

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

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 |
| Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке |
| УДК <u>622.691.4(24):620.193</u> |

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------|---------|------------|
| 2Б4Б | Копырин К.П. | | 26.05.2018 |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД | Брусник О.В. | к.п.н. доцент | | 26.05.2018 |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| ассистент ОСГН | Макашева Ю.С. | | | 21.05.2018 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|------------------------|---------|------------|
| ассистент ОКД | Абраменко Н.С. | | | 22.05.2018 |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| ОНД ИШПР | Брусник О.В. | к.п.н, доцент | | 26.05.2018 |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

| <i>Код результата</i> | <i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i> | <i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i> |
|--|---|--|
| <i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i> | | |
| Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» | | |
| 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 | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i> |
| P2 | Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i> |
| <i>в области производственно-технологической деятельности</i> | | |
| P3 | Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов | <i>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).</i> |
| 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 | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i> |
| <i>в области организационно-управленческой деятельности</i> | | |
| 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 | <i>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).</i> |
| P6 | Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазового промышленного оборудования | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i> |
| <i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i> | | |
| P7 | Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i> |
| <i>в области проектной деятельности</i> | | |
| P8 | 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 | <i>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-e).</i> |

| Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки» | | |
|---|---|---|
| P9 | Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН | <i>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".</i> |
| P10 | Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН | <i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i> |
| P11 | Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН | <i>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".</i> |

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

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

 (Подпись) (Дата) **Брусник О.В.**
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|--------------------------------|
| 2Б4Б | Копырину Константину Петровичу |

Тема работы:

| | |
|---|------------------------|
| «Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке» | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | № 3032/с от 27.04.2018 |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 20.06.2018 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Условным объектом исследования является магистральный газопровод «3108», с длиной 60 км, имеющих диаметра и толщину стенки трубопровода, соответственно 1020 мм и 12 мм.</p> <p>В этой работе рассмотрены методы борьбы с коррозией трубопроводов при подземной прокладке. Сама работа направлена на защиту подземных трубопроводов 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 двумя способами поддержания эксплуатационных свойств МГ.</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изучение основных нормативных документов и обзор литературных источников; 2. Провести анализ методов борьбы с коррозией трубопроводов при подземной прокладке; 3. Сделать расчет электрических характеристик трубопровода, расчет катодной защиты и анодного заземления; 4. По полученным данным произвести выбор оборудования. <p>Дополнительные разделы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; • «Социальная ответственность». |
| <p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | нет |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|---|---|
| «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | Макашева Юлия Сергеевна, ассистент ОСГН |
| «Социальная ответственность» | Абраменко Никита Сергеевич, ассистент ОКД |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 01.02.2018 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------|---------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОНД | Брусник Олег Владимирович | к.п.н., доцент | | 01.02.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| 2Б4Б | Копырин Константин Петрович | | 01.02.2018 |

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

Студенту:

| | |
|---------------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2Б4Б | Копырин Константин Петрович |

| Инженерная школа | Природных ресурсов | Отделение | Нефтегазового дела |
|---------------------|--------------------|---------------------------|--|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки» |

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

| | |
|---|---|
| <i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | <i>Оценка затрат на приобретение, годовое обслуживание, демонтаж устаревшего и монтаж нового оборудования средств электрохимической защиты от коррозии магистрального газопровода</i> |
| <i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <i>СТО Газпром РД 1.12-096-2004</i> |
| <i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016г. № 55-ФЗ</i> |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i> | <i>Оценка экономических показателей от внедрения систем ЭХЗ</i> |
| <i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i> | <i>– Расчет капитальных вложений на строительство предлагаемого объекта (станция катодной защиты).</i> |
| <i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i> | <i>– расчет эксплуатационных издержек; – расчет экономической эффективности</i> |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| | |
|--|--|
| <p><i>1. Расчетные формулы</i></p> <p><i>2. Таблицы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Стоимость оборудования;</i> • <i>Амортизационные отчисления для оборудования электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов;</i> • <i>Затраты на материалы;</i> • <i>Затраты на демонтаж старого и на монтаж нового оборудования;</i> • <i>Фонд оплаты труда;</i> • <i>Социальные отчисления;</i> • <i>Экономическое обоснование проекта;</i> | |
|--|--|

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 26.03.2018 |
|--|------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|---------------------------|---------|------------|
| Ассистент ОСГН | Макашева Ю.С. | | | 26.03.2018 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| 2Б4Б | Копырин Константин Петрович | | 26.03.2018 |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2Б4Б | Копырин Константин Петрович |

| | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------------|--|
| Инженерная школа | Природных ресурсов | Отделение | Нефтегазового дела |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки» |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| <p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) | <p>Условным рабочим местом является магистральный газопровод «3108» высокого давления, применяемый для транспортировки газа. Исследуемый участок расположен в пределах Кемеровского региона.</p> <p>Время работ по замене установки катодной защиты с применением анодного заземления магистрального газопровода составляет шесть месяцев. Режим работы средств электрохимической защиты круглогодичный.</p> |
| <p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p> | <ul style="list-style-type: none"> – СНиП 23-05-95; – ГОСТ 12.0.003-74; – ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ; – ЕСУНТ. Единая система управления нормирование труда в ОАО «Газпром»; – Постановление Правительства РФ от 15 июля 1999 г. N 825; – ГОСТ 5542-2014; – ОСТ 51-45-76; – Постановление Минтруда РФ от 12.05.2003 N 27; – ГОСТ Р 51164-98.; – ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ.; – ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ.; – Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) – ЕСУОТ. Единая система управления охраной труда в ОАО «Газпром»; – Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) " – СТО Газпром 9.2-005-2009 |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | <p>Работа непосредственно связана с дополнительным воздействием целой группы вредных факторов, что существенно снижает производительность труда.</p> <p>К таким факторам можно отнести:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; 2. Климатические и погодные условия на рабочем месте; 3. Укусы насекомых; 4. Движущиеся газообразные объекты в рабочем месте. |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | <p>Также во время работ могут возникнуть опасные ситуации для обслуживающего персонала, к ним относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Факторы, связанные с электрическим током; 2. Факторы физической природы (обусловленные свойствами воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться и т.п.). |
| <p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>При замене защиты средств ЭХЗ магистрального газопровода будет оказываться негативное воздействие, в основном, на состояние земельных и лесных ресурсов. Нарушения, производимые в процессе строительства, оказывают негативные воздействия на состояние природных ландшафтов, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нарушения сложившихся форм естественного рельефа в результате выполнения различного рода земляных работ, таких как рытье траншей, котлованов, отсыпка насыпей; - ухудшение физико-механических и химико-биологических свойств почвенного слоя; - нарушения защитных и регулирующих функций лесного массива при проведении работ по расчистке территории от лесорастительности. |

| | |
|---|--|
| <p>4. <i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> – <i>выбор наиболее типичной ЧС;</i> – <i>разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</i> – <i>разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</i> – <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</i> | <p><i>В районе деятельности возможно возникновение следующих видов чрезвычайных ситуаций:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>техногенного характера – пожар (взрыв);</i> <p><i>Пожарная и взрывная безопасность.</i></p> |
| <p>5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</i> – <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</i> | <p><i>Для эффективности работы в ПАО «Газпром» внедрены: Единая система управления нормированием труда (ЕСУНТ) и Единая система управления охраной труда (ЕСУОТ).</i></p> |
| <p>Перечень графического материала:</p> | |
| <p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p> | |

| | |
|--|-------------------|
| <p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p> | <p>02.04.2018</p> |
|--|-------------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------|-----------------------|------------------------|---------|-------------------|
| <p>Ассистент ОКД</p> | <p>Абраменко Н.С.</p> | | | <p>02.04.2018</p> |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|-------------|------------------------------------|---------|-------------------|
| <p>2Б4Б</p> | <p>Копырин Константин Петрович</p> | | <p>02.04.2018</p> |

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

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 _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|-------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 20.06.2018г |
|--|-------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 09.02.2018 | <i>Характеристика условного производственного объекта</i> | 10 |
| 21.02.2018 | <i>Введение</i> | 10 |
| 15.03.2018 | <i>Анализ существующих методов электрохимической защиты трубопровода при прокладке подземным способом, противокоррозионный расчет, а именно электрические характеристики трубопровода, расчет параметров катодной защиты и анодного заземления.</i> | 30 |
| 22.03.2018 | <i>Разработка рекомендации по полученным результатам и выбор станции катодной защиты. анодного заземления и электрода сравнения.</i> | 15 |
| 02.04.2018 | <i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i> | 10 |
| 11.04.2018 | <i>Социальная ответственность</i> | 10 |
| 18.04.2018 | <i>Заключение</i> | 5 |
| 30.04.2018 | <i>Презентация</i> | 10 |
| <i>Итого</i> | | <i>100</i> |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|------------------------|---------|------------|
| доцент | Брусник О.В. | к.п.н., доцент | | 01.02.2018 |

СОГЛАСОВАНО:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| ОНД ИШПР | Брусник О.В. | к.п.н., доцент | | 01.02.2018 |

Сокращения

В ходе процесса работы ВКР применены следующие сокращения:

- МГ – магистральный газопровод;
- ЭХЗ – электрохимическая защита;
- СКЗ – станция катодной защиты;
- УКЗ – установка катодной защиты;
- КМО – комплекс модульного оборудования;
- СМЭС – стационарный медно – сульфатный электрод сравнения;
- ВЭ – вспомогательные электроды;
- КЗ – кабельный зажим;
- ТС – термитная сварка;
- АЗ – анодное заземление;
- ПХГ – подземное хранилище газа;
- ГРС – газораспределительная станция;
- КС – компрессорная станция;
- ГПЗ – газоперерабатывающий завод;

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 17 |
| Литературный обзор | 19 |
| 1. Общая часть | 21 |
| 1.1. Виды коррозионных процессов | 21 |
| 1.2. Механизм возникновения электрохимической коррозии. | 23 |
| 1.3. Категории коррозионно-опасных участков..... | 27 |
| 1.4. Факторы, влияющие на коррозионную скорость. | 31 |
| 1.5. Коррозия при подземной прокладке | 34 |
| 1.5.1 Виды коррозии при подземной прокладке..... | 34 |
| 1.6. Методы защиты от коррозии при подземной прокладке. | 35 |
| 1.6.1. Общие представления пассивной защиты..... | 36 |
| 1.6.2. Активная защита | 37 |
| 1.6.3. Катодная защита..... | 37 |
| 1.6.4. Протекторная защита..... | 39 |
| 1.6.5. Электродренажная защита от блуждающих токов..... | 40 |
| 2. Объект и методы анализа | 43 |
| 2.1. Характеристика условного объекта | 43 |
| 2.2. Методы анализа | 45 |
| 2.3. Расчет электрических характеристик газопровода | 45 |
| 2.4. Расчет параметров установок катодной защиты | 49 |
| 2.5. Расчет параметров анодного заземления. | 53 |
| 3. Обоснование проведенного анализа по результатам данных..... | 56 |
| 3.1. Выбор анодного заземления..... | 56 |
| 3.2. Выбор электрода сравнения..... | 61 |
| 3.3. Выбор типа установки катодной защиты..... | 66 |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбереж..... | 71 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|--|---------------|-------------|---------------|
| | | | | | <i>Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Копырин К.П.</i> | | | Оглавление | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>Брусник О.В.</i> | | | | | 15 | 101 |
| <i>Консульт.</i> | | | | | | НИ ТПУ | | ИШПР |
| <i>Рук-ль ООП</i> | | <i>Брусник О.В.</i> | | | | ГРУППА | | 254Б |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Оценка коммерческого потенциала и перспективностим проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбереж.. | 71 |
| 4.2 | Расчет затрат на реализацию проекта..... | 72 |
| 4.2.1 | Расчет капитальных затрат | 72 |
| 4.2.2 | Расчет эксплуатационных издержек | 79 |
| 4.3 | Расчет экономической эффективности..... | 80 |
| 5. | Социальная ответственность | 83 |
| 5.1 | Производственная безопасность..... | 83 |
| 5.2 | Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 85 |
| 5.3 | Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению | 89 |
| 5.4 | Экологическая безопасность..... | 92 |
| 5.5 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях..... | 94 |
| 5.6 | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. | 95 |
| | Заключение | 98 |
| | Список литературы: | 99 |

Введение

В современных условиях защита от коррозии магистральных газопроводов в процессе длительной эксплуатации является одним из важнейших способов обеспечения их безотказной работы. В настоящее время в России протяженность трубопровода составляет около 250 тыс. км. Из них больше 46% всех трубопроводов используются более 20 лет. Часть из них 20% газопроводов превысила 30 – летний период. При одновременном воздействии коррозионных сред трубы эксплуатируются при рабочих давлениях до 5,5...7,5 МПа. Коррозионный отказ является главным фактором, понижающим надежность. Подавляющая часть газопроводов России вошла в тот этап, характеризуемый появлением разных видов повреждений труб от коррозии и увеличением вероятности появления аварийного отказа.[1]

Существуют множество систем классификации коррозии, но наиболее распространенные ее формы были описаны в сороковые годы прошлого века М. Фонтана в серии статей, написанных им для Chemical and Engineering News, а затем опубликованных в виде научного пособия во время его преподавательской деятельности в университете штата Огайо.[2]

Коррозия – это самопроизвольный физико – химический процесс разрушения металла. Его актуальность на сегодняшний день является один из самых сложных проблем в сфере нефтегазовой отрасли. На основе нормативных документов, государственных стандартов или других технологических инструкций разрабатывают план мероприятий по защите от коррозии.

На магистральных и промысловых трубопроводах строго обязано иметь изоляционное покрытие, средства электрохимической защиты или

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|---|------|--------|
| | | | | | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Введение | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 17 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ ГРУППА ИШПР 254Б | | |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | | | |

других альтернативных вариантов. Для того, чтобы осуществить защиту, надо учесть факторы, такие как: проект строительства трубопровода, технологический режим работы, состояние почвы, климата и коррозионные условия трассы.

Главная задача газотранспортных и газодобывающих предприятий – это бесперебойная транспортировка газа по трубопроводу. Цель работы – повышение эксплуатационных свойств магистрального газопровода путем применения метода катодной защиты с анодным заземлением.

Задачи, поставленные на основе цели:

1. Изучение основных нормативных документов по электрохимической защите подземных трубопроводов;
2. Анализ методов борьбы с коррозией трубопроводов при подземной прокладке;
3. Противокоррозионный расчет электрохимической защиты на примере МГ «3108»;
4. Разработка рекомендации по применению метода катодной защиты с анодным заземлением с подбором оборудования.

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

Литературный обзор

При выборе своей квалификационной работы, была составлена следующая задача – изучение отечественных литератур в области защиты подземных сооружений и трубопроводов от коррозии. На сегодняшнее время данная проблема имеет большую значимость в нефтегазовой отрасли.

В ходе изучения проблемы коррозии, хочу выделить автора В.Н. Ткаченко. 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.

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

Также неравнодушно отношусь к сборнику конспектов лекций «Противокоррозионная защита. Выпуск1». Его разработали в ООО «Газпром трансгаз Томск». В данном сборнике приведены методы защиты от коррозии при подземной прокладке.

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

Кроме вышеуказанных литератур, хотелось бы добавить учебное пособие для вузов Медведевой М.Л., Мурадова А.В. и Прыгаева А.К. «Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров». Автора

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|--------------------|------|--------|
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Литературный обзор | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 19 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ | | |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | ГРУППА ИШПР | | |
| | | | | | 254Б | | | |

подчеркивают коррозионные поражения магистральных трубопроводов и даны рекомендации по защите от коррозии, которые являются актуальными в настоящее время.

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. 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>Литературный обзор</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 20 |

1. Общая часть

1.1. Виды коррозионных процессов

Существует несколько принципов классификации коррозионных процессов:

По механизму протекания химической реакции:

- **Химическая** – это один из видов коррозионного разрушения, последствием реакции коррозионной среды и металла.
- **Электрохимическая** – это вид коррозионного разрушения, который наблюдается при электрическом контакте металла и коррозионной среды. Сам процесс протекает не одновременно.

По условиям протекания:

- **атмосферная коррозия** – это коррозия, содержащая пары воды, в атмосфере воздуха или другого газа
- **газовая** – это коррозия при значительных высоких температурах и под воздействием газов;
- **жидкостная** – это коррозия, процесс которого происходит в жидкой среде. Различается на коррозию в неэлектролитах и электролитах;
- **почвенная** – это коррозия металлических сооружений и конструкций при среде почвенных электролитов;
- **биокоррозия** – это коррозия, разрушение которого происходит на основе влияния живых микроорганизмов;
- **структурно - избирательная** – это коррозионный процесс, при котором одна из фазовых составляющих сплава удаляется и создается измененная остаточная структура;
- **коррозия из – за блуждающих токов** – это коррозия, разрушение которого происходит на основе влияния блуждающего ток;

| | | | | | | | | |
|------------|--------------|----------|---------|------|---|---------------|------|-------------|
| | | | | | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
| Разраб. | Копырин К.П. | | | | Общая часть | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | Брусник О.В. | | | | | 21 | 101 | |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ | | ИШПР |
| Рук-ль ООП | Брусник О.В. | | | | | ГРУППА | | 254Б |

- **коррозия контактная** – это вид коррозии при котором коррозионная стойкость двух разных по свойствам металлов имеет различные значения потенциала на границе контакта в присутствии электролита;
- **щелевая коррозия** – вид поражения, которое развивается в щелях и зазорах с большой скоростью.;
- **коррозионная кавитация** – это коррозия, которая рушит металлическую поверхность при одновременном взаимодействии коррозионного процесса и ударного воздействия внешней среды;
- **коррозия трения** – это коррозия, которая появляется при воздействии коррозионной среды и металл трения одновременно[2];

По характеру разрушения коррозионного:

- **сплошная** - охватывает все поверхности металлов, которые находятся под действием среды коррозионной;
- **местная** – растет только на некоторых зонах поверхностей металлов.

