковые. Данный способ является эффективным средством повышения долговечности технологических трубопроводов, которые предназначены для транспортировки агрессивных сред, разрушающих сталь, продуктов. Помимо повышенного срока службы, снижаются экономические затраты на сооружение таких трубопроводов, потому что полимерные трубы значительно уступают по своей цене равноценным по пропускной способности стальным трубам. Основным недостатком таких труб – низкая прочность. Решением данной проблемы является армирование термопластов, либо замена полиэтиленовых труб на стеклопластиковые или на трубы из композитных материалов.

## 2.2 Активная защита трубопроводов

Активные способы защиты трубопроводов от коррозии предусматривают под собой создание электрического тока, в котором весь металл трубы, несмотря на его неоднородность, становится катодом, а анодом будет металл, дополнительно размещенный в грунте [8]. Электрохимическая защита от коррозии включает в себя катодную и протекторную защиту. Основные требования к электрохимической защите от коррозии регламентируются нормативным документом СТО Газпром 9.2–002–2009 [9].

					<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

### 2.2.1 Протекторная защита

Протекторная защита представляет собой введение специального вещества – протектора, который является металлом с повышенными электроотрицательными качествами. Воздух, воздействуя на металл-протектор, растворяет его, в результате чего защищаемый металл сохраняется, несмотря на воздействие коррозии.

Механизм протекторной защиты представляет собой понижение электродного потенциала основного металла, чем и обеспечивается его защита от разрушения. Обеспечивается присоединением к защищаемому металлу электрода, который также именуется «жертвенным анодом». Данный электрод подбирается из более активного материала, чем защищаемый металл. Таким образом, «жертвенный анод» корродирует в первую очередь, что обеспечивает надежную защиту конструкционного элемента. Наибольшая эффективность достигается в электролитических средах, к примеру в морской воде.

### 2.2.2 Катодная защита

Трубопровод снаружи покрыт защитной изоляцией, в которой со временем образуются различные дефекты от воздействия механических вибраций, сезонных и суточных температурных колебаний. Через образовавшиеся дефекты в изоляцию проникает влага и происходит контакт трубопровода с грунтом, образуя гальваническую пару. В процессе коррозии течет электрический ток.

При подключении трубопровода к источнику постоянного тока, который является «минусом» — катодом, в то время как подведенное к нему анодное заземление, является «плюсом». В результате происходит поляризация катода, его потенциал переходит в анодное состояние. Вследствие этого, коррозионная активность трубопровода сводится к минимуму.

					<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

Главное условие эффективной работы катодной защиты заключается в наличии грунтов с низким удельным сопротивлением, в то время как электрический контакт достигается за счет использования металлических материалов с высокой электрической проводимостью [10].

Катодная защита трубопроводов осуществляется путем применения специального оборудования – станций катодной защиты (СКЗ), состоящие из следующих элементов:

- Анодный заземлитель;
- Источник постоянного тока;
- Контрольно-измерительный пункт;
- Соединительные приспособления (провода и кабели).

В качестве источников питания катодных станций используются воздушные линии электропередачи (ЛЭП) с напряжением 0,4; 6; 10 кВ либо от автономных источников. Линии электропередач являются источником переменного тока, поэтому обеспечение станции постоянным током осуществляется за счет преобразователей различных конструкций (выпрямители, тиристоры, транзисторы).

Регулировка катодного тока происходит как вручную путем замены трансформаторной обмотки, так и автоматически, при наличии тиристоров.

Прилагаемый на трубопровод ток от УКЗ, который создает защитный потенциал «трубопровод–грунт» распределяется по трубопроводу неравномерно. Максимальное значение разности потенциалов находится в месте подключения УКЗ к трубопроводу. По мере удаления от места подключения УКЗ к трубопроводу разность потенциалов уменьшается. Значительное превышение защитного потенциала приводит к негативным последствиям, как понижение сцепления защитного покрытия с трубой и наводороживание стали, что может привести к водородному растрескиванию.

При расчете УКЗ необходимо знать технические, эксплуатационные, а также электрические характеристики трубопровода иметь данные о наличии

					<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

источников электроснабжения, знать тип изоляционного покрытия трубопровода.

В процессе выполнения электрометрических работ, можно получить данные об электросопротивлении грунта, также данные о ближайших источниках электропитания, знать тип АКП.

На основании рассчитанных электрических характеристик трубопровода определяют количество УКЗ, их электрические параметры, такие как мощность СКЗ, сила тока в цепи катодной станции, протяженность зоны защиты трубопровода одной СКЗ.

Существует множество методик расчета параметров катодной защиты, по которым мы можем судить о ее эффективности. Специалисты нефтегазовых компаний разрабатывают различные методики для защиты трубопроводов от коррозионного разрушения.

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются методики компаний, занимающихся транспортировкой нефти и газа, так как они позволяют определить большое количество параметров, необходимых в процессе проектирования и эксплуатации станций электрохимической защиты.

Методика первой компании описывается в стандарте организации СТО Газпром 9.2–003–2009 [11]. Данный стандарт позволяет рассчитать количество и электрические параметры УКЗ, количество анодных заземлителей, их тип и место установки. Расчет характеристик УКЗ проводится для определения их количества, прилагаемую силу тока на трубопровод, защитного потенциала, длину защищаемой зоны и мощности. Основываясь на данные параметры, можно определить конкретную модель УКЗ. Недостатком данной методики является то, что мы не можем прогнозировать развитие коррозионных процессов во время эксплуатации УКЗ.

					<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32



Методика компании второй компании описывается в статье «Применение методов статистической обработки данных для оценки коррозионного состояния магистральных нефтепроводов» [12]. Данная методика не позволяет нам сделать расчет и подбор оборудования СКЗ, но ее преимущество заключается в том, что она позволяет составить прогноз интенсивности протекания коррозионных процессов за время эксплуатации УКЗ и провести компенсирующие мероприятия для обеспечения эффективной работы СКЗ.

					<i>Защита трубопроводов от коррозии</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		33

### 3 Объект и методы анализа

#### 3.1 Характеристика условного объекта

Магистральный нефтепровод «2101», протяженностью 110 км, запущен в эксплуатацию в 2001 году. Нефтепровод сделан из прямошовных труб, марки стали 09Г2СФ, имеющих диаметр и толщину стенки трубопровода 740 мм и 9,1 мм. Пассивная защита представляет собой полимерное покрытие усиленного типа. Глубина залегания нефтепровода составляет 2,5 м. Тип грунта – глина. На сегодняшний день нефтепровод эксплуатируется, техническое состояние сравнимо как удовлетворительное, имеются места с незначительными повреждениями изоляции. Рекомендуется использовать катодную защиту с анодным заземлением.

#### 3.2 Методы анализа

На основании данных материалов магистрального нефтепровода «2101» будет проводиться расчет и анализ электрических трубопровода и грунта, параметров анодного заземления (АЗ), установок катодной защиты, а также оценка коррозионного состояния трубы и прогнозирование развития коррозионных процессов.

#### 3.3 Расчет параметров установок катодной защиты

Расчет электрических параметров электрохимической защиты проводится в соответствии с СТО Газпром 9.2–003–2009 [11]. Данный стандарт позволяет рассчитать количество и электрические параметры УКЗ,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
					Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода		
Разраб.		Хакимов А.И.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубина О.Н.				34	86
Консульт.					г.р. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

количество анодных заземлителей, их тип и место установки. Расчет характеристик УКЗ проводится для определения их количества, прилагаемую силу тока на трубопровод, защитного потенциала, длину защищаемой зоны и мощности. Основываясь на данные параметры, можно определить конкретную модель УКЗ.

Исходные данные для расчета параметров катодной защиты нефтепровода с анодным заземлением:

Внешний диаметр трубы  $D_n = 0,74$  м;

Толщина стенки трубы  $\delta_n = 9,1 \cdot 10^{-3}$  м;

Длина трубопровода  $L_{общ} = 110$  км;

Марка стали трубопровода – 09Г2СФ;

Удельное сопротивление грунта  $\rho_{гр} = 48$  Ом · м;

Удаление анодного заземления от трубопровода,  $y = 100$  м.

Начальное переходное сопротивление трубопровод-грунт,  $R_{п.н.} = 11000$  Ом · м<sup>2</sup>;

Планируется прокладка нефтепровода в местности со следующими значениями электрического сопротивления грунта, распределенным по участкам следующим образом:

Таблица 3.1 – Значения удельного электросопротивления грунта по участкам:

$L_i/L_{общ}$	0,1	0,3	0,4	0,1	0,1
$\rho_{гр}, \text{Ом} \cdot \text{м}$	160	80	60	30	20

Оборудование для АЗ выбирается с учетом электросопротивления грунта и представлено вертикальными анодами АЗМ-3Х, выполненными из железокремниевое сплава в коксовой засыпке. Дренажную линию следует выполнить из алюминиевого провода.

					<i>Объект и методы анализа</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

Решение:

По данным таблицы 3.1 вычислим среднее значение удельного электросопротивления грунта:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{ср.гр}} &= \sum_{i=1}^n \rho_{\text{гр}} \cdot l_i = 160 \cdot 0,1 + 80 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 60 + 0,1 \cdot 30 + 0,1 \cdot 20 \\ &= 69 \text{ Ом} \cdot \text{м}\end{aligned}\tag{3.1}$$

где  $\rho_{\text{гр}}$  – удельные электросопротивления грунтов на различных участках, Ом · м;

$l_i$  - протяженность участков;

Переходное сопротивление трубопровод-грунт к концу нормативного срока эксплуатации установок катодной защиты:

$$R_{\text{п.к.}} = R_{\text{п.н.}} \cdot \exp(-\beta \cdot t_{\text{н.с.}})\tag{3.2}$$

где  $t_{\text{н.с.}}$  – нормативный срок эксплуатации устройств катодной защиты,

$$t_{\text{н.с.}} = \frac{100}{s_1}\tag{3.3}$$

где  $s_1$  – норма амортизационных отчислений, идущая на полное восстановление основных фондов, принимается равной 10,5 %/год.

Нормативный срок эксплуатации устройств катодной защиты:

$$t_{\text{н.с.}} = \frac{100}{10,5} = 9,5 \text{ лет.}$$

По формуле (3.3) вычисляем переходное сопротивление трубопровод-грунт к концу нормативного срока эксплуатации установок катодной защиты:

$$R_{\text{п.к.}} = 11000 \cdot \exp(-0,125 \cdot 9,5) = 3354,81 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$$

Среднее значение переходного сопротивления трубопровод-грунт находим по формуле:

					Объект и методы анализа	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_{п.ср.} = \frac{R_{п.н.}}{\beta \cdot t_{н.с.}} \cdot [1 - \exp(-\beta \cdot t_{н.с.})]$$

$$= \frac{11000}{0,125 \cdot 9,5} \cdot [1 - \exp(-0,125 \cdot 9,5)] = 6438 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$$
(3.4)

Сопротивление трубопроводной изоляции на единицу длины к концу нормативного срока эксплуатации устройств катодной защиты:

$$R_{из.к.} = \frac{R_{п.к.}}{\pi \cdot D_H} = \frac{3354,81}{3,14 \cdot 0,74} = 1443,8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$
(3.5)

Среднее сопротивление трубопроводной изоляции на единицу длины:

$$R_{из.ср.} = \frac{R_{п.ср.}}{\pi \cdot D_H} = \frac{6438}{3,14 \cdot 0,74} = 2770,7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$
(3.6)

Продольное сопротивление единицы длины трубопровода:

$$R_T = \frac{\rho_{ст} \cdot 10^{-6}}{\pi \cdot (D_H - \delta_H) \cdot \delta_H},$$
(3.7)

где  $\rho_{ст}$  – удельное электрическое сопротивление трубной стали.

Таблица 3.2 – Удельное электрическое сопротивление различных трубопроводных сталей

Марка трубной стали	17ГС	17Г2СФ	09Г2СФ	Ст3
$\rho_{ст}$ , Ом · мм <sup>2</sup> /м	0,247	0,245	0,243	0,218

По формуле (3.7) вычисляем продольное сопротивление на единицу длины трубопровода:

$$R_T = \frac{0,243 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot (0,74 - 9,1 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,1 \cdot 10^{-3}} = 11,64 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/м}$$

Входное сопротивление трубопровода, среднее за нормативный срок эксплуатации катодной установки:

$$R_{\text{вх.ср.}} = \sqrt{\frac{R_{\text{Т}} \cdot R_{\text{из.ср.}}}{2}} = \sqrt{\frac{11,64 \cdot 10^{-6} \cdot 2770,7}{2}} = 0,127 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Входное сопротивление трубопровода, к концу нормативного срока эксплуатации катодной установки:

$$R_{\text{вх.к.}} = \sqrt{\frac{R_{\text{Т}} \cdot R_{\text{из.к.}}}{2}} = \sqrt{\frac{11,64 \cdot 10^{-6} \cdot 1443,8}{2}} = 0,092 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Постоянная распределения потенциалов и токов вдоль трубопровода к концу нормативного срока эксплуатации катодных установок:

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_{\text{Т}}}{R_{\text{из.к.}}}} = \sqrt{\frac{11,64 \cdot 10^{-6}}{1443,8}} = 0,897 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{м}} \quad (3.10)$$

Максимальный  $E_{\text{max}}$  и минимальный  $E_{\text{min}}$  наложенные защитные потенциалы:

$$E_{\text{max}} = E_{\text{maxp}} - E_{\text{ест}} \quad (3.11)$$

$$E_{\text{min}} = E_{\text{minp}} - E_{\text{ест}} \quad (3.12)$$

где  $E_{\text{maxp}}$  – максимальный расчетный защитный потенциал, равный минус 1,1 В;

$E_{\text{minp}}$  – минимальный расчетный защитный потенциал, равный минус 0,85 В;

$E_{\text{ест}}$  – естественный потенциал трубопровода по отношению к медносульфатному электроду сравнения (МЭС), равный минус 0,55 В.

По формулам (3.11) и (3.12) вычисляем:

$$E_{\text{max}} = -1,1 + 0,55 = -0,55 \text{ В}$$

$$E_{\text{min}} = -0,85 + 0,55 = -0,30 \text{ В}$$

					<i>Объект и методы анализа</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		38

Задавшись удалением анодного заземления у от магистрального трубопровода, определяем:

а) коэффициент, учитывающий влияние смежной станции катодной защиты (СКЗ):

$$k_B = \frac{1}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{E_{\min}}{E_{\max}}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{вх.к.}} \cdot y + \rho_{\text{ср.гр}}}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{вх.к.}} \cdot y}}} \quad (3.13)$$

По формуле (13) вычисляем:

$$k_B = \frac{1}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{0,3}{0,55}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,092 \cdot 100 + 69}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,092 \cdot 100}}} = 0,63$$

б) протяженность защищаемой зоны трубопровода одной СКЗ к концу нормативного срока эксплуатации:

$$L_3 = \frac{2}{\alpha} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{вх.к.}} \cdot y}{k_B \cdot \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_{\text{вх.к.}} \cdot y + \rho_{\text{ср.гр}})} \right] \quad (3.14)$$

По формуле (3.14) вычисляем:

$$L_3 = \frac{2}{0,897 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,092 \cdot 100}{0,62 \cdot \frac{0,3}{0,55} \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 0,092 \cdot 100 + 69)} \right] = 6651,5 \text{ м}$$

в) средняя сила тока в цепи катодной станции при  $R_{\text{вх}} = R_{\text{вх.ср.}}$

$$I_{\text{ср}} = \frac{E_{\max}}{R_{\text{вх.ср.}} + \frac{\rho_{\text{ср.гр}}}{2 \cdot \pi \cdot y}} = \frac{0,55}{0,127 + \frac{69}{2 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 2,32 \text{ А} \quad (3.15)$$

Сила тока в конце расчетного периода при  $R_{\text{вх.}} = R_{\text{вх.ср.}}$

$$I_{\text{к}} = \frac{E_{\max}}{R_{\text{вх.к.}} + \frac{\rho_{\text{ср.гр}}}{2 \cdot \pi \cdot y}} = \frac{0,55}{0,092 + \frac{69}{2 \cdot 3,14 \cdot 100}} = 2,72 \text{ А} \quad (3.16)$$

					Объект и методы анализа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

г) сопротивление растеканию тока с одиночного вертикального анода

$$R_a = \frac{\rho_{\text{гр}}}{2 \cdot \pi \cdot l_a} \cdot \ln \frac{4 \cdot l_a}{d_a}, \quad (3.17)$$

где  $\rho_{\text{гр}}$  – удельное сопротивление грунта;

$l_a$  – длина анода;

$d_a$  – диаметр анода.