Сплошной вид коррозии разделяется на: неравномерную, избирательную и равномерную.

Местная коррозия различается: питтинговой, пятнами, язвенной, межкристаллитная, сквозная, нитевидной, ножевой, подповерхностной, коррозионной хрупкостью и коррозионным растрескиванием.

Электрохимическая коррозия происходит на поверхностях металлов из – за окисления в электролите – коррозионной среде. В качестве электролита могут быть морская и грунтовая вода, вода рек, щелочей, растворы кислот, болот, солей и т.д. Основная особенность этого вида является то, что сам процесс протекает с помощью тока электрического. Данная коррозия в использовании подземного трубопровода более подвержена ему, а именно на наружных поверхностях резервуаров и трубопроводов, воздействующимися атмосферными и почвенными электролитами[6].

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 22 |

1.2. Механизм возникновения электрохимической коррозии.

В большинстве случаев коррозия подразумевает окисление металла с сопутствующими эквивалентными реакциями восстановления, при которых потребляются электроны.

Всем известно, что разные металлы подвержены к различным степеням коррозионного процесса. Чтобы узнать какой из них является менее или более коррозионно стойким анализируем процесс появления коррозии электрохимической. На рисунке видно, что для осуществление этой физико-химической реакции необходимо чтобы был контакт между электролитом и металлом.

Заряжаемые положительно ионы металла все время соприкасаются с электролитом, входят в электролит, оставив некое количество отрицательного заряда, и обратно возвращаются [3]. При равенстве количества вернувшихся обратно ионов с количеством перешедших в раствор ионов, то устанавливается динамическое равновесие на металле, при том в металле не происходит коррозия (рисунок 1.1).

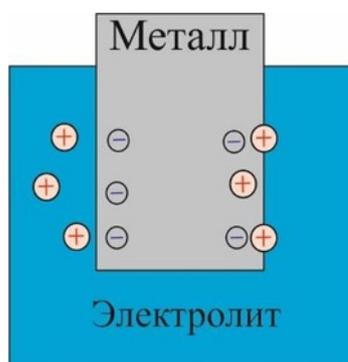


Рисунок 1.1 Перемещение в электролит положительно заряженного иона металла.

Если количество положительных ионов металла, попавшие в электролит, больше чем количество ионов, вернувшиеся обратно, то металл корродирует. Следовательно, отрицательно заряженные ионы остаются на металле. Чем медленнее совершаются процесс перемещение ионов, тем меньше образуются отрицательные ионы.

Такой металл считают более коррозионностойким, иными словами менее подвержен к коррозии (рисунок 1.2).

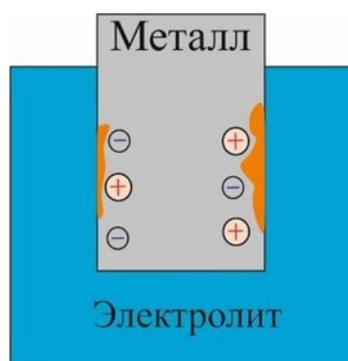


Рисунок 1.2 Процесс электрохимической коррозии

Немецкий химик Нернст, лауреат Нобелевской премии по химии 1920г., в 1888г. впервые опубликовал уравнение, которое объясняет то, как потенциалы анодных и катодных реакций зависят от изменения температуры и химического состава среды. Электрохимический потенциал, который показывает значение степени способности перехода металла в раствор в ионную фазу, рассчитывается по формуле[2].

$$E = E_0 - \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{[\text{продукты}]}{[\text{реактивы}]} \quad (1)$$

где E_0 – потенциал металла нормальный;

R – универсальная газовая постоянная = 8,31 Дж/грамм·моль;

T – абсолютная температура по Кельвину;

n – заряд восстанавливаемого иона;

[продукты/реактивы] – равновесные концентрации.

Чем выше значение электрохимического потенциала металлов, тем медленнее совершаются процессы перехода ионов металлов в электролит. Другими словами металл менее подвержен к коррозии. Некоторые значения нормальных потенциалов металлов (таблица 1.1).

Таблица 1.1 Некоторые значения электродных потенциалов

| Металл | Электронный процесс | Значение потенциала, В |
|----------|---------------------|---------------------------|
| Золото | $Au^{3+} + 3e = Au$ | +1,498 |
| Платина | $Pt^{2+} + 2e = Pt$ | +1,200 |
| Серебро | $Ag^+ + e = Ag$ | +0,799 |
| Медь | $Cu^{2+} + 2e = Cu$ | +0,337 |
| Свинец | $Pb^{2+} + 2e = Pb$ | -0,126 |
| Железо | $Fe^{2+} + 2e = Fe$ | -0,440 |
| Цинк | $Zn^{2+} + 2e = Zn$ | -0,763 |
| Алюминий | $Al^{3+} + 3e = Al$ | -1,662 |
| Магний | $Mg^{2+} + 2e = Mg$ | -2,363 |
| Натрий | $Na^+ + e = Na$ | -2,714 |

Вышеперечисленной таблице можно составить вывод, что разные металлы имеют разные значения потенциалов по знаку. Металлы, имеющие отрицательные значения, по отношению к раствору электролита заряжены отрицательно. В итоге, что чем отрицательнее значение потенциала у металла, то при контакте с электролитом менее прочно удерживает ионы. Следовательно, металл больше склонен к коррозии.

Электрохимическая коррозия, образующаяся на поверхности металла, связана с работой гальванических элементов (рисунок 1.3). Основная причина – поверхность металла неоднородная из – за увлажнения, каверн, примесей пор, трещин и т.п.. На основе этого образуются участки с разным электрохимическим потенциалом на поверхности металла. Видно, что образуются участки, имеющие меньший и больший отрицательный потенциал(катод и анод) на поверхности металла. Впоследствии образуются коррозионные пары [3].

Электролит при взаимодействии с металлов приводит к двум электронным процессам: катодный и анодный. Процесс анодный – переход в раствор электролита ионов металла, где протекает гидратация. А к катоду возвращаются оставшиеся электроны. В итоге происходит разрушение металла на аноде.

Процесс катодный (ассимиляция) - это процесс захватывания электронов в избытке, появившихся с помощью деполяризатора. Существуют два вида деполяризатора: водородный и кислородный. Соответственно, водородная деполяризация и кислородная деполяризация. Процессы протекают взаимно связанно между собой и торможение одного из них, дает замедление другого.

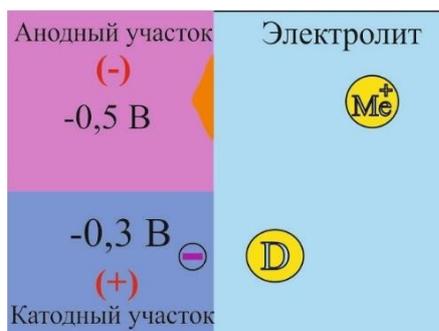


Рисунок 1.3 Механизм протекания коррозии электрохимической.

Таким образом, сам процесс электрохимической коррозии альтернативен короткозамкнутому гальваническому процессу элемента на поверхности неоднородного металла.

В трубопроводе, вследствие из – за различных неоднородностей также возникают коррозионные пары: катодные и анодные участки с разным значением электрохимического потенциала поверхности, приводящая к образованию коррозии (рисунок 1.4).

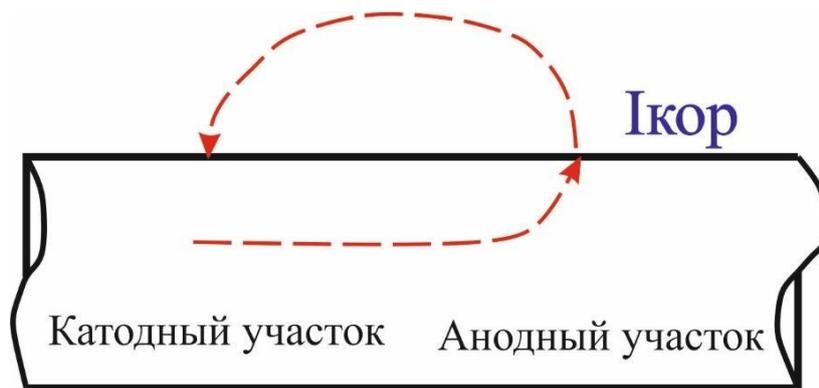


Рисунок 1.4 Образование коррозионных пар в трубопроводе при подземной прокладке.

1.3. Категории коррозионно-опасных участков

Магистральные трубопроводы, как правило, являются заглубленными системами. Основной средой, окружающей их, являются почвы и грунты.

Для металлических и подземных конструкций или сооружений, показателями появления коррозии будут[3]:

- действие постоянного и переменного тока (блуждающий ток);
- коррозионная агрессивность грунта.

Трубопроводы должны подразделяться по степени коррозионной опасности. Критерии определения степени коррозионной опасности представлены ниже (таблица 1.2) [7].

Таблица 1.2 Критерии по степени коррозионной опасности

| Степень коррозионной опасности и | Критерии | | | Категории надежности электроснабжения УКЗ |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| | Наличие коррозионных отказов | Скорость коррозии, мм/год | Участки техногенной опасности | |
| Высокая | + | Более 0,3 | Объекты по 8,11 | 2 |
| Повышенная | - | От 0,1 до 0,3 | Объекты по 8,16 | 2,3 |
| Умеренная | - | Менее 0,1 | - | 2,3 |

Еще один немаловажный фактор коррозионная агрессивность грунта. Она характеризуется значениями средней плотности и катодного тока, которые приведены ниже (таблица 1.3).

Таблица 1.3 Коррозионно - грунтовая агрессивность по отношению к стали.

| Коррозионная агрессивность грунта | Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом*м | Средняя плотность катодного тока, А/м ² |
|-----------------------------------|---|--|
| Низкая | Свыше 50 | До 0,05 |
| Средняя | От 20 до 50 | От 0,05 до 0,20 |
| Высокая | До 20 | Свыше 0,20 |

К участкам повышенной коррозионной и техногенной опасности относят подземные участки труб:

- в поливных, черноземных, заболоченных и болотистых грунтах;
- бытовых и промышленных стоков, шлаков и свалок мусора;
- в любых районах страны, имеющие засоленные грунты (солончаковые, солонцы, солоды, соры и др.) и содержащие водорастворимые соли более одного грамма на один килограмм грунта;
- на поймах рек и в подводных переходах;
- на территориях ПХГ, УКПП, КС, ГПЗ, ГРС;
- на пересечении с разными трубами и в обе стороны на 100 метров от места пересечения труб;
- с блуждающими токами от источника постоянного тока;
- имеющие температуру продукта свыше 40 °С.[5]

К участкам, имеющим высокую коррозионную опасность, относят участки:

- которые имеют коррозионный отказ или коррозионное повреждение с глубиной более 15% от толщины стенки, в том числе коррозионную скорость, превышающую 0,5 мм/год;

- на которых газопроводы проложены в грунтах, имеющих высокую коррозионную агрессивность;
- таких газопроводов, проложенных на местности с блуждающими токами, при присутствии плюсового сдвига разности потенциалов «земля - труба».

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 30 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

1.4. Факторы, влияющие на коррозионную скорость.

В большинстве случаев инженеру – коррозионисту нужно решать задачи, связанные с развитием коррозионного поражения во времени: как долго может работать металлоконструкция в конкретной среде, на какие параметры и как следует повлиять, чтобы продлить срок службы оборудования[4].

Основной кинетической характеристикой любого процесса является скорость. Под скоростью коррозии принято понимать глубину продвижения фронта коррозии в единицу времени. Фронт коррозии это поверхность, ограничивающая со стороны среды объем металла, не имеющий коррозионных повреждений.

Скорость коррозии выражается через формулу[4]

$$V = \frac{k \cdot \Delta G}{R}, \quad (2)$$

ΔG – изменение энергии Гиббса системы металл / среда при протекании коррозионного процесса;

k – коэффициент пропорциональности;

R – сопротивление системы протеканию коррозионного процесса.

На скорость этих процессов, а именно скорость коррозии металлов влияют внутренние и внешние факторы.

К внутренним факторам относятся:

- Сама природа металла;
- Поверхность металла;
- Состояние кристаллической решетки металла.

Всем известно, что каждый металл имеет свои особенности, если смотреть на саму природу металла. Доказано, что металлы, имеющие высокие значения электрохимического потенциала являются более коррозионностойкими, чем другие металлы, имеющие низкий электрохимический потенциал. Следовательно, металлы, которые обладают более низкими значениями потенциала являются менее

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 31 |

коррозионностойкими[6].

На скорость коррозии также влияет состояние поверхности металла. При грубой обработке металл более подвержен коррозии, а значит, при аккуратной шлифовке металл коррозионностоек. Можно сказать, что если состояние металла будет близко к однородной поверхности, то он будет более коррозионностойким.

Кристаллическая структура металла в разных сплавах может иметь дефекты, которые обладают повышенной реакционной способностью, а наличие таких посторонних примесей в сплавах может приводить к росту коррозионного процесса.

К внешним факторам относятся такие виды:

- Состав и концентрация солей в грунте;
- Температура окружающей среды;
- Влажность (водонасыщенность);
- Удельное электрическое сопротивление грунта;
- Воздухопроницаемость грунта;
- Концентрация водородных ионов.

Влажность (водонасыщенность) грунта является основным фактором, влияющим на скорость коррозии, т.к. МГ прокладывается не только в грунтах, имеющих удельное электрическое сопротивление, но и водах морей, озер и рек. В качестве энергетической основы реакции растворения ионов металла в водный раствор является сама вода(гидратирующее действие).

Воздухопроницаемость грунта зависит от его гранулометрического состава, самой структуры и влажности. Грунт состоит из мелких твердых частиц и чем меньше их величины, тем труднее будет доступ кислорода к поверхности трубопровода, иными словами затрудняется образование коррозионных пар. При увеличении концентрации солей и других агрессивных веществ, глубина повреждений металла в виде каверн и питтингов возрастает. Присутствие хлоридов и сульфатов в воде, которые вызывают депассивацию стали и увеличивают скорость растворения металла,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 32 |

тоже особенный фактор[8].

При уменьшении концентрации водородных ионов приводит к возрастанию скорости анодного процесса, а катодный процесс может протекать с водородных деполяризации.

С повышением температуры грунта также увеличиваются скорости диффузии и растворимости продуктов коррозии. Неравномерное распределение температуры по всей поверхности металла приводит к возникновению термогальванических пар, в которых более нагретые участки являются анодами.

Удельное электрическое сопротивление грунта характеризуется плотностью, однородностью, влажностью, гранулометрическим составом и солевым составом значением рН почвенного электролита.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 33 |

1.5.Коррозия при подземной прокладке

1.5.1Виды коррозии при подземной прокладке

На сегодняшний день, большую часть газопроводов эксплуатируют под землей. При подземной прокладке в большинстве случаев встречаются такие виды коррозий[9]:

- Коррозия под действием почв и грунтов;
- Биокоррозия (микробиологическая коррозия);
- Коррозия под действием блуждающих токов.

Коррозия в почвенном или грунтовом электролите является самым наиболее распространенным видом коррозии при эксплуатации магистральных газопроводов. Т.к. среда, которой находится МГ, электролит, то соответственно механизм относится к электрохимической коррозии. Допустим, что у нас есть изолированный трубопровод, уложенный в грунт. На практике известно, что даже через самое качественное изоляционное покрытие металл все равно имеет контакт с влагой почвы из – за неплотности самого слоя изоляции. Грунтовый электролит пропитывает грунт, содержится в его порах. Влияние почвенного или грунтового электролита как коррозионной среды, дает самому процессу развития коррозии ряд характерных особенностей: неоднородность твердой фазы, электрическую гетерогенность, т.е. неоднородность почвы. Причины такой неоднородности следующие: разная степень увлажнения и состав почвы. Весьма важным фактором, влияющим на коррозию трубопроводов под действием почв и грунтов, является присутствие в них микроорганизмов, деятельность которых может весьма существенно сказываться на кинетике коррозионного процесса.

Следующим видом является биокоррозия, то есть коррозия металла под воздействием жизнедеятельности микроорганизмов, находящихся в почве. Для биокоррозии характерны следующие особенности:

- Возможность протекать в тех местах, где нельзя ожидать коррозионных поражений;
- Характеризуется очень высокой скоростью;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 34 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

- На сегодняшний день не все микроорганизмы идентифицированы, способные вызвать биокоррозию.

Микроорганизмы, поселившиеся на поверхности металла, могут вызвать не только коррозию, но и могут существенно повышать концентрацию сероводорода в среде, увеличивать количество осадков в резервуарах, подкислять подтоварную воду, способствовать отложению сульфидов, затруднять разделение водонефтяной эмульсии. Существует два типа бактерий – аэробы и анаэробы.