По формуле (3.17) вычисляем:

$$R_a = \frac{48}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,44} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,44}{0,13} = 20,12 \text{ Ом}$$

е) оптимальное число анодов в конструкции анодного заземления

$$n = I_k \cdot \sqrt{\frac{51 \cdot R_a \cdot \omega_3}{\omega_a \cdot \eta_c \cdot \eta_3 \cdot \eta_{\text{и}}}}, \quad (3.18)$$

где  $\omega_3$  – стоимость 1 кВт · ч электроэнергии, руб/(кВт · ч), принимаем равным 40 руб/(кВт · ч);

$\omega_a$  – стоимость одного анода с установкой, руб;

$\eta_c$  – коэффициент полезного действия станции, принимаем равным 0,6;

$\eta_3$  – коэффициент экранирования, принимаем 0,7;

$\eta_{\text{и}}$  – коэффициент использования анода, принимаем равным 0,85.

По формуле (3.18) вычисляем:

$$n = 2,72 \cdot \sqrt{\frac{51 \cdot 20,12 \cdot 40}{50000 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,85}} = 4,12$$

Принимаем  $n = 4$ .

ж) сопротивление растеканию тока с АЗ:

$$R_{\text{а.з.}} = \frac{R_a}{n \cdot \eta_3} = \frac{20,12}{4 \cdot 0,7} = 7,18 \text{ Ом} \quad (3.19)$$

					Объект и методы анализа	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



з) оптимальная плотность тока в дренажной линии:

$$j_{\text{опт}} = 31,6 \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon \cdot \omega_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{с}}}{\omega_{\text{э}} \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot \tau}}, \quad (3.20)$$

где  $\varepsilon$  – норма амортизационных отчислений;

$\omega_{\text{л}}$  – стоимость прокладки дренажной линии, руб/(м · мм<sup>2</sup>);

$\rho_{\text{пр}}$  – удельное сопротивление алюминиевого провода, равно 0,029 Ом · мм<sup>2</sup>/м;

$\tau$  – время работы станции в году, час, принимаемое равным 8760 час.

По формуле (3.20) вычисляем:

$$j_{\text{опт}} = 31,6 \cdot \sqrt{\frac{0,268 \cdot 20 \cdot 0,6}{40 \cdot 0,029 \cdot 8760}} = 0,562 \text{ А/мм}^2$$

и) оптимальное сечение дренажного провода:

$$S_{\text{пр}} = \frac{I_{\text{ср}}}{j_{\text{опт}}} = \frac{2,32}{0,562} = 4,13 \text{ мм}^2 \quad (3.21)$$

к) сопротивление дренажного провода:

$$R_{\text{пр}} = \rho_{\text{пр}} \cdot \frac{l_{\text{пр}}}{S_{\text{пр}}}, \quad (3.22)$$

где  $l_{\text{пр}}$  – длина провода, принимается равной удалению анодного заземления у от магистрального трубопровода.

Учитывая увеличение  $S_{\text{пр}}$  с удалением АЗ от трубопровода у, принимаем с запасом сечение дренажного провода  $S_{\text{пр}} = 10 \text{ мм}^2$  (алюминиевый провод А 1'10).

По формуле (3.22) вычисляем:

$$R_{\text{пр}} = 0,029 \cdot \frac{100}{10} = 0,29 \text{ Ом}$$

					Объект и методы анализа	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

л) среднее значение напряжения на выходных контактах СКЗ:

$$\begin{aligned}\Delta E &= \Delta E_a + \Delta E_{пр} + \Delta E_k = I_{ср} \cdot R_{а.з.} + I_{ср} \cdot R_{пр} + |E_{max} - E_{min}| \\ &= 2,32 \cdot 7,18 + 2,32 \cdot 0,29 + |-0,55 + 0,3| = 17,6 \text{ В}\end{aligned}\quad (3.23)$$

м) среднее значение потребляемой мощности СКЗ:

$$P = I_{ср} \cdot \Delta E = 2,32 \cdot 17,6 = 40,83 \text{ Вт} \quad (3.24)$$

Исходя из значения мощности, развиваемой СКЗ и напряжению на выходе выбираем катодную станцию типа НГК–ИПКЗ(М)–0,6(48)–У1 – 1кВт.

Срок службы анодного заземления:

$$T = \frac{n \cdot M_a \cdot \eta_{и}}{q_a \cdot I_{ср}}, \quad (3.25)$$

где  $M_a$  – масса одного анодного заземлителя;

$q_a$  – скорость растворения материала электродов анодного заземления  $q_a = 0,3 \text{ кг}/(\text{А} \cdot \text{год})$ .

По формуле (3.25) вычисляем:

$$T = \frac{4 \cdot 28 \cdot 0,85}{0,3 \cdot 2,32} = 136 \text{ лет}$$

Рассчитаем общее число станций катодной защиты:

$$N = \frac{L}{L_з} = \frac{110000}{6651,5} = 16,54 \quad (3.26)$$

Принимаем  $N = 17$ .

Сделав выводы, можем сказать, что методика позволила сделать расчет ПКЗ на примере катодной защиты, а именно, вычислить основные параметры УКЗ: средняя сила тока равна 2,32 А, длина защищаемой зоны равна 6651,5 м, число анодов равно 4, напряжение на выходе СКЗ равно 17,6 В, срок службы АЗ равно 136 лет, мощность СКЗ равна 40,83 Вт, число СКЗ равно 17. По вычисленным параметрам выбрали катодную станцию марки НГК–ИПКЗ(М)–0,6(48)–У1, с номинальной мощностью, равной 0,6 кВт, с номинальным суммарным током равным 12,5 А при выходном напряжении

					<i>Объект и методы анализа</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

равным 48 В.

### 3.4 Оценка коррозионной защиты магистрального нефтепровода

Целью данного расчета является прогнозирование коррозионного состояния нефтепровода и влияние различных факторов на интенсивность развития коррозионных процессов используя методы статистической обработки данных.

Оценка коррозионного состояния трубопровода проводится согласно методике, описанной в статье «Применение методов статистической обработки данных для оценки коррозионного состояния магистральных нефтепроводов» [12].

При оценке противокоррозионной защиты (ПКЗ) используем следующие допущения:

- при расчете, в качестве средств ЭХЗ рассматривается катодная защита;
- отсутствие блуждающих токов;
- отсутствие коррозии, вызванной деятельностью микроорганизмов.

Чтобы провести многофакторный регрессионный анализ необходимо определить неизвестные параметры нелинейного уравнения вида (3.27). Данное уравнение связывает основной показатель эффективности такой как скорость коррозии  $V$ , мм/год со следующими факторами:

$$V = f(f, I, R_g, R_{iz}, t), \quad (3.27)$$

где  $R_g$  – удельное электросопротивление грунта, Ом · м;

$R_{iz}$  – удельное сопротивление АКП, Ом · м<sup>2</sup>;

$f$  – защитный потенциал, В;

$I$  – ток СКЗ, А;

$t$  – время, год.