Помимо факторов, непосредственно связанных с биокоррозией и с характеристиками почв и грунтов, существенно влияет коррозия под действием блуждающих токов, которые попадают в трубопровод или любую другую заземленную металлоконструкцию из грунта или наводятся от высоковольтных линий электропередач, линии железных дорог, работающие на постоянном токе и т.д.

Блуждающий ток – ток, стекающий с токоведущих частей электрических установок в окружающий грунт.[4]

1.6. Методы защиты от коррозии при подземной прокладке.

Защита трубопроводов от коррозии – это совокупность организационных мероприятий, применяемое при долгосрочной эксплуатации подземного сооружения. Цель такой работы – это обеспечение безотказной работы на весь период эксплуатации[6].

При наземных и подземных способах прокладки, трубопроводы относятся к комплексной защите от коррозии.

Методы защиты от коррозии при подземной прокладке разделяют на два вида:

1. Пассивная защита с использованием изоляционных полимерных покрытий;
2. Активная защита с применением средств электрохимической защиты.

Второй метод основан на смещении катодного потенциала до анодного

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 35 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

потенциала, либо в более электроотрицательную область, что соответственно, уменьшает скорость коррозионного процесса

1.6.1. Общие представления пассивной защиты.

Пассивная защита основана на изоляции трубопровода методом нанесения на его поверхность изоляционного покрытия. Изоляционные материалы начали широко применять с этой целью примерно с конца 40-х годов прошлого столетия. Сначала трубопроводы изолировали битумно – мастичными покрытиями, которые наносили в трассовых условиях. Такие покрытие имели достаточно высокими защитными свойствами на протяжении длительного срока, но также имел ряд существенных недостатков. С середины 70-х годов для изоляции трубопроводов начали применять липкие полимерные ленты[4].

Основные требования к изоляционным покрытиям для трубопроводов:

- иметь свойство заторможение стадии переноса зарядов по электролиту от анодных участков к катодным;
- должен обладать такими свойствами: диэлектрическая сплошность, переходное сопротивление, сопротивление изоляции;
- иметь высокую адгезию к поверхности металла.
- высокие механические свойства при растяжении: прочность и пластичность.
- стойкость к растрескиванию, сохранение вязкости, грибостойкость, низкое водопоглощение и т.д.

Классификация изоляционных материалов:

- покрытия труб, предназначенных для линейной части трубопровода заводского нанесения;
- покрытия для фасонных соединительных деталей и задвижек трубопроводов заводского и трассового способов нанесения;
- покрытия для сварных стыков трубопроводов трассового нанесения;
- покрытия, предназначенные для ремонта изоляции и переизоляции

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 36 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

трубопроводов в трассовых условиях[4].

1.6.2. Активная защита

Кроме пассивной защиты от коррозии, существует еще активная электрохимическая защита. Электрохимические защиты дают повышение долговечности покрытий и прокровов.

Средства электрохимической защиты от коррозии при подземной прокладке трубопроводов включает:

- Катодная защита;
- Протекторная защита;
- Дренажная защита.

1.6.3. Катодная защита

Для борьбы с разрушением трубопровода устанавливают станцию катодной защиты, а также, в отдельных случаях можно установить эту же станцию, если нецелесообразно использования дренажной защиты.

Катодная защита – это электрический метод предупреждения коррозии, когда защищаемая конструкция становится катодом в электрохимической ячейке[5].

Основные узлы катодной защиты входит (рисунок 5):

- 1 Трубопровод;
- 2 Внешний источник постоянного тока;
- 3 Соединительная линия;
- 4 Анодное заземление.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 37 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

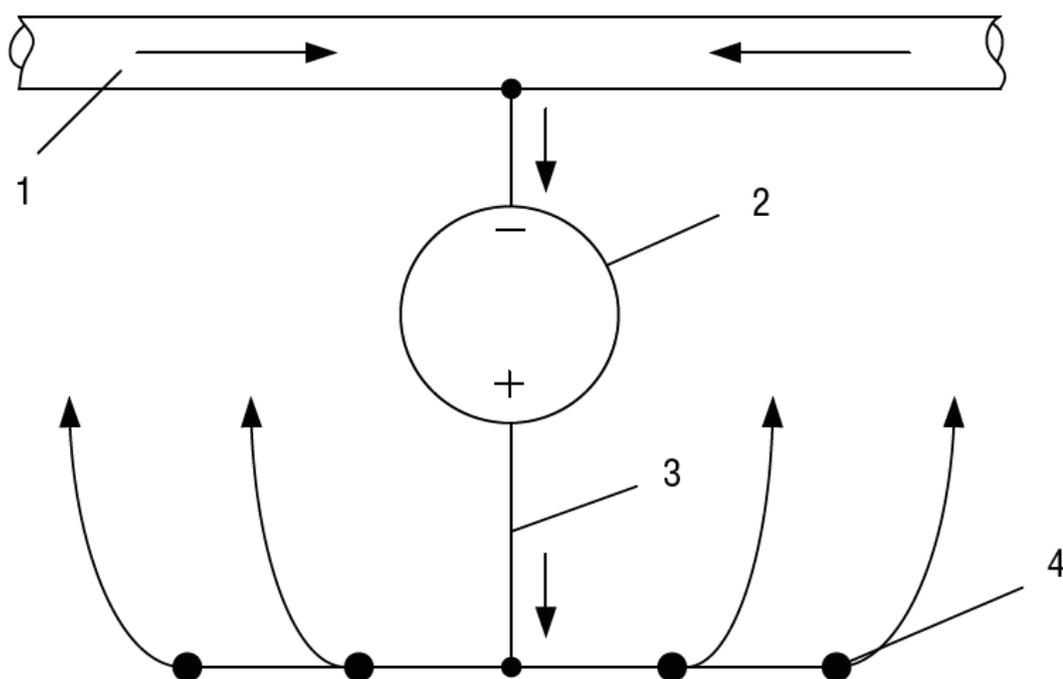


Рисунок 1.4 Принципиальная схема катодной защиты трубопровода.

Минусовый полюс источника постоянного тока подсоединяют к трубопроводу, а плюсовой полюс подключают к созданному аноду – заземлению. Через грунтовый электролит электрическая цепь будет замыкаться, если включить источник тока, а в тех местах повреждений изоляции трубопровода начинается катодная поляризация[5].

Эффективность катодной защиты увеличивается, благодаря выпадению осадка труднорастворимых гидроксидов на поверхности конструкции, что приводит к смещению потенциала конструкции в отрицательную сторону. Следовательно, увеличивается концентрационная поляризации, с ним одновременно повышается эффективность.

Анодное заземление

Назначение анодной заземления – защита от коррозии подземных конструкций или сооружений путем ввода тока в грунт. К анодному заземлению предъявляются следующие требования[5]:

- наименьшие габаритные размеры;
- минимальное переходное сопротивление растеканию тока;
- простота установки;
- невысокая стоимость;

– наиболее долговечный и недефицитный материал.

В зависимости от способа размещения анодные заземления бывают поверхностного и глубинного заложения. Поверхностные заземления в свою очередь подразделяют на горизонтальные, вертикальные, комбинированные и протяженные.

1.6.4. Протекторная защита

Протекторная защита – борьба с коррозией с применением протектора, подсоединяемого к конструкции или сооружению.

Протектор – изготовление, сделанное из сплава, с более отрицательным электродным потенциалом, чем потенциал у защищаемой конструкции или сооружения[5].

Установка с протекторной защитой – это комплекс из устройств, имеющий несколько или один протектор, контрольно-измерительный пункт и провода (кабели).

Предназначение протекторных установок являются:

- для временной борьбы с почвенной коррозией газопроводов на стадии строительства;
- для участков с большими расстояниями, удаленные от внешнего источника тока. Вследствии чего, из – за нецелесообразности использования катодной защиты с помощью внешнего тока;
- на участках, где применяют станцию катодной защиты;
- в местах частичной защиты, необходимого достаточного защитного потенциала;
- на переходах через железные и автомобильные дороги, для борьбы с почвенной коррозией;
- на участке блуждающего тока – в качестве земляных микродренажей[5].

Материал протектора может быть цинк, алюминий и магний, а также возможно на их же основе сплав. По конструктивному исполнению протекторы делятся на стержневые, плоские и прутковые.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 39 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

При защите подземных металлических объектов (рисунок 1.5) с помощью установки протекторной защиты к газопроводу 1 подключают протектор 4, имеющий более низкий электрохимический потенциал, чем потенциал металла трубы. При этом в первую очередь разрушаются участки поверхности металла с наиболее отрицательным потенциалом (анод), с которых ток стекает во внешнюю среду – электролит (почву), а участки металлов с более положительным потенциалом (катод), в которые ток втекает из внешней среды, – не разрушаются. Механизм действия протекторной защиты заключается в превращении всей поверхности защищаемой металлической конструкции в один общий неразрушающий катод. Анодами при этом будут являться – протекторы. Электрический защитный ток получается вследствие работы гальванической пары протектор - защищаемое сооружение (газопровод). При своей работе протекторы постепенно изнашиваются (анодно растворяются), защищая при этом металл сооружения, поэтому за рубежом протекторы называют «жертвенными анодами»[5].

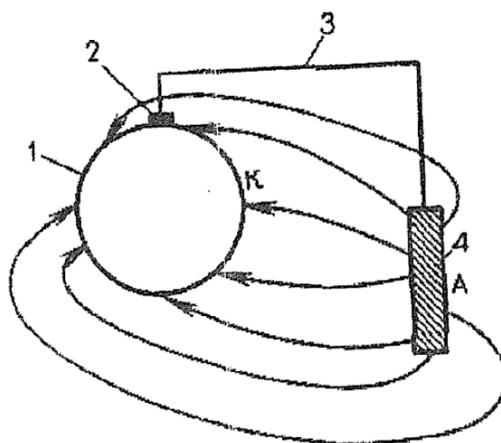


Рисунок 1.5 Принципиальная схема протекторной защиты:
1 – газопровод; 2 – точка дренажа; 3 – изолированный соединительный провод; 4 – протектор; А – анод; К – катод.

1.6.5. Электродренажная защита от блуждающих токов

Защита от блуждающих токов основан конкретно на электродренажной защите. Смысл этой защиты, заключается в том, что блуждающий ток отводится из защищаемого трубопровода или сооружения к источнику этих токов путем электродренажного соединения.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| | | | | | | 40 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Источниками блуждающих токов являются:

– железные дороги, имеющую тягу на постоянном токе, при условии, что ходовые рельсы применяются на них, чтобы была возможность обратного протекания тока;

– трамвайные линии, при котором верхняя часть имеет контактный провод;

– промышленный, карьерный и рудничный транспорт;

– Промышленные установки, сети электроснабжения на постоянном токе и высоковольтные линии;

– агрегаты, которые процесс работы при постоянном токе в речных и морских портах, сварочные аппараты;

– сети телефонной и телеграфной связи на постоянном токе и системы транспортной сигнализации;

– Катодная защита для борьбы с коррозией (наложения тока включена от постороннего источника, усиленного дренажа и станции дренажа).

Отрицательный полюс тяговой подстанции 3 всегда подсоединен через дренажную линию 4 к рельсам, а положительный – к питающей линии 2 и далее к контактному проводу 1. Ток с рельс через колеса мотор – вагона подводится к его электродвигателям. После того, через токоприемник ток возвращается на тяговую подстанцию по контактному проводу 1. В случае, если создаются условия для попадания тока в землю и далее в трубопровод на участке, где ток входит в металл трубопровода, возникает катодная зона. Этот участок может располагаться неподалеку от тяговой подстанции. На нем анодный процесс уменьшается, и участок дополнительно защищается от коррозии пришедшим с рельс током. Ток по трубопроводу течет к другому участку с поврежденной изоляцией, с которого при прохождении неподалеку электропоезда ток стекает (колеса на себя отсасывают электроны). В итоге, участок, с которого стекают электроны, превращается в анодную зону и корродирует (рисунок 1.6)[5].

При воздействии блуждающего тока на металл, скорость коррозии не

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------|------|
| | | | | | Общая часть | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 41 |

зависит от поступления кислорода к разрушающемуся участку. Сама скорость определяется через плотностью тока коррозии: прямо пропорциональна силе токи утечки и обратно пропорциональна площади, на которой нарушена изоляция. Следовательно, чем площадь дефекта меньше, тем скорость коррозии больше под действием токов(блуждающих). Зная площадь дефекта и силу тока коррозии, можно с определенной степенью приближения рассчитать предполагаемую скорость коррозии.

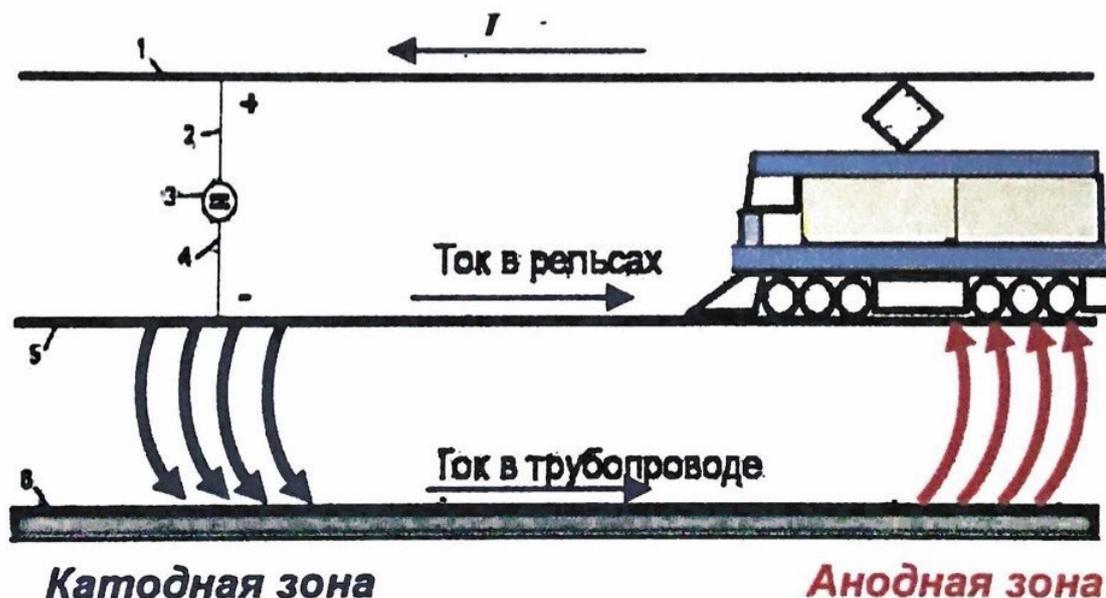


Рисунок 1.6 Принципиальная схема электродренажной защиты.

1. Контактный провод;
2. Питающая линия;
3. Тяговая подстанция;
4. Дренажная линия
5. Рельсы;
6. Трубопровод

В нынешнее время в области тяговой подстанции, из – за применение такой защиты на подземных трубопроводах или металлических конструкций больших диаметров, в том числе рекуперацией электроэнергии в сеть, имеют знакопеременный заряд. Иными словами, применение на магистральных газопроводах прямые электрические дренажи(они неавтоматизированные устройства) не рекомендуется.

2. Объект и методы анализа

2.1. Характеристика условного объекта

Магистральный газопровод «3108», с протяженностью 60000 м, запущен в эксплуатацию в 2003г. Газопровод сделан из прямошовных труб, имеющих диаметра и толщину стенки трубопровода 1020 мм и 12 мм. В борьбе с почвенной коррозией в качестве изоляционного покрытия применено полимерное покрытие усиленного типа. Расчетное сопротивление на начальный и конечный период составляет 45000 Ом*м² и 10000 Ом*м². Глубина залегания трубопровода составляет 2,5 м. Дана таблица удельного сопротивления грунтов. Тип грунта – суглинок. В настоящее время газопровод эксплуатируется, эффективность работы и техническое состояние средств ЭХЗ сравнимо как удовлетворительное, имеется места с незначительными повреждениями изоляции. Не имеется изолирующих фланцев и вставок на данном магистральном газопроводе. В качестве установки катодной защиты на 51,6 км применена СКЗ, который не имеет автоматизированного контроля и управления. Рекомендуется использовать более современную катодную защиту с анодным заземлением.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|--|------|--------|
| | | | | | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Объект и методы анализа | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 43 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ ГРУППА ИШПР 254Б | | |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | | | |

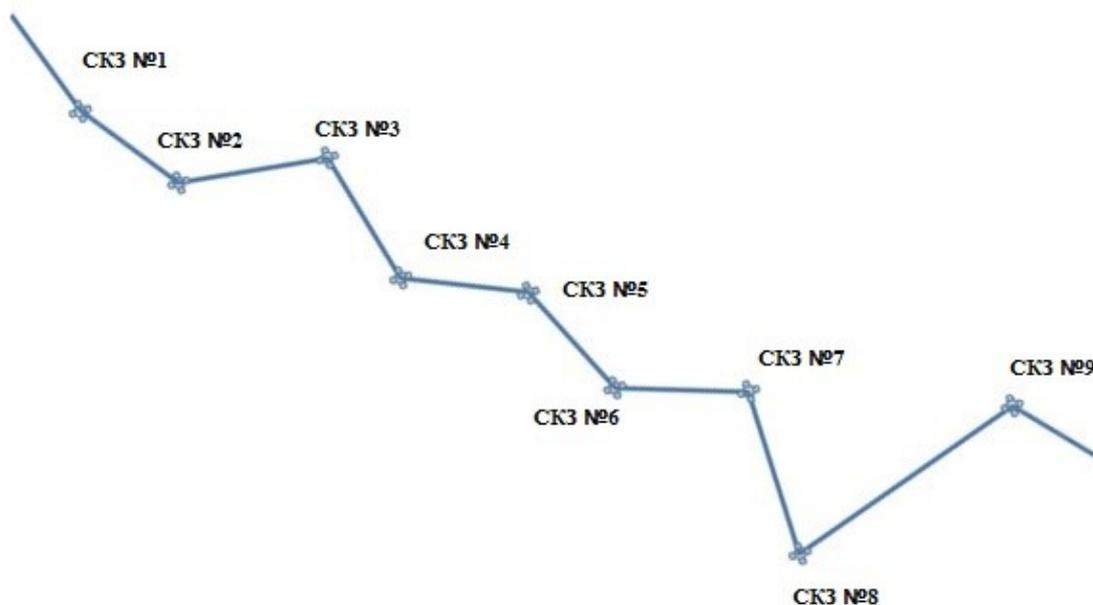


Рисунок 2.1 Схема магистрального газопровода «3108» со станциями катодной защиты (вид сверху).