					Объект и методы анализа	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Таблица 3.3 – Данные для регрессионного анализа

$\ln V$	$f$	$I$	$R_g$	$R_{iz}$	$t$	$V$
-1,956	-1,3	0,1	4037,34	19,26	15	0,141
-2,312	-1,3	2	3468,71	24,25	17	0,099
-2,394	-1,3	4	2900,08	29,24	19	0,091
-2,451	-1,3	6	2867	34,23	21	0,086
-2,481	-1,3	8	1806,85	39,22	29	0,084
-2,503	-1,3	10	1454,34	44,21	32	0,082
-2,524	-1,3	12	1229,12	49,2	36	0,080
-2,538	-1,3	14	1003,9	54,19	40	0,079
-2,546	-1,3	16	778,68	59,18	44	0,078
-2,546	-1,3	18	553,46	64,17	48	0,078
-2,589	-1,6	0,1	4037,34	19,26	15	0,075
-2,946	-1,6	2	3468,71	24,25	17	0,053
-3,027	-1,6	4	2900,08	29,24	19	0,048
-3,084	-1,6	6	2867	34,23	21	0,046
-3,114	-1,6	8	1806,85	39,22	29	0,044
-3,136	-1,6	10	1454,34	44,21	32	0,043
-3,157	-1,6	12	1229,12	49,2	36	0,043
-3,172	-1,6	14	1003,9	54,19	40	0,042
-3,179	-1,6	16	778,68	59,18	44	0,042
-3,179	-1,6	18	553,46	64,17	48	0,042
-3,269	-2	0,1	4037,34	19,26	15	0,038
-3,626	-2	2	3468,71	24,25	17	0,027
-3,708	-2	4	2900,08	29,24	19	0,025
-3,765	-2	6	2867	34,23	21	0,023
-3,795	-2	8	1806,85	39,22	29	0,022
-3,816	-2	10	1454,34	44,21	32	0,022
-3,837	-2	12	1229,12	49,2	36	0,022
-3,852	-2	14	1003,9	54,19	40	0,021
-3,860	-2	16	778,68	59,18	44	0,021
-3,860	-2	18	553,46	64,17	48	0,021

Значения  $f, I, R_g, R_{iz}, t$  выбираются из журналов технического обследования магистрального нефтепровода.

После логарифмирования уравнения (3.27) получаем уравнение вида:

$$\ln V = -0,655175 - 3,04933 \cdot \ln(-f) - 0,117976 \cdot \ln(I) - 0,063447 \cdot \ln(R_g) - 0,0182412 \cdot \ln(R_{iz}) - 0,0706024 \cdot \ln(t).$$

(3.28)

Используя уравнение (3.28) получаем значения скорости коррозии. Далее строим зависимости скорости коррозии от тока УКЗ при различных значениях защитного потенциала.

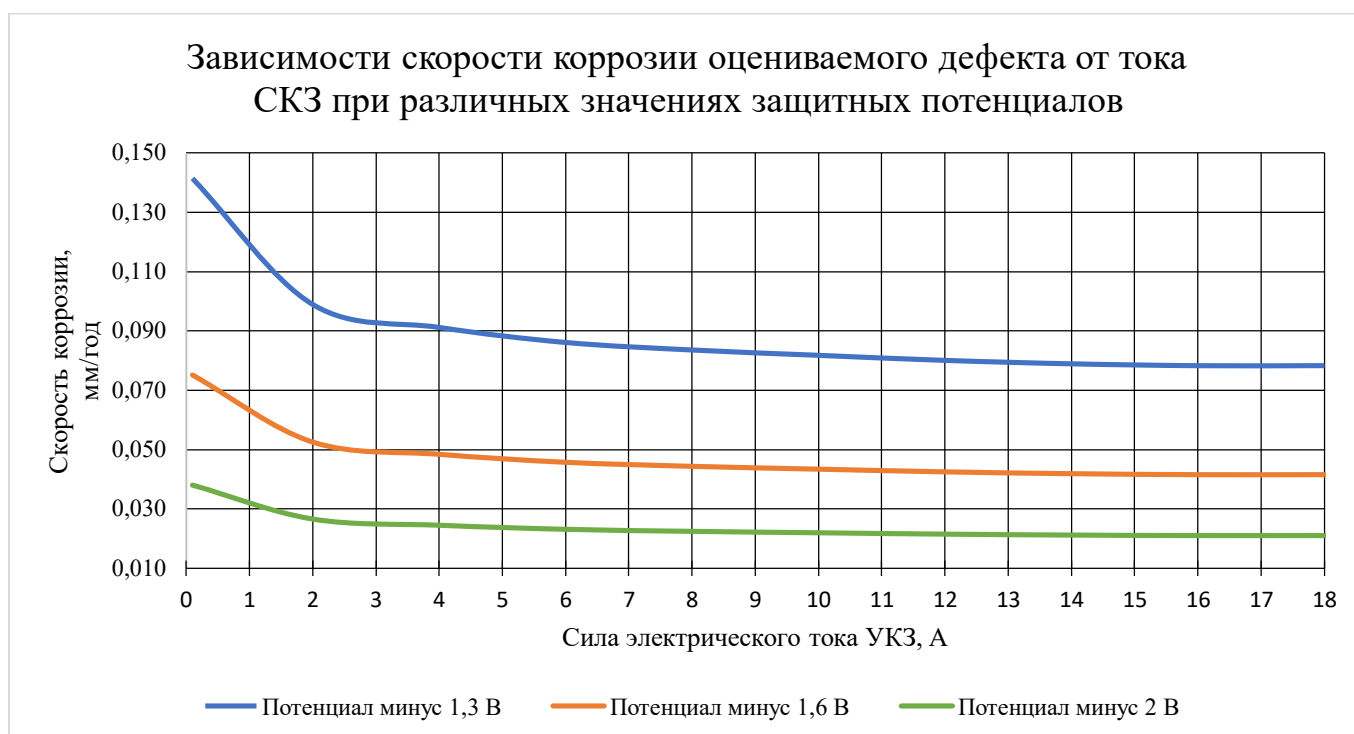


Рисунок 2 – Полученные зависимости скорости коррозии от тока станции катодной защиты при различных значениях защитных потенциалов

В рассматриваемом примере, используем усредненные значения параметров:  $f = -1,3$  В,  $I = 8$  А,  $R_g = 1806,85$  Ом · м,  $R_{iz} = 39,22$  Ом · м<sup>2</sup> при составлении прогноза изменения скорости коррозии в пятилетний период, расчетное значение будет равно 0,084 мм/год. Данное значение не превышает 0,1 мм/год, данный участок относится к зоне умеренной коррозионной опасности.

В результате применения методов статистической обработки данных можно составить прогноз поведения скорости коррозии, который позволяет идентифицировать участки МН различной коррозионной опасности, на которых необходимо проведение различных компенсирующих мероприятий, для обеспечения эффективной работы СКЗ.

					<i>Объект и методы анализа</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В процессе эксплуатации нефтепровода металл трубы подвергается коррозии, что приводит к образованию сквозного проржавления, снижению пропускной способности нефтепровода, увеличению потерь напора на трение и к аварийным разливам нефти, к значительным экономическим и энергетическим потерям. Правильный подбор противокоррозионной защиты позволяет снизить скорость коррозии и защитить трубопровод от коррозионного воздействия.

В ходе научно-исследовательской работы требуется провести анализ существующих методов электрохимической защиты, изучить нормативную документацию, которая определяет требования к противокоррозионной защите и подобрать наиболее подходящие параметры электрохимической защиты для практического применения.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является определение наиболее экономически эффективного средства электрохимической защиты.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Установки катодной защиты (УКЗ) предназначены для создания отрицательного потенциала на трубопроводе и защиты трубопровода от

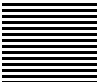


					Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					47	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

коррозионного воздействия.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Так как в данном случае потребители относятся к коммерческой категории, то критерием сегментирования является размер предприятия.