Таблица 2.1 Удельное сопротивление грунтов

| № п.п. | Расположение, км | Тип установки ЭХЗ | Удельное сопротивление грунта, Ом | Коррозионная активность грунта (по ГОСТ 9.602-89*) |
|--------|------------------|-------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | 36,6 | УКЗ | 23,2 | Средняя |
| 2 | 44,1 | УКЗ | 29,4 | Средняя |
| 3 | 51,6 | УКЗ | 25,7 | Средняя |
| 4 | 59,2 | УКЗ | 22,3 | Средняя |
| 5 | 66,7 | УКЗ | 24,3 | Средняя |
| 6 | 74,1 | УКЗ | 27 | Средняя |
| 7 | 81,6 | УКЗ | 26,5 | Средняя |
| 8 | 85,1 | УКЗ | 27,7 | Средняя |
| 9 | 96,6 | УКЗ | 22,1 | Средняя |

2.2 Методы анализа

На основании данных материалов магистрального газопровода «3108» участка 36,6 – 96,6 км (протяженность 60 км) будет воспроизводиться расчет и анализ электрических характеристик, параметров анодного заземления и установок катодной защиты, согласно НТД такие как: ГОСТ 9.602 – 2016 и ГОСТ Р 51164 – 98, СТО Газпром 9.0 – 001 – 2009, СТО Газпром 9.0 – 002 – 2009, СТО Газпром 9.0 – 003 – 2009.

2.3 Расчет электрических характеристик газопровода

Расчет параметров величин электрохимической защиты производится в соответствии с СТО Газпром 9.2 – 003 – 2009.

Основные параметры, которые определяют распределение тока защитного, это электрические характеристики трубопроводов. Существуют первичные и вторичные электрические параметры трубопровода. К первому виду относятся:

- Продольное сопротивление R_t , Ом/м;
- Переходное сопротивление $R_{п}$, Ом·м²;
- Марка стали (труба) – 17ГС;
- Толщина стенки δ_T , м – 0,012;
- Диаметр трубы D_T , м – 1,02;
- Сопротивление изоляции $R_{из}$, Ом·м² – 30000;
- Глубина залегания трубопровода H_T , м – 2,5;
- Среднее удельное электрическое сопротивление грунта ρ_g , Ом·м.

Толщину стенки, диаметр трубы, глубину залегания и марку стали определяют по проектной документации.

Для реконструируемых и вновь строящихся трубопроводов сопротивление защитного покрытия определяют по таблице 2.2

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 45 |

Таблица 2.2 Сопротивление изоляции строящихся и реконструируемых трубопроводов.

| Тип защитного покрытия | Начальное сопротивление изоляции уложенного в траншею и засыпанного трубопровода $R_{из0}$, Ом·м ² | Коэффициент* γ , 1/год |
|---|--|-------------------------------|
| Заводские двух-, трехслойные полиэтиленовые и полипропиленовые покрытия | $3 \cdot 10^5$ | 0,05 |
| Полимерные покрытия на основе термореактивных смол и битумно-полимерные мастики | $1 \cdot 10^5$ | 0,08 |

*Коэффициент, характеризующий скорость изменения сопротивления изоляции во времени.

Сопротивление изоляции эксплуатируемых газопроводов определяют по результатам изысканий.

Вторичные электрические параметры трубопровода – характеристическое и входное сопротивление, постоянная распространения тока, которые определяются расчетным путем.

Удельное электрическое сопротивление грунта вдоль трубы:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{(\sum l_i)^2}{(\sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\sqrt{\rho_{\Gamma i}}})^2} = 25,69 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (3)$$

Начальное значение сопротивления изоляции трубопровода в начале эксплуатации, Ом * м²:

$$R'_{из0} = \frac{R_{из0}}{\pi \cdot D_{\Gamma}} = 31222,7 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (4)$$

Продольное сопротивление трубопровода R_{Γ} , Ом/м, вычисляют по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\Gamma}}{\pi \cdot (D_{\Gamma} - \delta_{\Gamma}) \cdot \delta_{\Gamma}} = \frac{2,45 \cdot 10^{-7}}{3,14 \cdot (1,02 - 0,012) \cdot 0,012} = 6,451 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/м} \quad (5)$$

Сопротивление растеканию тока трубопровода R_p , Ом·м², вычисляют по формуле:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| | | | | | | 46 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$R_p = \frac{\rho_r \cdot D_r}{2} \ln \frac{0,4 \cdot R_p}{D_r^2 \cdot H_r \cdot R_r} = \frac{25,69 \cdot 1,02}{2} \ln \frac{0,4 \cdot 201,57}{1,02^2 \cdot 2,5 \cdot 6,451 \cdot 10^{-6}} = 201,57 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \quad (6)$$

Сопротивление растеканию трубопровода R_p на единицу длины, $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$, вычисляют по формуле:

$$R_p' = \frac{\rho_r}{2 \cdot \pi} \ln \frac{0,4 \cdot \pi \cdot R_p'}{D_r \cdot H_r \cdot R_r} = \frac{25,69}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot 62,82}{1,02 \cdot 2,5 \cdot 6,451 \cdot 10^{-6}} = 62,82 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \quad (7)$$

Таблица 2.3 – Удельное электрическое сопротивление различных марок трубной стали

| Марка трубной стали | Удельное электрическое сопротивление трубной стали, $\text{Ом} \cdot \text{м}$ |
|----------------------------------|--|
| 17ГС, 17Г2СФ, 08Г2СФ | $2,45 \cdot 10^{-7}$ |
| 18Г2, СТЗ | $2,18 \cdot 10^{-7}$ |
| 18Г2САФ, 18ХГ2САФ | $2,63 \cdot 10^{-7}$ |
| 15ГСТЮ | $2,8 \cdot 10^{-7}$ |
| Данные о марке стали отсутствуют | $2,45 \cdot 10^{-7}$ |

Переходное сопротивление трубопровода R_{Π} в начале эксплуатации, $\text{Ом} \cdot \text{м}$ вычисляют по формуле:

$$R_{\Pi} = R'_{\text{изо}} + R_p = 31222,7 + 201,7 = 31424,27 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \quad (8)$$

Переходное сопротивление трубопровода R_{Π} в конце эксплуатации, $\text{Ом} \cdot \text{м}$ вычисляют по формуле:

$$R'_{\Pi}(t) = R_p' + R'_{\text{изо}} \cdot e^{-\gamma \cdot t} = 62,82 + 31222,7 \cdot e^{-15 \cdot 0,08} = 9467 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2 \quad (9)$$

Постоянная распространения тока вдоль трубопровода a в начале эксплуатации, $1/\text{м}$, вычисляют по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{R_r}{R_{\Pi}}} = \sqrt{\frac{6,451 \cdot 10^{-6}}{31424,27}} = 1,436 \cdot 10^{-5} \quad 1/\text{м} \quad (10)$$

Постоянная распространения тока вдоль трубопровода a на конечный период эксплуатации, $1/\text{м}$, вычисляют по формуле:

$$a = \sqrt{\frac{R_r}{R'_{\Pi}}} = \sqrt{\frac{6,451 \cdot 10^{-6}}{9467}} = 2,61 \cdot 10^{-5} \quad 1/\text{м} \quad (11)$$

Характеристическое сопротивление газопровода Z , Ом, по формуле:

$$Z = \sqrt{R_T \cdot R'_\Pi} = \sqrt{6,451 \cdot 10^{-6} \cdot 31424,27} = 0,4492 \text{ Ом} \quad (12)$$

Входное сопротивление газопровода $Z_{\text{вТ}}$ в начале эксплуатации, по формуле:

$$Z_{\text{вТ}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{R_T \cdot R'_\Pi} = \frac{0,4492}{2} = 0,2246 \text{ Ом} \quad (13)$$

Входное сопротивление газопровода $Z_{\text{вТ}}$ в конце эксплуатации, по формуле:

$$Z_{\text{вТ}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{R_T \cdot R'_\Pi} = \frac{0,2471}{2} = 0,1235 \text{ Ом} \quad (14)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 48 |

2.4 Расчет параметров установок катодной защиты

По полученным значениям, далее рассчитывают количество установок катодной защиты и анодных заземлителей, электрические параметры.

Основными параметрами УКЗ являются сила тока и длина защитной зоны, создаваемая этой установкой. При расчете необходимо учитывать изменение переходного сопротивления во времени. Расчет выполняют на начальный и конечный срок службы УКЗ.

Расчет параметров УКЗ сводится к определению их количества и мощности. Количество УКЗ определяется длиной защитной зоны, мощность УКЗ зависит, в основном, от требуемого защитного тока и сопротивления анодного заземления.

Исходные данные для расчета параметров катодной защиты газопроводов и анодного заземления:

- длина анодного провода $y = 350$ м;
- длина спусков провода с опор преобразователя катодной защиты к газопроводу $\gamma_c = 4$ м;
- сечение провода дренажной линии $S_{пр} = 10^{-5}$ м²;
- диаметр электрода заземлителя $d_э = 0,085$ м;
- глубина (до середины заземлителя) заложения электрода заземлителя $h = 2,5$ м;
- минимальный и максимальный защитный потенциал выбираем по таблице 7 и 8;
- естественный потенциал равен $U_e = - 0,6$ В.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| | | | | | | 49 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Таблица 2.4 Минимально защитные потенциалы.

| Условия прокладки и эксплуатации трубопровода | Минимальный защитный потенциал относительно насыщенного медно-сульфатного электрода сравнения, В | |
|---|--|--------------------------|
| | Поляризационный | С омической составляющей |
| Грунты с удельным электрическим сопротивлением не менее 10 Ом·м или содержанием водорастворимых солей не более 1 г на 1 кг грунта или при температуре транспортируемого продукта не более 293 К (20 °С) | -0,85 | -0,90 |
| Грунты с удельным электрическим сопротивлением менее 10 Ом·м или содержанием водорастворимых солей более 1 г на 1 кг грунта, или опасном влиянии блуждающих токов промышленной частоты (50 Гц) и постоянных токов, или при возможной микробиологической коррозии, или при температуре транспортируемого продукта более 293 К (20 °С) | -0,95 | -1,05 |
| <p>Примечания:</p> <p>1. Для трубопроводов, температура транспортируемого продукта которых не более 278 К (5 °С), минимальный поляризационный защитный потенциал равен минус 0,80 В относительно насыщенного медно-сульфатного электрода сравнения.</p> <p>2. Минимальный защитный потенциал с омической составляющей при температуре транспортируемого продукта от 323 К (50 °С) до 343 К (70 °С) - минус 1,10 В; от 343 К (70 °С) до 373 К (100 °С) - минус 1,15 В.</p> <p>3. Для грунтов с высоким удельным сопротивлением (более 100 Ом·м) значения минимального потенциала с омической составляющей должны быть определены экспериментально или расчетным путем в соответствии с НД.</p> | | |

Таблица 2.5 Максимальные защитные потенциалы.

| Условия прокладки и эксплуатации трубопровода | Минимальный защитный потенциал относительно насыщенного медно-сульфатного электрода сравнения, В | |
|---|--|--------------------------|
| | Поляризационный | С омической составляющей |
| При прокладке трубопровода с температурой транспортируемого продукта выше 333 К (60 °С) в грунтах с удельным электрическим сопротивлением менее 10 Ом·м или при подводной прокладке трубопровода с температурой транспортируемого продукта выше 333 К (60 °С) | -1,10 | -1,50 |

| | | |
|--|-------|-------|
| При других условиях прокладки трубопроводов: | | |
| ➤ с битумной изоляцией | -1,15 | -2,50 |
| ➤ с полимерной изоляцией | -1,15 | -3,50 |

Примечания:

1. Для трубопроводов из упрочненных сталей с пределом прочности 0,6 МПа (6 кгс/см²) и более не допускаются поляризационные потенциалы более отрицательные, чем минус 1,10 В.
2. В грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением (более 100 Ом·м) допускаются более отрицательные потенциалы с омической составляющей, установленные экспериментально или расчетным путем в соответствии с НД.

Рассчитываем смещение разности потенциалов в точке дренажа (труба – земля):

$$U_{ТЗ0} = |U_0| - |U_e| = 1,15 - 0,6 = 0,55 \text{ В} \quad (15)$$

А затем, посчитаем минимальное смещение разности потенциалов (труба – земля):

$$U_{ТЗМ} = |U_M| - |U_e| = 0,85 - 0,6 = 0,25 \text{ В} \quad (16)$$

Длину защитной зоны L_3 катодной установки на начальный период эксплуатации, м, вычисляют по формуле:

$$L_3 = \frac{2}{\alpha(t)} \ln \frac{U_{ТЗ0}}{k \cdot U_{ТЗМ}} = \frac{2}{1,436 \cdot 10^{-5}} \ln \frac{0,55}{2 \cdot 0,25} = 13274 \text{ м} \quad (17)$$

Длину защитной зоны L_3 катодной установки на конечный период эксплуатации, м, вычисляют по формуле:

$$L_3 = \frac{2}{\alpha(t)} \ln \frac{U_{ТЗ0}}{k \cdot U_{ТЗМ}} = \frac{2}{2,61 \cdot 10^{-5}} \ln \frac{0,55}{2 \cdot 0,25} = 7303 \text{ м} \quad (18)$$

Определяем количество установок катодной защиты N:

$$N = \frac{L}{L_3} = \frac{60000}{7303} = 8,21 = 9 \text{ шт}$$

Силу тока I, А, катодной установки вычисляют на начальный период эксплуатации по формуле:

$$I = \frac{2 \cdot U_{ТЗ0}}{Z_{ВТ}(t)} = \frac{2 \cdot 0,55}{0,2246} = 4,9 \text{ А} \quad (19)$$

Силу тока I, А, катодной установки вычисляют на конечный период эксплуатации по формуле:

$$I = \frac{2 \cdot U_{ТЗ0}}{Z_{ВТ}(t)} = \frac{2 \cdot 0,55}{0,1236} = 8,19 \text{ А} \quad (20)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 51 |

Сопротивление дренажной линии Ом, вычисляют по формуле:

$$R_{\text{л}} = \rho_{\text{м}} \cdot \frac{y + \gamma_{\text{с}}}{S_{\text{пр}}} = 1,8 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{350 + 4}{10^{-5}} = 0,637 \text{ Ом} \quad (21)$$

где $y, \gamma_{\text{с}}$ - длина анодного провода и спусков провода с опор преобразователя катодной защиты к анодному заземлению и трубопроводу, м;

$S_{\text{пр}}$ - сечение медного провода дренажной линии, м^2 ;

$\rho_{\text{м}} = 1,8 \cdot 10^{-8}$ - удельное электрическое сопротивление медного провода, Ом-м.

Напряжение на выходе преобразователя U , В, вычисляют по формуле

$$U = I \cdot [Z_{\text{вт}}(t) + R_{\text{л}} + R_{\text{з}}] = 8,19 \cdot [0,1236 + 0,637 + 1] = 15,65 \text{ В} \quad (22)$$

Мощность преобразователя W , Вт, вычисляют по формуле

$$W = I \cdot U = 8,19 \cdot 15,65 = 139,12 \text{ Вт} \quad (23)$$

Выбор типа преобразователя катодной защиты выполняют в соответствии с результатами расчета силы тока, напряжения на выходе УКЗ и мощности. При выборе типа преобразователя необходимо увеличить в 1,5 раза требуемую максимальную силу тока при прокладке трубопровода в грунтах высокой коррозионной агрессивности.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| | | | | | | 52 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

2.5 Расчет параметров анодного заземления.

Выбор типа анодного заземления осуществляют с учетом следующих факторов:

- силы тока катодной установки;
- свойства грунта в месте размещения заземления (удельное сопротивление грунта, глубина промерзания);
- расположения защищаемого объекта и других подземных металлических сооружений по отношению к анодному заземлению.

Переходное сопротивление одного заземлителя $R_{з1}$ зависит от удельного электрического сопротивления грунта, геометрических размеров электродов и их взаимного расположения. Переходное сопротивление одного электрода заземления принимают равным величине его сопротивления растеканию тока. Переходное сопротивление протяженного анодного заземления принимают равным его входному сопротивлению.

Начальное сопротивление растеканию тока анодного заземления $R_{р1}$ в различных грунтах не должно превышать величин, указанных в таблице 2.6

Таблица 2.6 – Требования к начальной величине сопротивления растеканию тока для различных условий применения анодных заземлений

| Грунт | Удельное сопротивление грунта, Ом·м | Сопротивление растеканию тока анодного заземления, не более, Ом |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| Солончаки, соры | Менее 10 | 0,5 |
| Глины, суглинки | От 10 до 50 | 1,0 |
| Супесь | От 50 до 100 | 1,5 |
| Пески | От 100 до 500 | 3,0 |
| Скальный грунт, сухие пески | Более 500 | 10,0 |
| Вечномерзлый грунт | Более 500 | 10,0 |

Конкретное место монтажа и тип анодного заземления определяют исходя из удельного сопротивления грунта, результатов вертикального электрозондирования, топографических особенностей местности, условий землеотвода и удобства подъезда. Для протяженных кабельных анодов (в том числе на основе эластомерных материалов) условия применения определяют в соответствии с рекомендациями организации – изготовителя.

Выбор типа АЗ производят исходя из удельного электрического сопротивления грунта и наличия свободной площади:

– в грунтах с удельным электрическим сопротивлением не более 50 Ом·м следует применять сосредоточенные и распределенные подповерхностные АЗ с использованием малорастворимых электродов. Эти заземления следует устанавливать на глубину до 10 м и ниже глубины сезонного промерзания. Размещение подповерхностных заземлений следует проектировать преимущественно на некультивируемых землях;

– при отсутствии свободной площади и наличии на глубине пластов с удельным сопротивлением в два раза меньшим, чем поверхностные грунты (по данным вертикального электрического зондирования), необходимо использовать глубинные анодные заземления (ГАЗ). Глубинные заземления устанавливают в специально пробуренные скважины;

– в скальных и многолетнемерзлых грунтах применяются глубинные анодные заземления. В целях снижения затрат на строительные-монтажные работы и дальнейшую эксплуатацию заземлений в этих грунтах следует применять протяженные АЗ, укладываемые в траншею вместе с трубопроводом на максимальном расстоянии от его поверхности.

Расстояние от подповерхностного АЗ до ближайшего защищаемого сооружения должно быть не менее 200 м. Для ГАЗ это расстояние должно быть не меньше 50 м.

Расчет параметров анодного заземления включает определение количества электродов и их срок службы.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------------|------|
| | | | | | Объект и методы анализа | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 54 |

Таблица 2.7– Данные для расчета подповерхностного анодного заземления

| № пп | Обозн. по РД | Значение | Ед. изм. | Примечание |
|------|--------------|------------------|-----------|--|
| 1 | | Вертикальн ое | | Расположение электрода заземлителя |
| 2 | | Коксовая | | Засыпка заземлителей |
| 3 | l_3 | 1.6 | м | Длина электрода заземлителя |
| 4 | d_3 | 0.085 | м | Диаметр электрода заземлителя |
| 5 | h | 2.5 | м | Глубина (до середины заземлителя) заложения электрода заземлителя |
| 6 | ρ_2 | 30 | Ом · м | Удельное сопротивление грунта в месте анодного заземления |
| 7 | d_a | 0.6 | м | Диаметр коксовой засыпки |
| 8 | ρ_a | 5 | Ом · м | Удельное сопротивление коксовой засыпки |
| 9 | q_3 | 0.3 | кг/Ом · м | Скорость растворения материала электродов анодного заземления |
| 10 | G_3 | 200 | кг | Масса материала электродов анодного заземления |
| 11 | R_p | 1 | Ом | Сопротивление растеканию тока заземления, состоящего из N электродов |

Сопротивление растеканию одного заземлителя R_{p1} вычисляется по

формуле:

$$R_{p1} = \frac{\rho_r}{2 \cdot \pi \cdot l_3} * \left(\ln \frac{2 \cdot l_3}{d_3} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 \cdot h + l_3}{4 \cdot h - l_3} \right) = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,6} * \left(\ln \frac{2 \cdot 1,6}{0,085} + \frac{1}{2} * \ln \frac{4 \cdot 2,5 + 1,6}{4 \cdot 2,5 - 1,6} \right) = 5,967 \text{ Ом} \quad (24)$$

Число электродов N_3 вычисляется по формуле:

$$N_3 = \frac{R_{p1}}{0,7 \cdot R_p} = \frac{5,967}{0,7 \cdot 1} = 8,524 \approx 9 \text{ шт.} \quad (25)$$

Средняя сила тока, стекающего с заземления, за планируемый период эксплуатации заземления $I_{3,ср}$

$$I_{3,ср.} = \frac{I_H + 3 \cdot I_K}{4} = \frac{4,9 + 3 \cdot 8,19}{4} = 7,89 \text{ А} \quad (26)$$

Срок службы анодного заземления, лет

$$T_p = \frac{G_3 \cdot k_{и}}{q_3 \cdot I_{3,ср}} = \frac{150 \cdot 0,77}{0,3 \cdot 7,89} = 48,79 \approx 49 \text{ лет} \quad (27)$$

3. Обоснование проведенного анализа по результатам данных

3.1. Выбор анодного заземления

По полученным расчетам, производим подбор анодного заземления, подходящего для нашего участка. Исходя из расчетов наиболее оптимальным является анодный заземлитель «Менделеевец»-ММ. Характеристики данного вида анодного заземлителя представлен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Техническая характеристика «Менделеевец» - ММ

| НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ | ЗНАЧЕНИЕ | |
|--|----------|--------|
| | ММ(23) | ММ(43) |
| Максимальная токовая нагрузка, А, не менее | 5,0 | 6,0 |
| Скорость анодного растворения, кг/(А·год), не более | 0,3 | |
| Габаритные размеры заземлителя в сборе, мм, не более: | | |
| - длина (высота) | 1600 | 1500 |
| - диагональ поперечного сечения (диаметр) | 90 | 90 |
| Номинальная масса электрода, кг | 23 | 43 |
| Масса заземлителя в сборе (без учёта кабеля), кг, не более | 25 | 46 |
| Срок службы, лет, не менее | 35 | |

«Менделеевец»-ММ внесен в реестр ПАО «Газпром и сертифицирован в системах: ТС, Газпромсер, Газсерт. Имеет положительное заключение санитарно-эпидемиологической экспертизы.

Заземлители анодные «Менделеевец» - ММ предназначены для использования в качестве малорастворимых элементов поверхностных анодных заземлений в установках катодной защиты. Одним из плюсов этого заземлителя это защита магистрального газопровода при подземной прокладке или даже других подземных сооружений при любых почвенно – климатических условиях.

| | | | | | | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|--------------------------|------|----------------------|
| | | | | | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 56 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ ГРУППА | | ИШПР 254Б |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | | | |

Иными словами, заземлители предназначены для подключения к станциям катодной защиты и другим источникам постоянного тока.

Конструктивно заземлитель представляет собой ферросилидовый электрод; снабженный кабелем присоединения (рисунок 3.1).

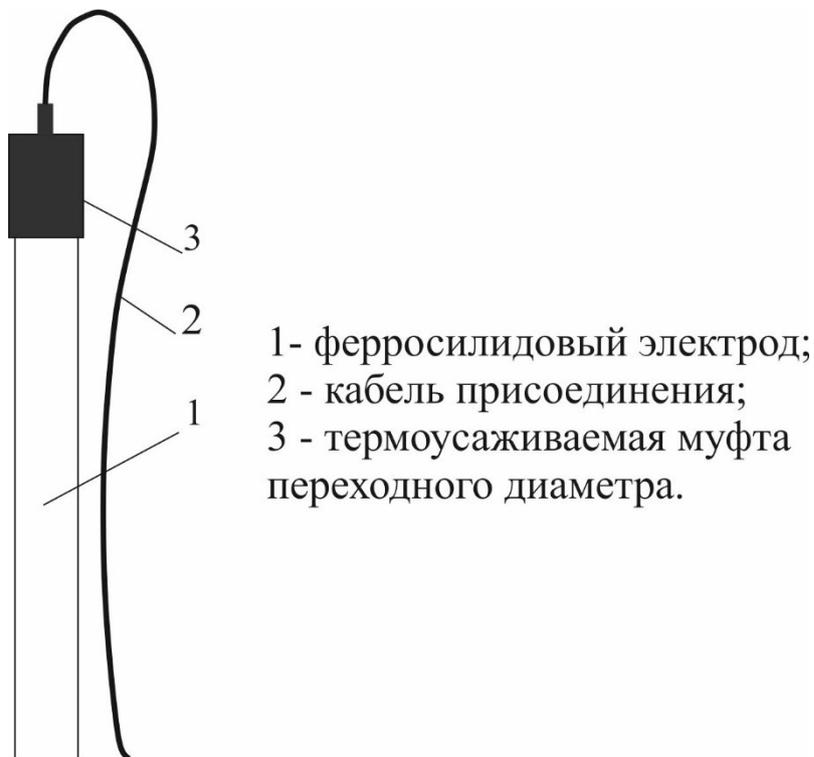


Рисунок 3.1 Анодный заземлитель (ферросилидовый электрод)

Различают две модификации заземлителей, отличающиеся массогабаритными характеристиками электрода: ММ(23) и ММ(43).

Геометрический вид электродов представляют собой стержневую форму. Сама отливка имеет отливку в виде круглого сечения. В головной части электрода имеется утолщение, в котором размещается контактный узел, заполненный внутри специально разработанным составом на базе полимерного компаунда и надежно изолированный снаружи термоусаживаемыми муфтами.

Заземлители подключают в электрическую цепь. Подключение заземлителя к силовому кабелю станции катодной защиты осуществляется через контрольно – измерительные приборы с помощью кабеля магистрального. К магистральному кабелю присоединяют анодные кабели с помощью кабельных зажимов или термитной сварки. Термоусаживающие

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 57 |

муфты применяют для изоляции соединительных кабелей. Для снижения скорости анодного растворения и уменьшения сопротивления тока растекания применяют засыпку коксо – минеральным активатором в прианодное пространство.

Таблица 3.2 – Масса – габаритные характеристики электрода заземлителя.

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--------------------------------------|--------------------|
| Длина, мм не более | 1385 |
| Диаметр головной части, мм, не более | 85 |
| Диаметр основной части, мм, не более | 85 |
| Номинальная масса, кг | 43 |

Скорость анодного растворения сплава электрода заземлителя в нейтральной среде, при максимальной токовой нагрузке не превышает 0,3 кг/А*год.

Заземлитель снабжен кабелем присоединения марки ВПП с сечением медных жил 10 мм². Длина кабеля присоединения составляет 2 метра (для типовой комплектации) или определяется в соответствии с заказом. Кабель присоединения имеет электрический контакт с ферросилидовым электродом. Место контакт – контактный узел – изолировано с помощью полимерного компаунда и термоусаживаемой муфты переходного диаметра. Переходное электрическое сопротивление контакта кабеля присоединения с электродом не более 0,05 Ом.

Характеристика заземлителя по габаритным размерам и массы представлены в виде таблицы 3.3

Таблица 3.3 Масса – габаритные характеристики заземлителя.

| Наименование параметра | Значение параметра |
|--------------------------------------|--------------------|
| Длина, мм не более | 1500 |
| Диаметр головной части, мм, не более | 90 |
| Диаметр основной части, мм, не более | 85 |
| Масса (без учета длины кабеля), кг | 46 |

Срок службы заземлителя не менее 35 лет

Заземлители поставляются в комплекте с комплектующими материалами, необходимыми для установки заземлителей в скважины или траншею и подключения кабелей присоединения к магистральному кабелю анодной линии.

Подключение кабелей присоединения к магистральному кабелю анодной линии при подземной прокладке производится с использованием кабельных зажимов (КЗ) или термитной сварки (ТС). Для изоляции кабельных соединений используются термоусаживаемые материалы. Подключение кабелей присоединения к магистральному кабелю анодной линии с помощью клемм контрольно-измерительной колонки производится с использованием кабельных жил кабеля и кабельных наконечников используются термоусаживаемые материалы.

Заземлители могут поставляться в типовой комплектации и под заказ, в соответствии с условным обозначением комплекта поставки. Типовой комплект поставки состоит из 20 штук заземлителей, с кабелем присоединения длиной 2 м, магистрального кабеля длиной 200 м и соответствующим количеством расходных материалов для изготовления и изоляции кабельных соединений.

Состав комплекта поставки заземлителей представлен в таблице 3.4

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 59 |

Таблица 3.4 Комплектность поставки заземлителя.

| № | Наименование | Количество | |
|----|--|----------------------|----|
| | | Типовая комплектация | |
| | | КЗ | ТС |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Заземлитель анодный «Менделеевец»-ММ (43), шт. | 20 | |
| 2 | Магистральный кабель, м | 200 | |
| 3 | Техническая документация | 1 | |
| 4 | Кабельный зажим, шт | 20 | - |
| 5 | Ключ монтажный, шт. | 1 | - |
| 6 | Термит медный, кг | - | 1 |
| 7 | Спички термитные, упак. | - | 1 |
| 8 | Тигель-форма, шт. | - | 1 |
| 9 | Стакан мерный, шт. | - | 1 |
| 10 | Полумуфта с тремя кабельными выводами, шт. | 18 | |
| 11 | Полумуфта с двумя кабельными выводами, шт. | 2 | |
| 12 | Оконцеватель термоусаживаемый, шт. | 20 | |
| 13 | Клей-расплав, кг | 0,4 | |

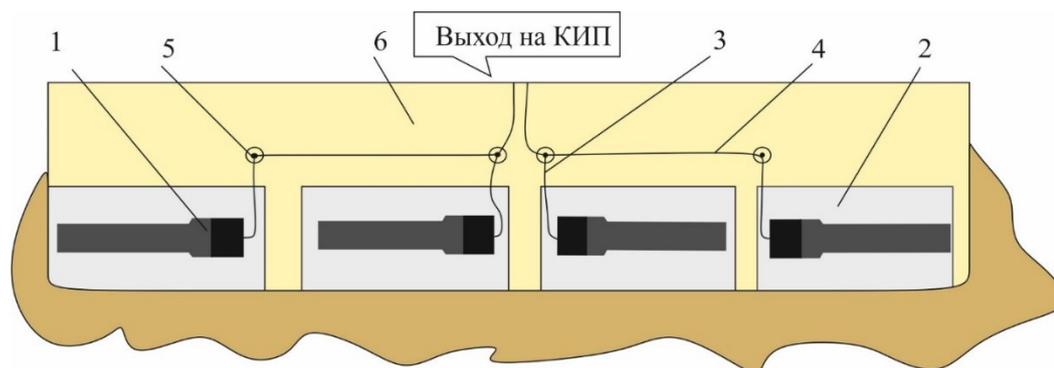
Заземлители хранят в упаковочной таре на открытых площадках и помещениях. Длительное хранение на открытой площадке необходимо осуществлять под навесом. При хранении обеспечивают условия, предотвращающие загрязнение поверхности маслами, красками и другими неэлектропроводными материалами. Не допускается воздействие солнечной радиации на оболочки кабелей заземлителей. Срок хранения заземлителей не ограничен.

Схема поля поверхностного анодного заземления с укладкой электродов анодного заземлителя в траншею, представлена на рисунке 3.2 Разметка и разработка траншеи под горизонтальную укладку электродов заземлителя должна строго соответствовать проекту катодной защиты.

В местах расположения электродов анодного заземления, производится заполнение нижней части траншеи местным грунтом, глиной, коксо-

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 60 |

- минеральным активатором или другой, предусмотренной проектом засыпкой, в объеме и на глубину согласно проекту катодной защиты.



- 1 - электрод анодного заземления;
- 2 - засыпка прианодного пространства;
- 3 - кабель присоединения электрода заземлителя;
- 4 - магистральный кабель анодного заземлителя;
- 5 - кабельное соединение;
- 6 - траншея для прокладки магистрального кабеля.

Рисунок 3.2 Схема анодного поверхностного заземления с укладкой электродов заземлителя в траншею.

3.2 Выбор электрода сравнения

Для измерения потенциала подземного металлического сооружения в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602-2016 необходимо подобрать медно-сульфатный электрод сравнения. Требованиям ПАО «Газпром» отвечает стационарный медно-сульфатный электрод сравнения СМЭС «Менделеевец». Данный электрод сравнения внесен в реестр ПАО «Газпром» и сертифицирован в системе ГОСТ Р. Имеет положительное заключение санитарно-эпидемиологической экспертизы.

Электроды сравнения СМЭС применяются в качестве стационарных медно-сульфатных электродов сравнения длительного действия в системах электрохимической защиты от коррозии и предназначены для измерения суммарного (с омической составляющей) и поляризационного (без омической составляющей) потенциалов подземного металлического сооружения.

В зависимости от конструктивного исполнения и комплекта поставки различают следующие типы и модификации электродов сравнения СМЭС:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| | | | | | | 61 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

1. СМЭС-1. Предназначен для измерения суммарного потенциала в грунтах средней коррозионной агрессивности;
2. СМЭС-2. Предназначен для измерения суммарного потенциала в любых грунтах: низкой, средней и высокой коррозионной агрессивности, в том числе засушливых, обводненных, засоленных грунтах;
3. СМЭС-2 (ВЭ). Предназначен для измерения суммарного и поляризационного (методом коммутации (отключения) вспомогательного электрода по ГОСТ 9.602) потенциалов.