		Вид защиты трубопровода от коррозии			
		Катодная защита	Анодная защита	Протекторная защита	Пассивная защита
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 3 – Карта сегментирования рынка услуг по коррозионной защите трубопроводов:

 – Транснефть     – Сургутнефтегаз     – ТомскНИПИнефть

По результатам сегментирования можем сказать, что основным видом защиты является катодная защита трубопровода. При анализе литературы по средствам электрохимической защиты наиболее экономически эффективной является катодная защита. Использование ингибиторов является достаточно дорогостоящим методом и показало низкую эффективность. Также использование пассивной защиты или покрытие неметаллическими покрытиями трубопровода является необходимой мерой и является достаточно экономным способом.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в



постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единиц);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение эффективности защиты от коррозии	0,12	5	3	2	0,6	0,36	0,24
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,02	5	3	4	0,1	0,06	0,08
3. Помехоустойчивость	0,03	4	2	4	0,12	0,06	0,12
4. Энергоэкономичность	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
5. Надежность	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
6. Уровень шума	0,02	4	5	5	0,08	0,1	0,1
7. Безопасность	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
8. Простота эксплуатации	0,08	4	2	5	0,32	0,16	0,4
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	5	1	1	0,2	0,04	0,04
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	4	2	0,32	0,32	0,16
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	3	4	5	0,06	0,08	0,1

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

3. Цена	0,05	2	3	4	0,1	0,15	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	5	3	4	0,2	0,12	0,16
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
6. Финансирование научной разработки	0,06	4	4	2	0,24	0,24	0,21
7. Срок выхода на рынок	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	5	0,24	0,3	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>57</b>	<b>62</b>	<b>4,26</b>	<b>3,28</b>	<b>3,39</b>

$B_{\phi}$  – Катодная защита;

$B_{к1}$  – Анодная защита;

$B_{к2}$  – Протекторная защита;

#### 4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (Quality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество предложенного технического решения и его перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект [13].

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,07	90	100	0,80	0,063
2. Помехоустойчивость	0,04	85	100	0,60	0,034
3. Надежность	0,08	95	100	0,95	0,076
4. Унифицированность	0,02	55	100	0,55	0,011

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

5. Уровень материалоемкости разработки	0,03	90	100	0,90	0,027
6. Уровень шума	0,04	90	100	0,90	0,036
7. Безопасность	0,15	95	100	0,95	0,143
8. Потребность в ресурсах памяти	0,01	90	100	0,90	0,009
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	80	100	0,80	0,024
10. Простота эксплуатации	0,03	90	100	0,65	0,027
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,02	70	100	0,70	0,014
12. Ремонтопригодность	0,08	90	100	0,75	0,072
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
13. Конкурентоспособность продукта	0,08	95	100	0,60	0,076
14. Уровень проникновения на рынок	0,03	75	100	0,50	0,023
15. Перспективность рынка	0,04	80	100	0,80	0,032
16. Цена	0,05	95	100	0,70	0,048
17. Послепродажное обслуживание	0,05	85	100	0,85	0,043
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,04	90	100	0,90	0,036
19. Срок выхода на рынок	0,05	75	100	0,65	0,038
20. Наличие сертификации разработки	0,06	75	100	0,60	0,045

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле (4.1):

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 62,07,$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Так как средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки находится в диапазоне значений от 79 до 60, то перспективность технического решения выше среднего.

#### 4.1.4 SWOT – анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В таблице 4.3 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT – анализа:

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-технологического решения:</b>  С1. Сбор информации с датчиков контроля параметров в режиме реального времени;  С2. Существование большого количества компаний, способных спроектировать и построить установку под ключ;  С3. Доступность комплектующих при</p>	<p><b>Слабые стороны технологического решения:</b>  Сл1. Необходимость обучения обслуживающего персонала по работе с техническим оборудованием;  Сл2. Трудности внедрения технического решения на объектах;  Сл3. Необходимость привлечения инжиниринговой компании</p>
--	---	---

Таблица 4.3 – Матрица SWOT

	ремонте; С4. Экологичность технологии; С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	для внедрения установки в производство
<b>Возможности:</b> В1. Наилучшая степень коррозионной защиты; В2. Лучшее решение для защиты от блуждающих токов; В3. Уменьшение экологического ущерба; В4. уменьшение взрыво- и пожароопасности УКЗ В5. Дистанционное регулирование параметров.		
<b>Угрозы:</b> У1. Низкий спрос на данное техническое решение; У2. Развитая конкуренция на рынке; У3. Существование большого количества альтернатив разработки.		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3, таблице 4.3, таблице 4.4, таблице 4.5.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	+	-
	B2	-	-	+	+	+
	B3	0	-	+	+	+
	B4	+	-	0	+	+
	B5	+	-	+	+	+

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	+
	B3	+	-	+
	B4	+	+	+
	B5	-	-	-

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	+	-	-
	У2	-	+	+	-	-
	У3	-	+	+	-	-

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

В таблице 4.5 представлена итоговая матрица SWOT–анализа

Таблица 4.5 – Итоговый SWOT анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-технологического решения:</b>  С1. Сбор информации с датчиков контроля параметров в режиме реального времени;  С2. Существование большого количества компаний, способных спроектировать и построить установку под ключ;  С3. Доступность комплектующих при ремонте;  С4. Экологичность технологии;  С5. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны технологического решения:</b>  Сл1. Необходимость обучения обслуживающего персонала по работе с техническим оборудованием;  Сл2. Трудности внедрения технического решения на объектах;  Сл3. Необходимость привлечения инженеринговой компании для внедрения установки в производство</p>
--	---	--

Таблица 4.5 – Итоговый SWOT анализ

<p><b>Возможности:</b>                  В1. Наилучшая степень коррозионной защиты;                  В2. Лучшее решение для защиты от блуждающих токов;                  В3. Уменьшение экологического ущерба;                  В4. уменьшение взрыво- и пожароопасности УКЗ                  В5. Дистанционное регулирование параметров.</p>	<p>– Энергосбережение и повышенная безопасность;                  – Система автоматики упрощает обслуживание установки.</p>	<p>– Принятие на работу квалифицированного персонала;                  – Обучение действующего персонала работе с новым оборудованием.</p>
<p><b>Угрозы:</b>                  У1. Низкий спрос на данное техническое решение;                  У2. Развитая конкуренция на рынке;                  У3. Существование большого количества альтернатив разработки.</p>	<p>– Отсутствие спроса на новые технологии                  – Сложность реализации проекта.</p>	<p>– Вести постоянный мониторинг технических решений в области коррозионной защиты трубопроводов.</p>

## 4.2 Планирование научно–исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследования	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Разработка технического задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Исполнитель
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, исполнитель

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполняемых работ

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min_i} + 2 \cdot t_{max_i}}{5}, \quad (4.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{min_i}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

$t_{max_i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:



$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дн.;

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

$Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на  $i$ -ом этапе, чел.

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

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

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дней;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4.5)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

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

В 2019 году –  $T_{кал} = 365$  дней,  $T_{вых} = 118$  дней,  $T_{пр} = 17$  дней.

Подставим численные значения в формулу (4.5):

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118 - 17} = 1,58$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе, округляют до целого числа и заносят в таблицу.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научной разработки

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , человек а дни	$t_{max}$ , человек а дни	$t_{ож}$ , человек а дни			
Календарное планирование работ по теме	3	6	4,3	Руководитель , Исполнитель	2	3
Составление и утверждение тех. задания	1	3	1,8	Руководитель	2	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Исполнитель	12	16
Согласование материалов по теме	5	8	6,2	Руководитель	6	8
Проведение теоретического анализа существующих технических решений	6	18	110	Исполнитель	10	13
Проведение теоретических расчетов и обоснование	3	12	6,6	Исполнитель	7	9
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель , Исполнитель	2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11,4	Руководитель , Исполнитель	6	8

На основе таблицы 4.8 строим план график, представленный в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.			Март			Апрель			Май				
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	3														
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	18														
3	Согласование материалов по теме	Р	9														
4	Календарное планирование работ по теме	Р, И	3														
5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	И	15														
6	Проведение теоретических расчетов и обоснование	И	10														
7	Оценка результатов исследования	Р, И	3,8														
8	Составление пояснительной записки	Р, И	9														

 - руководитель       - исполнитель

### 4.3 Бюджет научно–технической разработки

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_M) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i}, \quad (4.6)$$

где  $k_M$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

$C_i$  – цена приобретения  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