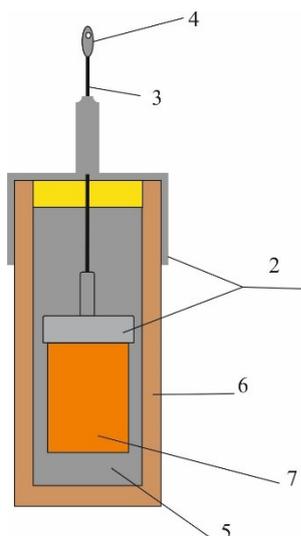
Вспомогательный электрод ВЭ «Менделеевец» (далее – электрод ВЭ) предназначен только для совместного использования с двухкорпусными медно-сульфатными электродами сравнения СМЭС-2 и как отдельное изделие не применяется. Допускается поставка электродов ВЭ как запасных частей к двухкорпусным медно-сульфатным электродам сравнения СМЭС-2 и СМЭС-2 (ВЭ).

Электроды сравнения СМЭС и электроды ВЭ (далее – электроды) устанавливаются в грунт на глубину укладки трубопровода ниже глубины промерзания грунта для данного климатического района.

Электроды сравнения являются стационарными и устанавливаются в грунт на глубину укладки трубопровода обязательно ниже глубины промерзания грунта (рисунок 3.3).

Электроды устанавливаются в местах, определяемых проектом катодной защиты, с выводом измерительных проводов на контрольно-измерительные пункты (КИП) или станции катодной защиты (СКЗ).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| | | | | | | 62 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |



- 1 – внутренний корпус;
- 2 – термоусаживаемая муфта;
- 3 – измерительный кабель;
- 4 – кабельный наконечник;
- 5 – бентонитовая смесь;
- 6 – внешний корпус

Рисунок 3.3. – Конструкция электрода.

Конструкция электрода сравнения СМЭС обеспечивает создание и поддержание постоянного стабильного электролитического контакта с рабочей поверхностью электрода с грунтом, при измерении потенциала защищаемых подземных металлических сооружений относительно грунта (потенциал «труба-земля») в течение всего срока эксплуатации. Основные технические характеристики электродов сравнения СМЭС приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Основные технические характеристики электродов сравнения СМЭС

| Наименование параметров | Значение | |
|---|----------|--------|
| | СМЭС-1 | СМЭС-2 |
| Потенциал по отношению к хлорсеребряному электроду сравнения, мВ | 120±15 | 100±15 |
| Переходное электрическое сопротивление, Ом, не более | 100 | 3000 |
| Стабильность потенциала (неполяризуемость), мВ/мкА, не хуже | ±2 | |
| Разница потенциалов электродов изготовленных в одной партии, мВ, не более | 7,5 | |

| | | |
|--|--------------------------|-----|
| Допустимое изменение потенциала (стабильность потенциала во времени), мВ, не более - за 30 суток - за 90 суток | 15 | |
| | 30 | |
| | | |
| Длина измерительного кабеля, м | По заказу | |
| Марка кабеля | ВПП 1x6 или аналогичный | |
| Марка кабельного наконечника | ТМ 6-6-4 или аналогичный | |
| Габаритные размеры (без учета длины кабеля): - высота, мм, не более - диаметр, мм, не более | 390 | 390 |
| | 120 | 160 |
| | | |
| Масса (в состоянии поставки, без учета массы кабеля), кг, не более | 5 | |
| | 9 | |
| Климатическое исполнение | О5 по ГОСТ 151150 | |
| Рабочий диапазон температур, °С | от минус 5 до +45 | |
| Срок службы, лет, не менее | 15 | |

Основные технические характеристики вспомогательных электродов приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.7– Основные характеристики вспомогательных электродов

| Параметр | ВЭ1250 | ВЭ625 | ВЭ312 | ВЭ156 |
|---|------------------------------|-------|-------|-------|
| Площадь стального электрода, мм ² | 1250 | 625 | 312 | 156 |
| Марка стали | Ст3 | | | |
| Длина измерительного кабеля, м | По заказу | | | |
| Марка кабеля | ВПП 1x2,5 или аналогичный | | | |
| Марка кабельного наконечника | ТМ 2,5-6-2,6 или аналогичный | | | |
| Габаритные размеры без учета длины кабеля (ДхШхВ), мм, не более | 130x55x25 | | | |
| Масса (без учета массы кабеля), кг, не более | 0,3 | | | |
| Климатическое исполнение | О5 по ГОСТ 151150 | | | |
| Рабочий диапазон | От минус 5 до +45 | | | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 64 |

| | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Параметр | ВЭ1250 | ВЭ625 | ВЭ312 | ВЭ156 |
| Площадь стального электрода, мм ² | 1250 | 625 | 312 | 156 |
| температур, °С | | | | |
| Срок службы, лет, не менее | 15 лет | | | |

Комплект поставки электродов сравнения СМЭС-1 и СМЭС-2
приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Комплект поставки электродов сравнения СМЭС-1 и
СМЭС-2

| № | Наименование | Количество, шт. |
|---|---|-----------------------------|
| 1 | Электрод сравнения СМЭС «Менделеевец» (СМЭС-1-х или СМЭС-2-х) | N |
| 2 | ХИМС.01.018 РЭ Руководство по эксплуатации | N |
| 3 | Индивидуальная упаковка | N |
| 4 | Ящик тарный под СМЭС | 1 (в зависимости от заказа) |

Комплект поставки электродов сравнения со вспомогательными
электродами СМЭС-2(ВЭ) приведен в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Комплект поставки электродов сравнения со
вспомогательными электродами СМЭС-2(ВЭ).

| № | Наименование | Количество, шт |
|------|---|-----------------------------|
| 1 | Электрод сравнения СМЭС | |
| 1.1. | Электрод сравнения СМЭС «Менделеевец» (СМЭС-1-х или СМЭС-2-х) | N |
| 1.2. | ХИМС.01.018 РЭ Руководство по эксплуатации | N |
| 1.3. | Индивидуальная упаковка | N |
| 1.4. | Ящик тарный под СМЭС | 1 (в зависимости от заказа) |
| 2 | Вспомогательный электрод | |
| 2.1. | Вспомогательный электрод ВЭ «Менделеевец» (ВЭxxx-х) | N |
| 2.2. | Пластиковые хомуты | 2x N |
| 2.3. | Ящик тарный под ВЭ | 1 (в зависимости от заказа) |

Комплект поставки электродов ВЭ приведен в таблице 3.10

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 65 |

Таблица 3.10 – Комплект поставки электродов ВЭ

| № | Наименование | Количество, шт. |
|----|---|-----------------------------|
| 1. | Вспомогательный электрод ВЭ «Менделеевец» (ВЭxxx-х) | N |
| 2. | Пластиковые хомуты | 2x N |
| 3. | ХИМС.01.018.19 ЭТ Этикетка | 1 |
| 4. | Ящик тарный под ВЭ | 1 (в зависимости от заказа) |

3.3 Выбор типа установки катодной защиты

Согласно расчетам, произведем подбор станции катодной защиты для нашего участка. Исходя из результатов расчета, для нашего случая оптимальным вариантом будет комплекс модульной защиты производства ООО «НПО «Нефтегазкомплекс-ЭХЗ» КМО НГК-ИПКЗ-Евро. Данное оборудование внесено в реестр ПАО «Газпром» и сертифицировано в системе ГАЗПРОМСЕРТ. Отвечает требованиям ГОСТ Р 51164-98, ГОСТ 9.602-2016, ОТТ к модульным станциям катодной защиты ПАО «Газпром» и СТО Газпром 9.4-023-2013.

Преобразователь конструктивно выполнен в виде модулей. Модули размещаются внутри Еврошкафа со степенью защиты IP20 — для установки внутри помещений, блок-боксов ЭХЗ и др., со степенью защиты IP34 — для установки на открытом воздухе. Все модули смонтированы в еврокрейте, межблочные соединения выполнены на кросс-плате, что обеспечивает максимальное удобство при установке или снятии силовых модулей.

Применено микроконтроллерное управление силовыми модулями, что позволило обеспечить равномерное распределение нагрузки, контроль дополнительных параметров работы станции.

Обеспечена возможность работы комплекса модульной защиты в режиме стабилизации поляризационного потенциала. Введена схема активной коррекции коэффициента мощности, позволяющая достигнуть значения $> 0,97$ (соответствие евростандартам EN 61000-3-2; МЭК/IEC6100-3-2 и ГОСТ 30804.3.2-2013).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 66 |

Выполнены требования по электромагнитной совместимости (ЕМІ) евростандартов EN 50 082/2 (VDE0839.82-2) и EN 50 081/2 (VDE0839.8-2), а также ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005), ГОСТ 30804.6.4-2013 (IEC 61000-6-4:2006).

Комплекс модульной защиты НГК-ИПКЗ-Евро (далее КМО) предназначен для электрохимической защиты подземных стальных сооружений от почвенной коррозии, сбора и обработки информации о коррозионных процессах и противокоррозионной защите и передачи этой информации по цифровому интерфейсу в системы телемеханики. Так же КМО НГК-ИПКЗ-Евро поддерживает режимы телеизмерения (ТИ), телесигнализации (ТС), телеуправления (ТУ) и телерегулирования (ТР).

СКЗ НГК-ИПКЗ-Евро позволяет производить мониторинг коррозионных процессов в одной точке – точке дренажа.

Функциональные возможности:

- работа в режиме автоматической стабилизации выходного тока;
- работа в режиме автоматической стабилизации защитного или поляризационного потенциала защищаемого сооружения;
- автоматический переход в режим стабилизации выходного тока при обрыве в цепи электрода сравнения;
- работа в режиме стабилизации выходного напряжения (при проведении интенсивных измерений);
- защита от импульсных (грозовых) перенапряжений по всем цепям внешней коммутации;
- измерение, отображение на встроенном индикаторе модуля управления кмо-бу-евро и передача по интерфейсу в систему телемеханики следующих параметров:
 - выходной ток преобразователя;
 - потенциал (поляризационный, защитный) сооружения в точке дренажа;
 - выходное напряжение преобразователя;
 - режим работы преобразователя;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| | | | | | | 67 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

- режим управления преобразователем (ручной, дистанционный);
- время защиты сооружения;
- текущие дата и время;
- время наработки основного и резервного преобразователя;
- состояние пластин индикатора скорости коррозии бпи-2;
- данные о скорости и глубине коррозии от икп (от 1 до 8 индикаторов);
- значение напряжения основной или *резервной* 1 линии питания ~ 230 в;²
- накопленный расход электроэнергии основной и *резервной* линии ~ 230 в;²
- работа основного либо резервного преобразователя;
- состояние силовых модулей;
- температура в шкафу кмо.

Дистанционное управление по интерфейсу следующими режимами преобразователя:

- режим работы;
- включение и выключение режима ожидания преобразователя.

Дистанционное регулирование по интерфейсу следующих параметров:

- выходной ток преобразователя;
- потенциал (поляризационный, защитный) сооружения;
- выходное напряжение преобразователя.

В таблице 3.11 представлены основные характеристики КМО НГК-ИПКЗ-Евро.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 68 |

Таблица 3.11 – Основные характеристики КМО НГК-ИПКЗ-Евро

| Наименование | Номинальная выходная мощность канала, кВт | Номинальное выходное напряжение канала, В | Номинальный суммарный выходной ток, А |
|--------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-0,2(24) | 0,2 | 24 | 8,3 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-1,25(48) | 1,25 | 48 | 26,1 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-0,6(24) | 0,6 | 24 | 24,9 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-0,8(24) | 0,8 | 24 | 33,2 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-1,0(24) | 1,0 | 24 | 41,5 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-1,2(24) | 1,2 | 24 | 49,8 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-1,0(48) | 1,0 | 48 | 21,0 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-0,4(24) | 0,4 | 24 | 16,6 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-2,0(48) | 2,0 | 48 | 42,0 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-2,5(48) | 2,5 | 48 | 52,2 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-3,0(48) | 3,0 | 48 | 63,0 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-1,0(96) | 1,0 | 96 | 10,5 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-2,0(96) | 2,0 | 96 | 21,0 |
| КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-3,0(96) | 3,0 | 96 | 31,5 |

Из представленного выбора типов исполнения КМО НГК-ИПКЗ-Евро подберем станцию катодной защиты согласно выполненным расчетам. Для нашего участка наиболее оптимальным является КМО НГК-ИПКЗ-Евро(ХН)-0,2(24).

В таблице 3.12 представлен комплект поставки КМО НГК-ИПКЗ-Евро

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 69 |

. Таблица 3.12 – Комплект поставки КМО НГК-ИПКЗ-Евро

| № | Наименование | Количество |
|-------|--|------------|
| 1 | КМО-НГК-ИПКЗ-Евро в составе: | 1 |
| 1.1. | Шкаф 19” монтажный (по ГОСТ 28601.2-90) IP20 (IP34) | 1 |
| 1.2. | Преобразователь катодной защиты | 1 |
| 1.3. | Модуль автоматического включения резерва БАВР | 1 |
| 1.4. | Модуль защиты от импульсных перенапряжений (МЗПП) | 1 |
| 1.5. | Концевой выключатель «Открытие двери шкафа» | 1 |
| 1.6. | Провод внешнего заземления шкафа | 1 компл. |
| 1.7. | Система автоматического переключения на резервную линию ~220В | |
| 1.8. | Модуль аккумуляторных батарей АКБ БУ (корпус модуля; блок аккумуляторов) | |
| 1.9. | Система принудительной вентиляции шкафа | |
| 1.10. | Счётчик активной электроэнергии основной линии ~230 В | |
| 2 | Подставка для шкафа КМО | |
| 3 | Ключи от шкафа КМО (не менее 2-х шт.) | 1 компл. |
| 4 | Руководство по эксплуатации КМО НГК-ИПКЗ-Евро | 1 |
| 5 | Паспорт КМО НГК-ИПКЗ-Евро | 1 |
| 6 | КИП анодного заземлителя НГК-КИП | |
| 7 | Система коррозионного мониторинга НГК-СКМ в составе: | |
| 7.1. | Модуль контроллера сопряжений (КССМ) | |
| 7.2. | Устройства защиты НГК-СКМ от импульсных перенапряжений | |
| 7.3. | Устройство бесперебойного питания АКБ СКМ (2 блока аккумуляторов)* | |
| 7.4. | КИП мониторинга коррозионных процессов НГК-КИП-М | |
| 7.5. | КИП точки дренажа и мониторинга коррозионных процессов НГК-КИП-СМ | |
| 7.6. | Руководство по эксплуатации НГК-СКМ | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | Обоснование проведенного анализа по результатам данных | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 70 |

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективностям проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережение

Подземный трубопровод с одним единственным сквозным проржавлением уже не пригоден для нормальной эксплуатации, хотя он еще на 99,99% цел и невредим. Если трубопровод с отверстием в стенке – это газопровод высокого давления, то упомянутое разрушение (всего лишь 0,01% от целого) может дорого стоить обществу, случись авария со взрывом и огнем. Убытки от коррозии в мире настолько огромны, что общество вынуждено тратить ежегодно десятки, а может и сотни миллиардов долларов на борьбу с ней. Общая сумма прямых коррозионных потерь в США составляет около 70 млрд. долларов в год, т.е. более 4% валового национального продукта. Подсчитано, что около 15% этих потерь можно было бы избежать, своевременно используя современные средства защиты.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является сравнение двух существующих способов поддержания надежности эксплуатации МГ, а также оценка экономических показателей от внедрения систем ЭХЗ.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности введения ЭХЗ;
- расчет затрат на реализацию проекта;
- планирование научно-исследовательских работ и работ по реализации.

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|------|-------------|
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | 71 | 101 |
| Консульт. | | | | | НИ ТПУ | | ИШПР |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | ГРУППА | | 254Б |

С учетом решения данных задач была сформирована структура и содержание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Расчет затрат на реализацию проекта

4.2.1 Расчет капитальных затрат

Одним из основных показателей при расчете экономической эффективности являются капитальные затраты. Они состоят из двух составляющих: капитальные вложения на проектирование и капитальные вложения на реализацию проекта [13].