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

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, $Z^M$ , руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Компьютер (с предустановленным ПО)	шт.	2	2	2	25950	28500	31000	51900	57000	62000
Принтер	шт.	1	1	1	5800	6200	4590	5800	6200	4590
Картридж	шт.	1	1	1	350	400	500	350	400	500
Электрoэнергия	кВт·ч	29	35	33	3,5	3,5	3,5	102	123	116
Итого:								58152	63723	67206

#### 4.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Сюда включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (программного обеспечения), необходимого для проведения работ по конкретной теме (таблица 6). Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 4.11 – Расчет затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования			Количество единиц оборудования			Стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	НГК-ИПКЗ(М)-0,6(48)-У1	УЭДЗ ОПЕ 1,8 У1	ПМП 30x15	1	3	2	289,5	299,1	301,4

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей работы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок предприятия, которое занимается проектирование автоматизированных систем управления. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

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

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочие дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.8)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней  $M=11,2$  месяцев, 5 – дневная неделя;

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

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (k_p + k_{\text{пр}} + k_d) + Z_{\text{тс}}, \quad (4.9)$$

где  $Z_{ТС}$  - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  - премиальный коэффициент ( $k_{пр} = 0,3$ , т. е. 30% от  $Z_{ТС}$ );

$k_{д}$  - коэффициент доплат и надбавок ( $k_{д} = 0,2$ , т. е. 20% от  $Z_{ТС}$ );

$k_{р}$  - районный коэффициент (для Томска  $k_{р} = 0,3$ , т. е. 30%).

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{ТС}$ , руб.	$k_{пр}$ , %	$k_{д}$ , %	$k_{р}$ , %	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель проекта	80000	30	20	30	144000	6413	8,6	55152
Студент	30000	30	20	30	54000	2712	62,8	170320
Итого, $Z_{осн}$ :								225472

#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей работы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.10)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимают равным 0,15.

Таблица 4.13 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{доп}$	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	0,15	55152	8273
Студент	0,15	170320	25548
Итого:		225472	33821

### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (4.11)$$

где  $k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным  $k_{внеб} = 0,302$  (30,2%).

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Студент	55152	8273
Руководитель проекта	170320	25548
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого:	78306,5	

### 4.3.6 Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и ксерокопирование, почтовые расходы и т.д.

Накладные расходы определяются по формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{нр}, \quad (4.12)$$

где  $k_{нр}$  - коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимается равным  $k_{нр} = 16\%$ .

$$Z_{\text{накл1}} = (58152 + 289500 + 225472 + 33821 + 78306,5) \cdot 0,16$$

$$= 109640,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл2}} = (63723 + 299100 + 225472 + 33821 + 78306,5) \cdot 0,16$$

$$= 112067,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{накл3}} = (67206 + 301400 + 225472 + 33821 + 78306,5) \cdot 0,16$$

$$= 112992,9 \text{ руб.}$$

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно–исследовательской работы

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	58152	63723	67206	Пункт 4.3.1
2. Затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	289500	299100	301400	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	225472			Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33821			Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	78306,5			Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	109640,2	112067,6	112992,9	Пункт 4.3.6
7. Бюджет затрат НИИ	794891,7	812490,1	819198,4	Сумма ст. 4.3.1–4.3.6



#### 4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит 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 трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для 1-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = \frac{794891,7}{819198,4} = 0,97$$

Для 2-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = \frac{812490,1}{819198,4} = 0,992$$

Для 3-го варианта исполнения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = \frac{819198,4}{819198,4} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля)

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Критерии				
1. Повышение эффективности защиты от коррозии	0,12	5	3	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,02	5	3	4
3. Помехоустойчивость	0,03	4	2	4
4. Энергоэкономичность	0,06	3	4	4
5. Надежность	0,08	5	3	4
6. Функциональная мощность	0,02	4	5	5
7. Безопасность	0,15	5	3	3
8. Простота эксплуатации	0,08	4	2	5
9. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	5	1	1
10. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	4	2
11. Уровень проникновения на рынок	0,02	3	4	5
12. Цена	0,05	2	3	4
13. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	5	3	4
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	4
6. Финансирование научной разработки	0,06	4	4	2

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НИИ

7. Срок выхода на рынок	0,05	3	4	4
8. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	5
Итого	1	70	57	62

$$I_{p-исп1} = \sum a_i \cdot b_{p-исп1} = 4,26$$

$$I_{p-исп2} = \sum a_i \cdot b_{p-исп2} = 3,28$$

$$I_{p-исп3} = \sum a_i \cdot b_{p-исп3} = 3,39$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр1}} = \frac{4,26}{0,97} = 4,39;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр2}} = \frac{3,28}{0,992} = 3,3;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр3}} = \frac{3,39}{1} = 3,39;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{спi}$ ):

$$\mathcal{E}_{спi} = \frac{I_{испи}}{I_{min}} \quad (4.15)$$

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,97	0,992	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,35	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,05	3,38	3,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,33	1	1,03

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

					<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

## 5 Социальная ответственность

В данной выпускной квалификационной работе производится выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода. Поэтому объектом исследования для выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» был выбран условный участок нефтепровода.

Воздействие опасных и вредных факторов учитывается при применении средств электрохимической защиты. Эти факторы вполне могут причинить вред на окружающую среду, вследствие чего может возникнуть чрезвычайная ситуация, которая имеет вид техногенного характера. Целью данного раздела является анализ опасных и вредных факторов, которые могут влиять на персонал работников службы электрохимической защиты во время рабочего процесса. Также поднимаются вопросы пожарной профилактики, техники безопасности и защиты окружающей среды. По тематике даются рекомендации по повышению оптимальных условий труда.

### 5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормальная продолжительность рабочего времени на нефтепроводах и участках ЭХЗ для работников и специалистов - 40 часов в неделю, для рабочих и служащих в возрасте от 16 до 18 лет - 36 часов в неделю, в возрасте от 15 до 16 лет, а также учащихся в возрасте от 14 до 15 лет - 24 часа в неделю.

Нормальная продолжительность рабочего времени на работах с вредными условиями труда - 36 часов в неделю. Сокращение нормальной

					Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Хакимов А.И.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубина О.Н.					69	86
Консульт.						г.р. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

продолжительности рабочего времени вводится в тех случаях, когда время ежедневной работы во вредных условиях составляет не менее 50 % рабочего времени [14].

В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, спец. обуви и других средств индивидуальной защиты [15].

При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных помещений, мест отдыха, проходов для людей, рабочих мест должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон, постоянно действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов – сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Находясь на территории производственной площадки, в производственных и бытовых помещениях, на участках работ и рабочих местах, работники, а также представители других организаций обязаны выполнять правила внутреннего трудового распорядка, принятые в данной организации. Территориально обособленные помещения, площадки, участки работ, рабочие места должны быть обеспечены телефонной связью или радиосвязью.

## 5.2 Производственная безопасность

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием ГОСТ 12.0.003–2015 [16]. Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Монтаж, эксплуатация и ремонт СКЗ	Определение коррозийной активности грунта	Проведение контрольных электроизмерений	
1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
2. Климатические и погодные условия на рабочем месте.	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
3. Загазованность рабочей зоны.	+	+	+	ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
4. Факторы, связанные с электрическим током.	+		+	ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. Повышенный уровень статического электричества.	+	+	+	ГОСТ 12.4.124-83 «Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Персонал службы электрохимической защиты магистрального нефтепровода подвержены воздействию вредных факторов:

1. Недостаточная освещенность на рабочем месте.

Рациональное производственное освещение имеет большое значение для создания благоприятных условий труда на предприятиях. Неудовлетворительное освещение затрудняет работу, снижает производительность труда, приводит к заболеваниям органов зрения и несчастным случаям. Световое излучение оказывает воздействие на органы зрения и весь организм, изменяя частоту пульса, нарушая процессы обмена и нервно-психическое состояние.

Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов.

## 2. Климатические и погодные условия на рабочем месте.

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

### 1. Загазованность воздуха рабочей зоны.

Загазованность на территории газодобывающего предприятия способствует появлению взрывоопасных смесей при достижении высокой концентрации.

Предельно допустимая концентрация природного газа в воздухе составлять 300 мг/м<sup>3</sup> согласно ГОСТ 5542-2014 [17].

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72



Работники службы электрохимической защиты магистральных трубопроводов от коррозии подвержены влиянию таких опасных факторов как:

1. Факторы, связанные с электрическим током.

Наибольшую опасность для жизни и здоровья человека оказывают повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которых может произойти через тело человека при приближении на расстояние менее допустимого к не изолированным токоведущим частям и элементам оборудования, находящимся под напряжением, а также при перемещении и работе в зонах растекания тока замыкания на землю, влияния электрического поля и наведенного напряжения.

Источником тока на объекте является преобразователь станции катодной защиты магистрального нефтепровода, воздушные линии электропередач (ВЛ).

2. Повышенный уровень статического электричества.

Статическое электричество образуется при трении двух диэлектриков друг о друга или диэлектриков о металл, при этом на поверхности трущихся веществ могут накапливаться заряды. При достижении определенной величины может произойти разряд, который способен вызвать воспламенение транспортируемой нефти или нефтепродукта.

### **5.2.2 Основные мероприятия по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов**

1. Недостаточная освещённость на рабочем месте

На рабочих местах, где отсутствует естественное освещение и условия освещения в целом оценены классом 3.2., можно снизить или устранить «вредность» за счет выполнения следующих мероприятий:

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

– защита временем (в случае пребывания работника в помещении без естественного освещения менее 25% рабочей смены, условия труда по естественному освещению оцениваются как допустимые (класс 2), а от 25% до 75% - как вредные 1-й степени (класс 3.1);

– улучшение условий, создаваемых искусственным освещением.

При работе на участке магистрального нефтепровода в условиях плохой видимости рекомендуется применение искусственного освещения. Рекомендуется комбинированное освещение согласно СНиП 23-05-95 (таблица 2) [18].

Таблица 5.2 – Рекомендуемые источники света при системе комбинированного освещения

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность при системе комбинированного освещения, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, $R_a$		Диапазон цветовой температуры источников света, $T_c$ , °К		Примерные типы источников света для освещения	
		общего	местного	общего	местного	общего	местного
Различие цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению	500	50	50	3500-5500	3500-5500	ЛБ (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400	40	50	3200-5000	3500-5000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	150, 200	35	50	3000-4500	3500-5000	ЛБ (ЛХБ), НЛВД+МГЛ, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)
	300, 400	35	50	3200-5000	2800-5000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ (ДРЛ), НЛВД+МГЛ	ЛБ (ЛХБ)
	150, 200	25	50	2400-4500	2800-4500	ЛБ (ЛХБ), НЛВД, МГЛ (ДРЛ)	ЛБ (ЛХБ)

## 2. Климатические и погодные условия на рабочем месте.

Для предотвращения локального охлаждения работающие обеспечиваются головными уборами, рукавицами, обувью. При температуре воздуха ниже – 40°С следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей. В целях более быстрой нормализации теплового состояния и меньшей скорости охлаждения организма в последующий период пребывания на холоде в помещении для обогрева следует снимать верхнюю утепленную одежду.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица.

## 3. Загазованность воздуха рабочей зоны

Требуется постоянный контроль за концентрацией природного газа в воздухе, недопущение утечек газа из установок. Для периодических замеров работнику следует применять переносной газоанализатор. На установках должны предусматриваться мероприятия по предотвращению влияния токсичности газов на работающих (герметизация установок, газоулавливание и отвод газа для утилизации). Отбор проб воздуха к датчику газоанализатора следует производить на рабочих местах помещений и открытых площадках на наиболее опасных и возможных (в смысле выделения газов) уровнях. Необходимо устанавливать не менее 1 датчика на каждые 100 м<sup>2</sup> площади помещения согласно ОСТ 51-45-76 [19].

## 4. Факторы, связанные с электрическим током.

Во избежание поражения электрическим током работник службы электрохимической защиты должен придерживаться правил Постановления, утвержденных Министерством труда и социального развития Российской Федерации от 12 мая 2003 г. №27 [20].

Требования охраны труда при эксплуатации установок электрохимической защиты от коррозии и электрических измерениях на

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

нефтепроводах [21]:

– при техническом обслуживании установок электрохимической защиты (далее – установки) запрещается очищать контакты реле без отключения от сети переменного тока, касаться руками электрической схемы преобразователя, производить чистку шкафа от пыли, снега и загрязнения;

– при включении установок следует вначале подключить нагрузку, а затем включить переменный ток. Отключение производится в обратном порядке;

– при проведении электрических измерений на контрольных пунктах нефтепроводов, расположенных на проезжей части автомобильной дороги, на путях трамвая и электрифицированного железнодорожного транспорта, один из работников должен, выставив предупредительный знак, вести наблюдение за движением транспорта и следить за безопасностью работ;

– при длительных электрических измерениях и интенсивном движении транспорта измерительные приборы следует устанавливать в безопасной зоне, подключая их к контрольным пунктам нефтепроводов и другим точкам измерения посредством кабеля или изолированных и заключенных в резиновую трубку проводов;

– электрические измерения на контрольных пунктах нефтепроводов, расположенных на путях электрифицированного железнодорожного транспорта, производятся после согласования проведения измерений с организацией, эксплуатирующей данный участок железной дороги;

– при проведении электрических измерений на контрольных пунктах нефтепроводов, расположенных на путях трамвая и электрифицированной железной дороги, на тяговых подстанциях и дренажных установках, персоналу запрещается: - прикасаться непосредственно или через другие предметы к контактному проводу или оборудованию, находящемуся под напряжением; - приближаться на расстояние менее 2 м к контактной сети, не огражденным проводникам или частям контактной сети; - прикасаться к оборванным

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

проводам контактной сети и находящимся на них посторонним предметам; - подниматься на опоры контактной сети.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации регламентируются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [22].

#### 5. Повышенный уровень статического электричества

Для защиты от статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, газо- и конденсаторопроводы, насосы и т.д. должны быть заземлены. Заземление проверяется периодически один раз в год, а также после ремонтных работ [23].

Средства коллективной защиты от статического электричества для работы со станцией электрохимической защиты являются:

- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические боты;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками;
- указатели напряжений.

### 5.3 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это система мер, направленная на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, разумное использование природных ресурсов, предупреждающая вредное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

Для организации охраны окружающей среды от негативного воздействия при замене средств электрохимической защиты первоочередной

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		77

задачей является определение конкретных источников негативного воздействия на основной элемент окружающей природной среды рассматриваемой территории – на земельные и лесные ресурсы.

В таблице 5.3 представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 5.3 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при установке средств электрохимической защиты магистрального нефтепровода

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Литосфера	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
Атмосфера	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу по причине не плотности технологического оборудования	Проверка оборудования на прочность и герметичность. Соблюдение правил эксплуатации. Оснащение системой контроля загазованности.
Гидросфера	Попадание в гидросферу загрязняющих веществ, таких как нефть, масла, растворители, электролиты, несоблюдения правил эксплуатации оборудования, износа уплотнений насосов	Своевременный осмотр оборудования и устранение несоответствий паспортным требованиям. Своевременная уборка отходов в специально отведенные места с дальнейшей транспортировкой до мест переработки

В целях охраны и рационального использования земельных ресурсов при производстве строительно-монтажных работ должны соблюдаться следующие основные требования к их проведению:

- неукоснительное соблюдение границ отведенных при замене ЭХЗ земельных участков и исключение сверхнормативного изъятия земель;
- недопущение захламления строительной зоны мусором, отходами изоляционных покрытий и других материалов, а также загрязнение ее горюче-смазочными материалами;
- использование парка строительных машин и механизмов, имеющих минимально возможное удельное давление ходовой части на подстилающие грунты, в целях снижения техногенного воздействия;
- своевременное и качественное выполнение всех природоохранных мероприятий, таких как противоэрозионные мероприятия и техническая рекультивация;
- использование природо- и ресурсосберегающих технологий проведения строительно-монтажных работ, позволяющих сократить потребность в древесине, песчано-гравийном грунте и др.;
- рациональное использование материальных ресурсов, снижение объема отходов производства с их последующей утилизацией или обезвреживанием.