1. Капитальные вложения на проектирование средств ЭХЗ согласно смете составляют:

$$K_{пр} = 5\,577\,824 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения на реализацию проекта включает:

2. Затраты на приобретение оборудования (таблица 4.1);

Таблица 4.1 – Стоимость оборудования

| Наименование оборудования | Един. изм. | Кол. | Цена за единицу, руб. | Всего, руб. |
|--|------------|------|-----------------------|-------------|
| КМО-НГК-ИПКЗ-Евро-2.0/48/У2 | шт. | 2 | 7 755 336 | 15 510 672 |
| Анодный заземлитель «Менделеевец»-ММ | комплект. | 1 | 350 677 | 350 677 |
| Медносульфатный электрод сравнения, неполяризующийся | шт. | 30 | 17 952 | 538 565 |
| Пункт контрольно-измерительный на 6 силовых и 12 измерительных зажимов | шт. | 30 | 15 000 | 450 000 |
| Блок-бокс с утепленной оболочкой, освещением, отоплением и вентиляцией | шт. | 2 | 1 236 857 | 2 473 714 |
| Дизель-электрическая установка | шт. | 1 | 2 500 811 | 2 500 811 |
| Трансформатор ОМП 10/10-0,23 | шт. | 1 | 70 000 | 70 000 |
| Разъединитель РЛНД 1-10-200 | шт. | 1 | 15 000 | 15 000 |

| Наименование оборудования | Един. изм. | Кол. | Цена за единицу, руб. | Всего, руб. |
|----------------------------------|------------|------|-----------------------|-------------|
| Предохранитель ПКТ 101-10-2-12,5 | шт. | 1 | 3 500 | 3 500 |
| Разрядник РВО-10 У1 | шт. | 1 | 1 500 | 1 500 |
| | | | Итого К _{об} | 21 914 439 |

3. Транспортные затраты на доставку оборудования составляют 5% от стоимости оборудования:

$$K_{\text{тр}} = 0,05 \cdot 21\,914\,439 = 1\,095\,721,95 \text{руб.}$$

4. Расчет амортизационных отчислений для оборудования электрохимической защиты от коррозии магистрального газопровода проведен согласно постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 06.07.2015) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы" представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 — Амортизационные отчисления для оборудования электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов

| № | Наименование | Амортизационная группа | Норма амортизации | Сумма амортизации за 1 год, рублей |
|---|--|------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 1 | Блок-бокс с утепленной оболочкой, освещением, отоплением и вентиляцией | 7 группа | 8 % | 197 897 |
| 2 | Комплекс модульного оборудования НГК-ИПКЗ-Евро-2.0/48/У2 | 6 группа | 6,8 % | 1 054 725 |
| 3 | Дизель-электрическая установка | 6 группа | 6,8 % | 170 055 |
| 4 | Пункт контрольно-измерительный | 6 группа | 5,3 % | 23 850 |
| 5 | Медносульфатный электрод сравнения, неполяризующийся | 5 группа | 4,8% | 25 851 |
| 6 | Анодный заземлитель «Менделеевец»-ММ | 5 группа | 5,5% | 19 287 |

| | | | | |
|---|--|----------|------------------|-----------|
| 7 | Комплекс вспомогательного оборудования | 6 группа | 7 % | 6 300 |
| | | | <i>Итого (А)</i> | 1 497 965 |

Объединим в один комплекс трансформатор ОМП 10/10-0,23, разъединитель РЛНД 1-10-200, предохранитель ПКТ 101-10-2-12,5, разрядник РВО-10 У1, т.к. они являются вспомогательными устройствами, подключаемых к системе электрохимической защиты магистральных трубопроводов от коррозии и принадлежат к 6 амортизационной группе, с нормой амортизации 7%.

Затраты на материалы представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Затраты на материалы

| № п/п | Наименование | Ед. | Кол-во | Цена | Сумма, руб. |
|------------------------|-------------------------|-----|--------|-----------|-------------|
| 1 | Затраты на топливо | - | 1 | 1 500 000 | 1 500 000 |
| 2 | Строительные материалы | - | 1 | 2 500 000 | 2 500 000 |
| 3 | Лакокрасочные материалы | - | 1 | 900 000 | 900 000 |
| 4 | Другие затраты | - | 1 | 500 000 | 500 000 |
| ИТОГО К _{мат} | | | | | 5 400 000 |

5. Затраты на демонтаж старого и на монтаж нового оборудования представлены в таблице 4.

Монтаж и демонтаж оборудования производится специалистами инженерно-технического отдела. Рассмотрены основные виды работ, которые необходимы для проведения реконструкции средств электрохимической защиты и представлены в таблице 4.4. Данные виды работ относятся к контрагентным услугам.

Таблица 4.4 – Затраты на демонтаж старого и на монтаж нового оборудования

| № | Наименование работ | Обоснование работ | Сумма затрат, руб. |
|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| Демонтаж системы ЭХЗ | | | |
| 1. | Демонтаж средств ЭХЗ: | 1. Демонтаж | 84 627,52 |

| № | Наименование работ | Обоснование работ | Сумма затрат, руб. |
|----------------------|--|---|--------------------|
| Демонтаж системы ЭХЗ | | | |
| | оборудования СКЗ, стоек КИП | устройств катодной защиты высоковольтного УКЗВ с разборкой защитного заземления; 2. Демонтаж стоек КИП с кабелями сечением 6 мм ² | |
| 2. | Демонтаж участка воздушной линии электропередачи | 1. Демонтаж проводов ВЛ 10 кВ; Демонтаж разъединителей РЛНД-1-10/200; 2. Демонтаж трансформатора напряжения однофазного силового ОМП-10/10-0,23; 3. Демонтаж опор ВЛ 0,38-10 кВ. | 382 983 |

| | | | |
|--------|---|---|-----------|
| 3. | Вывоз демонстрированных конструктивных элементов ВЛ | <p>1. Вывоз конструкций и материалов демонтированных опор ВЛ 0,38-10 кВ;</p> <p>2. Погрузка демонтированного провода АС-35, трансформатора, блок-бокса, РЛНД, стоек, электродов сравнения при автомобильных перевозках.</p> | 206 454,5 |
| ИТОГО: | | | 674,065 |

| № | Наименование работ | Обоснование работ | Сумма затрат, руб. |
|--------------------|---|---|--------------------|
| Монтаж системы ЭХЗ | | | |
| 1. | Разработка траншей для канализации кабельных линий, установки средств системы ЭХЗ | 1. Разработка грунта в траншеях экскаватором. | 290 124 |
| 2. | Устройство участка канализированных кабельных линий электропередачи взамен демонтированного участка воздушных линий | <p>1. Прокладка кабеля ВБбШв 3х35мм² в готовых траншеях без покрытий;</p> <p>2. Прокладка опознавательной (сигнальной) ленты ЛСГ200.</p> | 2 065 379,73 |
| 3. | Прокладка в траншеях кабеля системы катодной защиты | <p>1. Прокладка кабелей ВБбШв 2х25 мм², ВБбШв 2х6 мм² в готовых траншеях без покрытий;</p> <p>2. Прокладка кабеля ВБбШв 4х1,5 мм² в готовых траншеях без покрытий.</p> | 240 764,3 |

| № | Наименование работ | Обоснование работ | Сумма затрат, руб. |
|--------------------|--|--|--------------------|
| Монтаж системы ЭХЗ | | | |
| 4. | Отсыпка площадок под блок-боксы щебнем | 1. Отсыпка площадки щебнем с послойным уплотнением; | 412 783,38 |
| 5. | Монтаж площадки под блок-боксы 3,4x2,5 м | 1. Гидроизоляция боковая обмазочная мастикой битумно-полимерной в 2 слоя поверхностей трубного фундамента; 2. Монтаж площадок под блок-боксы с настилом и ограждением из листовой, рифленой, просечной, прокатной стали; 3. Монтаж лестниц прямолинейных с ограждением для площадок под блок-боксы; 4. Огрунтовка металлических поверхностей; 5. Окраска металлических огрунтованных поверхностей. | 838 561,88 |

| | | | |
|--------|--|--|--------------|
| 6. | Монтаж оборудования СКЗ | 1. Монтаж устройства катодной защиты высоковольтного УКЗВ с устройством защитного заземления. | 3 567 658,85 |
| 7. | Трансформатор напряжения установленный на опоре | 1. Монтаж ранее демонтированного трансформатора (преобразователя). | 78 052,64 |
| 8. | Установка стоек КИП, электродов сравнения, термитная приварка катодных выводов | 1. Установка стойки КИП с кабелями сечением: 2х6 мм ² ; 2. Установка неполяризующегося электрода сравнения; 3. Термитная приварка и изоляция катодного вывода (кабеля). | 1 074 996 |
| 9. | Засыпка траншей при устройстве кабельной канализации | 1. Засыпка траншей и котлованов. | 62 277,91 |
| ИТОГО: | | | 8 630 598,69 |

Итого затраты на демонтаж и монтаж оборудования составляют 9 218 482,71 руб.

6. Общая сумма капитальных затрат составляет:

$$K = K_{\text{пр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{тр}} + A + K_{\text{мат}} + K_{\text{дм}} = 5\,577\,824 + 21\,914\,439 + 1\,095\,721,95 + 1\,497\,965 + 5\,400\,000 + 9\,218\,482,71 = 39\,704\,432$$

Таким образом, общая сумма капитальных затрат составила 39 704 432 руб.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 78 |

4.2.2 Расчет эксплуатационных издержек

1. Затраты на все виды ремонта, кроме капитального, составляют 2 % от стоимости капитальных затрат:

$$З_p = 39\,704\,432 \cdot 0,02 = 794\,088 \text{ руб.}$$

2. Затраты на содержание и обслуживание составляют 3 % от стоимости капитальных затрат:

$$З_{\text{обс}} = 39\,704\,432 \cdot 0,03 = 1\,191\,132 \text{ руб.}$$

3. Фонд оплаты труда: численность производственного и инженерно-технического персонала принята в количестве 10 человек. Заработные платы представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Фонд оплаты труда

| № п/п | Должность | Числ. | Заработная плата в месяц с районным коэффициентом, руб. | Заработная плата в год, руб. |
|-------------------------------|----------------------|-------|---|------------------------------|
| 1 | Мастер | 2 | 80 000 | 1 920 000 |
| 2 | Инженер-технолог | 2 | 50 000 | 1 200 000 |
| 3 | Монтер ЭХЗ 5 разряда | 4 | 45 000 | 2 160 000 |
| 4 | Слесарь | 2 | 40 000 | 2 400 000 |
| <i>Итого(З_{зар})</i> | | | | 7 680 000 |

4. Социальные отчисления указаны в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Социальные отчисления

| Фонд | Размер взноса от зарплаты, % | Сумма, руб |
|--|------------------------------|------------|
| Пенсионный фонд | 22 | 1 689 600 |
| Фонд медицинского страхования | 5,1 | 391 680 |
| Фонд социального страхования | 2,9 | 222 720 |
| Страхование от несчастных случаев и производственных заболеваний (класс 1) | 0,2 | 15 360 |
| <i>Итого (К_{соц})</i> | | 2 319 360 |

5. Затраты на электроэнергию: установленная электрическая мощность станции катодной защиты не более 0,4 кВт/час, исходя из местного тарифа (3 руб/кВт·час) и из того, что оборудование будет работать 24

часа в сутки и 365 дней в году затраты составят:

$$Z_{\text{эл}} = 24 \cdot 365 \cdot 0,4 \cdot 3 = 10\,512 \text{ руб.}$$

6. Прочие затраты составляют 5 % от стоимости капитальных затрат:

$$Z_{\text{проч}} = 39\,704\,432 \cdot 0,05 = 1\,985\,221 \text{ руб.}$$

7. Общая сумма эксплуатационных издержек составляет:

$$Z_{\text{экс.общ}} = Z_{\text{р}} + Z_{\text{обс}} + Z_{\text{зар}} + K_{\text{соц}} + Z_{\text{соц}} + Z_{\text{эл}} + Z_{\text{проч}} = 794\,088 + 1\,191\,132 + 7\,680\,000 + 2\,319\,360 + 10\,512 + 1\,985\,221 = 13\,980\,313 \text{ руб.}$$

4.2 Расчет экономической эффективности

Определим годовую экономическую эффективность от применения электрохимической защиты газопровода длиной 60 км, диаметром 1020 мм. Предположим, что участки с дефектными повреждениями, подлежащими замене, в сумме располагаются в диапазоне 1000 м. Произведем экономический расчет затрат по замене дефектных участков.

Стоимость строительно-монтажных работ, труб и материалов по замене дефектных участков трубопровода диаметром 1020 мм в условиях ООО «Газпром трансгаз Томск» определяется по формуле:

$$C_{\text{Б}} = C_{\text{СМР}} + C_{\text{ТР}} + C_{\text{МАТ}} = 75\,000\,000 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{Б}}$ [10^6 руб/км] – общая стоимость работ; $C_{\text{СМР}} = 70 \cdot 10^6$ руб/км – стоимость строительно-монтажных работ; $C_{\text{ТР}} = 3 \cdot 10^6$ руб/км – стоимость трубы; $C_{\text{МАТ}} = 2 \cdot 10^6$ – стоимость материалов.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|---|------|
| | | | | | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 80 |

Годовой экономический эффект от внедрения нового оборудования:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = C_{\text{Б}} - \mathcal{Z}_{\text{экс.общ}} = 75\,000\,000 - 13\,980\,313 = 61\,019\,687 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений – это отношение затрат на модернизацию к годовому экономическому эффекту:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{39\,704\,432}{61\,019\,687} = 0,65 \text{ лет}$$

Коэффициент экономической эффективности – отношение годового экономического эффекта к затратам на создание и внедрение новой системы управления составит:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{K} = \frac{61\,019\,687}{39\,704\,432} = 1,53$$

Результаты экономического обоснования сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Экономическое обоснование проекта

| Статьи затрат | Затраты | Единицы измерений |
|--|--------------|-------------------|
| Капитальные затраты | | |
| Стоимость нового оборудования | 21 914 439 | руб. |
| Транспортные расходы | 1 095 721,95 | руб. |
| Зарботная плата работникам (контрагентам) | 9 218 482,71 | руб. |
| Материальные затраты | 5 400 000 | руб. |
| Проектирование | 5 577 824 | руб. |
| Итого | 39 704 432 | руб. |

| Эксплуатационные издержки | | |
|--|---------------|-------------|
| Затраты на ремонт | 794 088 | руб. |
| Содержание и обслуживание приборов и средств автоматизации | 1 191 132 | руб. |
| Заработная плата работникам | 7 680 000 | руб. |
| Социальные отчисления | 2 319 360 | руб. |
| Затраты на электроэнергию | 10 512 | руб. |
| Прочие затраты | 1 985 221 | руб. |
| Итого | 15 685 171,59 | руб. |
| Годовой экономический эффект | 61 019 687 | руб. |
| Срок окупаемости капитальных затрат | 0,65 | год |
| Коэффициент экономической эффективности | 1,53 | – |

5. Социальная ответственность

Что такое социальная ответственность – это ответственность перед обществом или людьми, когда подразделение или организация учитывают интересы общества и коллектива. Компания берет на себя ответственность за работников, поставщиков, акционеров и заказчиков (ГОСТ Р ИСО 26000-2012) [14].

Условным рабочим местом является участок магистрального газопровода «3108» 36,6-96,6 км. Исследуемый участок находится в пределах Кемеровской области. В данном районе климат является континентально-циклонический. 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 Производственная безопасность

При прокладке трубопровода подземным способом вредные и опасные факторы сопутствуют на протяжении всего времени выполнения работ. Социальная ответственность обеспечивает безопасную жизнедеятельность человека, которая в основном зависит от правильной оценки производственных факторов. Производственные факторы могут вызвать изменения в организме человека. Факторами служат производственная среда,

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|---------------|------|-------------|
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Социальная ответственность | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 83 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ | | ИШПР |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | ГРУППА | | 254Б |

умственная и физическая нагрузка, нервное напряжение, эмоциональное напряжение, климат и сочетание причин.

Для целостного представления об источниках вредностей и опасностей и всех основных выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, ниже представлена таблица 5.1 «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении реконструкции».

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием ГОСТ 12.0.003–2015 [2]. Название вредных и опасных производственных факторов в работе соответствуют приведенной классификации. Определены название характерных видов работ и вредных производственных факторов (ОВПФ).

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении реконструкции.

| Наименование видов работ | Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ) | | Нормативные документы |
|--|--|--|-------------------------------|
| | Вредные | Опасные | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Монтаж, эксплуатация и ремонт автоматических станций катодной защиты и автоматических электродренажных установок; | 1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; | 1. Факторы связанные с электрическим током; | - ВРД 39-1.10-006-2000* [20] |
| 2. Проведение контрольных электроизмерений на подземных | 2. Климатические и погодные условия на рабочем месте; | 2. Факторы физической природы(обусловленные свойствами воспламеняться, гореть, тлеть, взрываться и т.п.) | - ГОСТ Р 51164-98 [21] |
| | 3. Укусы насекомых; | | - ГОСТ 9-602-2005 [22] |
| | 4. Движущиеся | | - ГОСТ 12.0.003-74 [23] |
| | | | - ГОСТ Р 12.1.019-2009 [24] |
| | | | - ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [37]; |

| | | | |
|---|--|--|---|
| трубопроводах и источниках блуждающих токов в сложных коррозионных условиях; 3. Определение степени коррозионной активности грунта; 4. Проверка изоляционных покрытий трубопровода визуальным и инструменталь ными методами. | газообразные объекты в рабочем месте. | | - ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ [37]. ГОСТ 5542- 2014 [38] ОСТ 51-45-76 [39] |
|---|--|--|---|

5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Персонал службы электрохимической защиты магистрального газопровода подвержены воздействию вредных факторов:

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны.

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. Хорошие световые условия оказывают благоприятное психофизическое воздействие на работоспособность и активность человека, на качество работы.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 85 |

Отсутствие или недостаток естественного освещения в рабочем помещении классифицируют как вредный производственный фактор.

Ниже приведена таблица норм искусственной освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях (таблица 6.2.).

Таблица 5.2 - Нормы искусственной освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях (СНиП 23-05-95) [3].

Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещено. Рекомендуется комбинированное освещение согласно СНиП 23-05-95 (таблица 5.3.) [4].

Таблица 5.3. - 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_n | | Диапазон цветовой температуры источников света, T_c , °К | | Примерные типы источников света для освещения | |
|---|---|--|----------|--|-----------|---|-----------|
| | | общего | местного | общего | местного | общего | местного |
| Различение 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.

Работы, выполняемые на объекте происходят на открытых площадках. Климат на территории Томской области континентально-циклонический. Средняя температура зимой $-18,1^{\circ}\text{C}$, средняя температура летом $+18,7^{\circ}\text{C}$.

Холод может привести к переохлаждению, высокие температуры к тепловому удару.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимний и летний периоды года в каждом из климатических регионов должны быть обеспечены спецодеждой:

- костюм от защиты от воды из синтетической ткани с пленочным покрытием;
- комбинезон для защиты от токсичных веществ и пыли из нетканых материалов;
- костюм из смешанных тканей для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с маслостойкой пропиткой или костюм из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой или костюм из огнестойких тканей на основе смеси мета- и параамидных волокон;
- костюм противоэнцефалитный;
- футболка;
- ботинки кожаные с жестким подноском или сапоги кожаные с жестким подноском;
- сапоги резиновые с жестким подноском или сапоги болотные с жестким подноском;
- нарукавники из полимерных материалов;
- перчатки с полимерным покрытием;
- перчатки резиновые или из полимерных материалов;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- очки защитные;
- маска или полумаска со сменными фильтрами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 87 |

На наружных работах зимой дополнительно:

- костюм из смешанных тканей для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий с маслостойкой пропиткой на утепляющей прокладке или костюм из смешанных тканей с огнезащитной пропиткой на утепляющей прокладке;
- жилет утепленный;
- жилет меховой;
- белье нательное утепленное;
- ботинки кожаные утепленные с жестким подноском или сапоги кожаные утепленные с жестким подноском;
- валенки с резиновым низом;
- перчатки с полимерным покрытием, нефтеморозостойкие;
- перчатки шерстяные (вкладыши).

3. Укусы насекомых

Тема укусов насекомых особо актуальна в весенне-летний период. С появлением первой травы еще до разворачивания листьев активизируется клещи. Опасность этих насекомых заключается в том, что они являются переносчиками таких опасных заболеваний, как клещевой энцефалит, боррелиоз, гемморагическая лихорадка, бабезиоз и т.д. После укуса такие симптомы, как слабость, головная боль, тошнота, могут завершиться тяжелыми поражениями центральной нервной системы, менингитными очагами, вплоть до инвалидизации пострадавшего [5].

Стоит обратить пристальное внимание на следующие факторы:

- наличие места укуса (следа укуса) или его отсутствие – не является основополагающим, т.к. согласно п. 2.2. и 2.3.5. СП 3.1.3.2352-08 «Профилактика клещевого энцефалита» [5].

2.2. Клещи заражают человека во время присасывания или их раздавливания в местах поврежденной кожи человека.

2.3.5. В отдельных случаях заражение реализуется контактным или воздушно-капельным путем (при аварийных ситуациях в лабораториях или в

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 88 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

природном очаге при заносе инфекции на слизистые оболочки при раздавливании клеща и инфицированными руками».

Перечень работ, выполнение которых связано с высоким риском заболевания инфекционными болезнями, требующих обязательного проведения профилактических прививок регламентируется Постановлением Правительства РФ от 15.07.1999 N825 [5].

4. Движущиеся газообразные объекты в рабочем месте.

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

Предельно допустимая концентрация природного газа в воздухе составляет 300 мг/м³ согласно ГОСТ 5542-2014 [6].

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 м² площади помещения согласно ОСТ 51-45-76 [7].

5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Работники службы электрохимической защиты магистральных трубопроводов от коррозии подвержены влиянию такого опасного фактора как:

1. Факторы связанные с электрическим током.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 89 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

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 газопровода, воздушные линии электропередач (ВЛ).

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 [8].

Требования охраны труда при эксплуатации установок электрохимической защиты от коррозии и электрических измерениях на газопроводах [9]:

- 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 газопроводов, 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;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 90 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

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

– электрические измерения на контрольных пунктах газопроводов, 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 газопроводов, расположенных на путях трамвая и электрифицированной железной дороги, на тяговых подстанциях и дренажных установках, персоналу запрещается: - прикасаться непосредственно или через другие предметы к контактным проводам или оборудованию, находящемуся под напряжением; - приближаться на расстояние менее 2 м к контактной сети, не огражденным проводникам или частям контактной сети; - прикасаться к оборванным 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 [10].

- Статическое электричество.

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 горючей смеси.

Для защиты от статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, газо- и конденсатопроводы, насосы и т.д. должны

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 91 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

быть заземлены. Заземление проверяется периодически один раз в год, а также после ремонтных работ [3].

Средства защиты работников делятся на средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты [11].

Средства коллективной защиты от статического электричества по принципу действия делятся на следующие виды [11]:

- заземляющие устройства;
- нейтрализаторы;
- увлажняющие устройства;
- антиэлектростатические вещества;
- экранирующие устройства.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения делятся на [10]:

- специальную одежду антиэлектростатическую;
- специальную обувь антиэлектростатическую;
- предохранительные приспособления антиэлектростатические;
- средства защиты рук антиэлектростатические.

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

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>Социальная ответственность</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 92 |

В таблице 5.4. представлены источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 5.4 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при выполнении замене средств электрохимической защиты магистрального газопровода

| Природные ресурсы и компоненты ОС | Вредные воздействия | Природоохранные мероприятия |
|-----------------------------------|--|--|
| Земля и земельные ресурсы | 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. |

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 [12].

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Магистральный газопровод «3108» является опасным производственным объектом, т.к. по нему транспортируется опасное вещество - газ природный в количествах больше, чем пороговые. Собственно объект строительства - система электрохимической защиты магистрального газопровода от коррозии в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. не относится к опасным производственным объектам [13].

Опасных веществ в соответствии с таблицами №1 и №2 приложения 2 Федерального Закона № 116-ФЗ на объекте строительства нет [13].

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

В районе замены 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).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 94 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на четыре основные группы: [15]

- 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 [7].

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

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Эффективность любого производственного процесса будет тем выше, чем рациональнее будут рассчитаны необходимые затраты времени на производство единицы продукции (выполнение работы) либо трудоемкости выполняемых работ. Практически в этом и состоит сущность нормирования труда. Правовые нормы, регулирующие вопросы, связанные с нормированием труда, собраны в главе 22 Трудового Кодекса Российской Федерации (ст. 159-163). Так, ст. 159 ТК РФ гарантирует работнику содействие государства в планомерном внедрении систем организации нормирования труда [4, с.250].

Учитывая, требования статей ТК РФ [8], регламентирующих нормирование труда, рассмотрим решение данных вопросов в ООО «Газпром трансгаз Томск».

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 95 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Предприятие является одним из ведущих в отрасли. В условиях возрастающей конкуренции на энергетических рынках осуществление мероприятий по снижению затрат на производство является одной из главных задач, стоящей перед ОАО «Газпром» (далее – Обществом). Одним из важных направлений по реализации этой задачи стало рациональное использование трудовых ресурсов, которое может быть обеспечено, в первую очередь, за счет повышения уровня организации и качества нормирования труда, а это возможно только при создании и внедрении Единой системы управления нормированием труда в ОАО «Газпром» (далее – ЕСУНТ) [4]. Цель Единой системы управления нормированием труда в ОАО «Газпром» (далее – ЕСУНТ) – обеспечение повышения эффективности хозяйственной деятельности Общества на основе совершенствования организации нормирования труда и рационального использования рабочей силы в организациях системы ОАО «Газпром» (далее – Организации). Нормирование труда, являясь важнейшим элементом в организации производства, дает возможность определить нормативные и фактические затраты труда и материально-финансовые затраты на единицу продукции, а, следовательно, влияет на повышение эффективности производства [16, с. 26].

В ПАО «Газпром» действует Единая система управления охраной труда и промышленной безопасностью, которая устанавливает единый порядок организации и проведения работы по охране труда и промышленной безопасности. Совершенствование Единой системы управления охраной труда и промышленной безопасностью, функционирующей в ПАО «Газпром», позволяет обеспечивать высокий уровень безопасности труда работников [13].

Единая система управления охраной труда ОАО "Газпром" (ЕСУОТ ПБ) устанавливает единые требования к организации безопасности труда в Обществе и регламентирует:

– единый для всех организаций ОАО "Газпром", независимо от форм собственности, порядок управления охраной труда и промышленной

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 96 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

– безопасностью в соответствии с действующим законодательством, достижениями науки и техники и отраслевыми особенностями;

– создание здоровых и безопасных условий труда, снижение производственного травматизма и профессиональных заболеваний;

– совершенствование структуры управления охраной труда в ОАО "Газпром" в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации по охране труда и нормативными актами государственных органов надзора и контроля;

Генеральной концепцией публичного акционерного общества "Газпром" и его организаций при всех видах деятельности является приоритет охраны труда и промышленной безопасности. Никакие соображения экономического, технического или иного плана не могут быть приняты во внимание, если они противоречат интересам обеспечения безопасности работающих на производстве, населения и окружающей среды.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|----------------------------|------|
| | | | | | Социальная ответственность | Лист |
| | | | | | | 97 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе привели общий анализ всех методов защиты от коррозии при подземной прокладке магистрального газопровода в зависимости от характера воздействия коррозионных процессов. Представили расчет противокоррозионной защиты для повышения эффективности магистрального газопровода путем применения метода катодной защиты с анодным заземлением.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

- Рассмотрена нормативно – техническая база, действующая в области проектировании электрохимической защиты подземных трубопроводов;
- На основе литературного материала провели анализ методов защиты газопроводов от коррозии при подземной прокладке .
- Произведен противокоррозионный расчет электрических характеристик газопровода, расчет параметров установок катодной защиты и расчет параметров анодного заземления;
- Согласно полученным данным, рекомендованы оборудовании, соответствующие к требованиям и входят в реестр ПАО «Газпром»

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

| | | | | | | | | |
|------------|------|--------------|---------|------|---|---|------|--------|
| | | | | | Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | |
| Разраб. | | Копырин К.П. | | | Заключение | Лит. | Лист | Листов |
| Руковод. | | Брусник О.В. | | | | | 98 | 101 |
| Консульт. | | | | | | НИ ТПУ ГРУППА ИШПР 254Б | | |
| Рук-ль ООП | | Брусник О.В. | | | | | | |

Список литературы:

1. Хижняков В.И. Сопротивление материалов. Коррозионное растрескивание: учеб. пособие для прикладного бакалавриата. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 5 с.;
2. 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.;
3. Ткаченко В.Н. Электрохимическая защита трубопроводных сетей: учебное пособие – Москва: СтройиздатЮ 2004. – 320 с.;
4. Медведева М.Л., Мурадов А.В., Прыгаев А.К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2013. – 48 – 98 с.;
5. ООО «Газпром трансгаз Томск» Сборник конспектов лекций Противокоррозионная защита. Выпуск 1.;
6. Никитенко Е.А., Эдельман Я.М. Монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии: учебник для профтехобразования. – Москва.: Недра, 1981. – 256 с.;
7. СТО Газпром 9.2-002-2009 Защита от коррозии. Электрохимическая защита от коррозии. Основные требования. Москва: Издательство стандартов, 2009;
8. Мустафин Ф.М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями. Уфимский государственный нефтяной технический университет. Нефтегазовое дело 2003. – 24 с.
9. СТО Газпром 9.0-001-2009 Защита от коррозии. Основные положения. Москва: Издательство стандартов, 2009

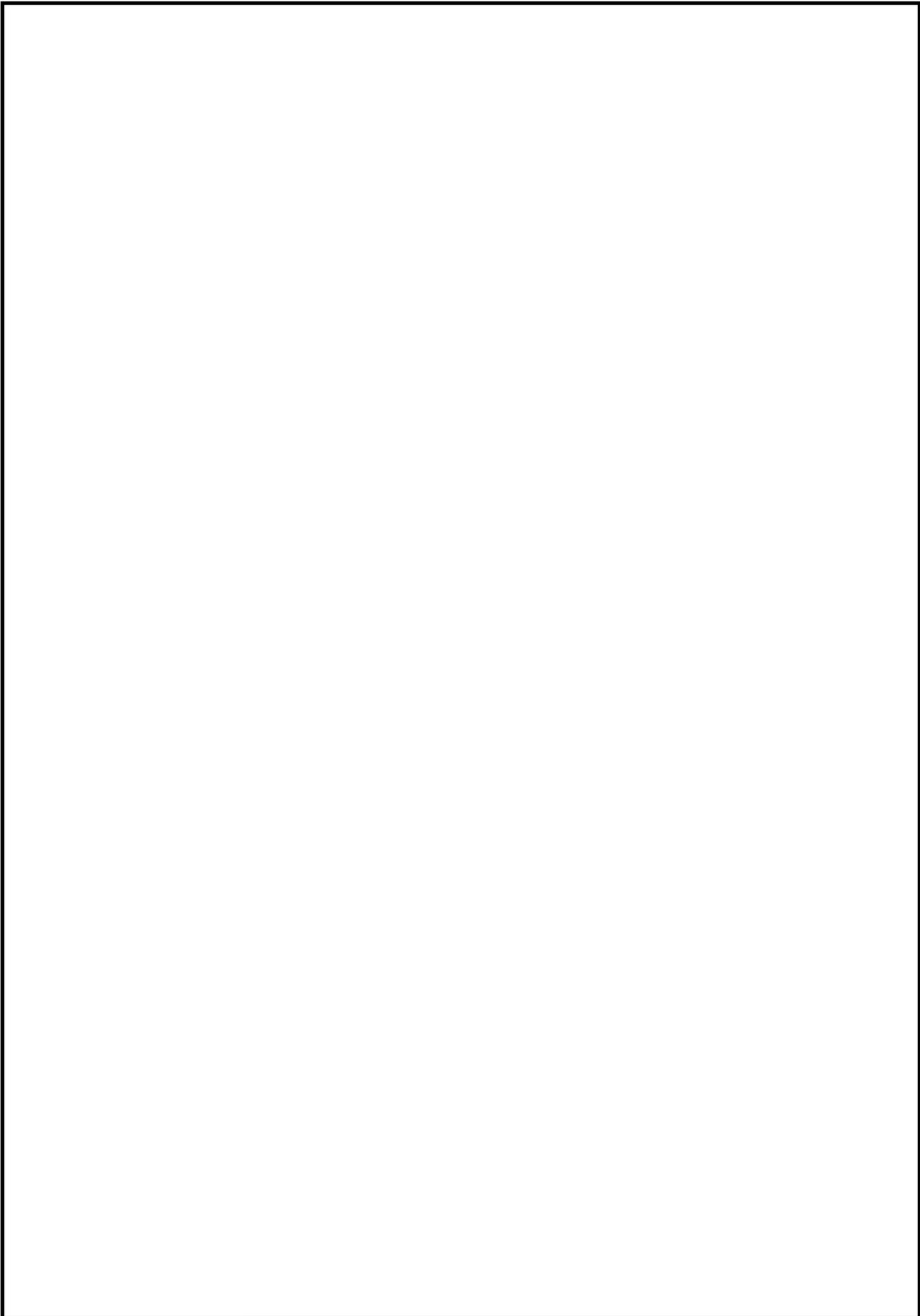
| | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|----------------|-------------|--|---|-------------|---------------|
| | | | | | <i>Защита газопроводов от коррозии при подземной прокладке</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>Копырин К.П.</i> | | | <i>Список литературы</i> | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Руковод.</i> | | <i>Брусник О.В.</i> | | | | | 99 | 101 |
| <i>Консульт.</i> | | | | | | НИ ТПУ ГРУППА ИШПР 254Б | | |
| <i>Рук-ль ООП</i> | | <i>Брусник О.В.</i> | | | | | | |

- 10.СТО Газпром 9.2-003-2009 Проектирование электрохимической защиты подземных трубопроводов. Москва: Издательство стандартов, 2009;
- 11.ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии;
- 12.ГОСТ 9-602-2016. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии;
13. Вайсбурд В.А. Экономика труда. – М.: Омега, 2011. – 375 с.;
14. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение;
- 15.ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- 16.ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление;
17. ЕСУНТ. Единая система управления нормирование труда в ОАО «Газпром»;
- 18.Постановление Правительства РФ от 15 июля 1999 г. N 825 "Об утверждении перечня работ, выполнение которых связано с высоким риском заболевания инфекционными болезнями и требует обязательного проведения профилактических прививок" (с изменениями и дополнениями);
- 19.ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. – М: Стандартиформ, 2015;
20. 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);
- 21.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);
- 22.ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | Список литературы | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 100 |

23. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты;
24. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. 1984.;
25. Мустафин Ф.М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями. Уфимский государственный нефтяной технический университет. Нефтегазовое дело 2003. – 24 с.;
26. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов";
27. ЕСУОТ. Единая система управления охраной труда в ОАО «Газпром»;
28. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";
29. СТО Газпром 9.2-005-2009 Критерии защищенности от коррозии для участков газопроводов, проложенных в высокоомных (скальных, песчаных, многолетнемерзлых) грунтах. – Москва: Издательство стандартов, 2010.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-------------------|------|
| | | | | | Список литературы | Лист |
| | | | | | | 101 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |



| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|------------------------|---|
| | | | | | Расчетная часть | Л |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 9 |