По окончании реконструкции земли подлежат рекультивации, которая заключается в приведении земель в состояние, пригодное для их дальнейшего использования по назначению. Рекультивация земель является одной из важнейших составляющих комплекса мероприятий по восстановлению природных ресурсов [24].

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Магистральный нефтепровод является опасным производственным объектом, т.к. по нему транспортируется опасное вещество – сырая нефть в количествах больше, чем пороговые. Собственно объект строительства - система электрохимической защиты магистрального нефтепровода от

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

коррозии в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. не относится к опасным производственным объектам [25].

Опасная зона наземных объектов строительства ограничена ограждением. Поражение людей, случайно оказавшихся в зоне действия поражающих факторов при аварии маловероятно.

В районе установки средств ЭХЗ возможно возникновение чрезвычайной ситуации техногенного характера – пожары (взрывы). Пожарная безопасность проектируемых объектов обеспечивается строительными конструкциями и применяемыми материалами необходимой огнестойкости. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров. Общие требования пожарной безопасности изложены в Федеральном законе от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 13.07.2015).

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на четыре основные группы: [26]

- 1) предупреждение пожаров, т.е. исключение причин их возникновения;
- 2) ограничение сферы распространения огня;
- 3) обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из очага пожара;
- 4) создание условий для эффективного тушения пожара.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж.

Применяемое оборудование по пожаро- и взрывозащите в службе ЭХЗ на станциях катодной защиты соответствует категории- Д.

В помещении блочно-комплектного устройства ЭХЗ предусмотрены первичные средства пожаротушения. К ним относятся асбестовое полотно, песок, лопата, кошма, ведро, ручные и переносные огнетушители.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80



В ходе выполнения задания по разделу «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, которые могут оказать влияние на организм человека при работе с установкой электрохимической защиты. Был сделан вывод, что основным негативным фактором воздействия на почву является загрязнение ее нефтепродуктами, а наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией – возгорание установки ЭХЗ.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена литература в сфере противокоррозионной защиты. Были рассмотрены основные механизмы протекания коррозии. Также рассмотрели основные виды противокоррозионной защиты магистральных нефтепроводов.

Был произведен анализ существующих методов активной защиты нефтепроводов от коррозии. Рассмотрели методики, которые позволяют сделать и обосновать выбор оборудования, а также методики, позволяющие предсказать поведение коррозионных процессов. Также были выявлены основные преимущества методик и их недостатки.

Расчет противокоррозионной защиты выявил основные параметры установки катодной защиты такие как: средняя сила тока равна 2,32 А, длина защищаемой зоны составила 6651,5 м, число анодов равно четырем, срок службы проектируемого анодного заземления составил 136 лет, мощность катодной станции составила 40,83 Вт, число СКЗ равно 17. Также был составлен прогноз интенсивности коррозионных процессов на участке магистрального нефтепровода. При усредненных значениях параметров: защитного потенциала равного минус 1,3 В, силе тока равной 8 А, удельного сопротивления грунта равного 1806,85 Ом · м и удельного сопротивления антикоррозионного покрытия равного 39,22 Ом · м<sup>2</sup> значение скорости коррозии составило 0,084 мм/год, данный участок относится к зоне умеренной коррозионной опасности.

На основе технических и экономических расчетов выбрали катодную станцию марки НГК– ИПКЗ(М)– 0,6(48)– У1, с номинальной мощностью, равной 0,6 кВт, с номинальным суммарным током равным 12,5 А при

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода			
Разраб.		Хакимов А.И.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубина О.Н.					82	86
Консульт.						г.р. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

выходном напряжении равным 48 В.

В заключении, хотелось бы сказать, что процесс коррозии является по своей природе необратимым, но инженер обязан уметь в своих силах уменьшить воздействие коррозионных процессов путем своих навыков, а именно применяя средства электрохимической защиты, тем самым обеспечив надежность и долговечность металлической конструкции.

					<i>Заключение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

## Список литературы

1. Ткаченко В.Н. Электрохимическая защита трубопроводных сетей: учебное пособие – Москва: СтройиздатЮ 2004. – 320 с.;
2. Хижняков В.И. Сопротивление материалов. Коррозионное растрескивание: учеб. пособие для прикладного бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 5 с.;
3. Хайдерсбах Р. Защита от коррозии и металловедение оборудования для добычи нефти и газа: пер. с англ. яз.; под ред. Ф. М. Хуторянского. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. – 24 – 145 с.;
4. ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины. – Введ. 01.01/ – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1969. – 12с.
5. Основные закономерности протекания атмосферной коррозии. [Электронный ресурс]. URL: <http://transenergostroy.ru/blog/20131030/рис.%202.jpg>. (Дата обращения 11.02.2020)
6. Мустафин Ф.М., Кузнецов М.В., Быков Л.И. Защита от коррозии. Т. 1. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2004. – 806 с.
7. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учебник для вузов. – 4-е издание, испр. – М.: Высш. шк., Изд. центр «Академия», 2001. – 743с.
8. Кудрявцев А.А., Разинская О.И. Коррозия трубопроводов. современные методы защиты [Текст] / Кудрявцев А.А., Разинская О.И. // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. – 2015. №1-1. – С. 61–64.
9. СТО Газпром 9.2–002–2009. Защита от коррозии. Электрохимическая защита от коррозии. Основные требования. Москва: Издательство стандартов,

					<i>Выбор параметров электрохимической защиты для участка магистрального нефтепровода</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хакимов А.И.</i>			<i>Список литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубина О.Н.</i>					84	86
<i>Консульт.</i>						<i>гр. 2Б6А ОНД ИШПР ТПУ</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

2010.

10. Додонова А.А., Виноградова С.С., Тазиева Р.Ф. Разработка электронного учебного пособия "Инженерные расчёты коррозионных систем" для бакалавров направления "Химическая технология" [Текст] / Додонова А.А., Виноградова С.С., Тазиева Р.Ф. // Управление устойчивым развитием. – 2017. №6 (13). – С. 84–89.

11. СТО Газпром 9.2–003–2009. Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений. Москва: Издательство стандартов, 2009.

12. Скуридин Н.Н, Кузнецов А.А., Неганов Д.А., Глушков С.Ю. Применение методов статистической обработки данных для оценки коррозионного состояния магистральных нефтепроводов [Текст] / Скуридин Н.Н, Кузнецов А.А., Неганов Д.А., Глушков С.Ю. // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2012. №2 (6). – С. 91–95.

13. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А., Шаповалова Н.В., Тухватулина Л.Р., Криницына З.В.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

14. ПОТ Р О–112–001-95 Правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз и автозаправочных станций.

15. Приказ Минздравсоцразвития России от 01.06.2009 № 290н «Об утверждении Межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты».

16. ГОСТ 12.0.003–2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. –

					<i>Список литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

Введ. 2017-03-01. – М.: Пермский национальный исследовательский политехнический университет. 2015. –28 с.

17. ГОСТ 5542–2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. – М: Стандартиформ, 2015.

18. СНиП 23–05–95. Естественное и искусственное освещение.

19. ОСТ 51–45–76. Газодобывающие предприятия. Эксплуатация установок по сбору и подготовке газа к транспорту. Требования безопасности. (Введен в действие приказом Министерства газовой промышленности от 15 декабря 1975 г. N 143);

20. Постановление Минтруда РФ от 12.05.2003 N 27 "Об утверждении Межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации газового хозяйства организаций" (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.06.2003 N 4726);

21. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.

22. ГОСТ Р 12.1.019–2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты.

23. ГОСТ 12.4.124–83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. 1984.

24. Мустафин Ф.М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями. Уфимский государственный нефтяной технический университет. Нефтегазовое дело 2003. – 24 с.

25. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

26. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

					<i>Список литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86