

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

---

Школа инженерного предпринимательства  
Направление подготовки 38.04.02 Менеджмент

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Тема работы**

**Организация электроснабжения электрохимической защиты  
магистральных трубопроводов**

УДК 621.31.031:622.691.4.076

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-2-ЭМ51	Деревнин Григорий Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цибулькинова Маргарита Радиевна	Кандидат географических наук, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Феденкова Анна Сергеевна	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ШИП	Хачин Степан Владимирович	Кандидат технических наук		

Томск – 2018 г.

## Запланированные результаты обучения по ООП 38.04.02 Менеджмент

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Общепрофессиональные и профессиональные компетенции</i></b>	
<b>P<sub>1</sub></b>	Умение применять теоретические знания, связанные с основными процессами управления развитием организации, подразделения, группы (команды) сотрудников, проекта и сетей; с использованием методов управления корпоративными финансами, включающие в себя современные подходы по формированию комплексной стратегии развития предприятия, в том числе в условиях риска и неопределенности
<b>P<sub>2</sub></b>	Способность воспринимать, обрабатывать, анализировать и критически оценивать результаты, полученные отечественными и зарубежными исследователями управления; выявлять и формулировать актуальные научные проблемы в различных областях менеджмента; формировать тематику и программу научного исследования, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость избранной темы научного исследования; проводить самостоятельные исследования в соответствии с разработанной программой; представлять результаты проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада
<b>P<sub>3</sub></b>	Способность анализировать поведение экономических агентов и рынков в глобальной среде; использовать методы стратегического анализа для управления предприятием, корпоративными финансами, организацией, группой; формировать и реализовывать основные управленческие технологии для решения стратегических задач
<b>P<sub>4</sub></b>	Способность разрабатывать учебные программы и методическое обеспечение управленческих дисциплин, умение применять современные методы и методики в процессе преподавания управленческих дисциплин
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
<b>P<sub>5</sub></b>	Способность понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, развивать свой общекультурный, творческий и профессиональный потенциал
<b>P<sub>6</sub></b>	Способность эффективно работать и действовать в нестандартных ситуациях индивидуально и руководить командой, в том числе международной, по междисциплинарной тематике, обладая навыками языковых, публичных деловых и научных коммуникаций, а также нести социальную и этическую ответственность за принятые решения, толерантно воспринимая социальные, этические, конфессиональные и культурные различия

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

Институт электронного обучения  
Направление 38.04.02. «Менеджмент»,  
Профиль «Экономика и управление на предприятии (нефтяной и газовой отрасли)»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Школы  
инженерного  
предпринимательства  
\_\_\_\_\_  
С.В Хачин  
«\_\_» января 2018 г.

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

**Магистерской диссертации**

(бакалаврской работы, дипломной работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
О-2-ЭМ51	Деревнин Григорий Сергеевич

Тема работы:

<b>Организация электроснабжения электрохимической защиты магистральных трубопроводов</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.12.2017
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Объект исследования: система электроснабжения станций катодной защиты. Направление деятельности: бесперебойная подача электроэнергии по всему участку трубопровода.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Цель исследования: провести технико-экономические оценки при выборе и эксплуатации установки катодной защиты. Обосновать экономическую эффективность модернизации СКЗ.
Перечень графического материала	Информационные таблицы и графики по

	результатам оценки эффективности модернизации станции катодной защиты (СКЗ).
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность «Газпром трансгаз Томск»	Феденкова Анна Сергеевна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Цибулькинова Маргарита Радиевна	к.г.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-2-ЭМ51	Деревнин Григорий Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту

Группа	ФИО
О-2-ЭМ51	Деревнин Григорий Сергеевич

Школа	Инженерного предпринимательства	Кафедра	-
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экономика и управление на предприятии НГО

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»</b>	
<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, используемого оборудования) на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического</i>	Рабочее место – ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ, линейная часть магистрального газопровода. Вредные факторы – утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу, отклонение показателей микроклимата на открытом

<p>характера, электрической, пожарной природы)  - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)  - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<p>воздухе, повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны, повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися.  Опасные факторы – статическое электричество, электрическая дуга и металлические искры при сварке.  Негативные воздействия на окружающую природную среду – загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы.  Чрезвычайные ситуации – взрывы, пожары на установке.</p>
<p>2. Список законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>- ГОСТ Р ИСО 14010-98 «Руководящие указания по экологическому аудиту»  - «Международный стандарт» ISO 14004 Второе издание 15.11.2004  - СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы»  - ГОСТ 9.032-74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения  - ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования  - ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности</p>
<p><b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b></p>	
<p>1. Анализ факторов внутренней социальной ответственности:  - принципы корпоративной культуры исследуемой организации;  - системы организации труда и его безопасности;  - развитие человеческих ресурсов через обучающие программы и программы подготовки и повышения квалификации;  - системы социальных гарантий организации;  - оказание помощи работникам в критических ситуациях.</p>	<p>Проанализировать внутреннюю политику предприятия, направленную на работу с персоналом в ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ, а так же рассмотреть вопросы:  - охрана труда;  - программы подготовки и повышения квалификации  - медицинское страхование;  - санаторно – курортное оздоровление</p>
<p>2. Анализ факторов внешней социальной ответственности:  - содействие охране окружающей среды;  - взаимодействие с местным сообществом и местной властью;  - спонсорство и корпоративная благотворительность;  - ответственность перед потребителями товаров и услуг (выпуск качественных товаров);  - готовность участвовать в кризисных ситуациях и т.д.</p>	<p>Проанализировать внешнюю социальную политику предприятия которая направлена на работу с местным сообществом и местной властью на примере ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ, а так же рассмотреть вопросы:  - охрана труда;  - промышленная безопасность;  - благотворительность;  - спонсорство;  - охрана окружающей среды.</p>

<p>3. Правовые и организационные вопросы обеспечения социальной ответственности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ правовых норм трудового законодательства;</li> <li>- анализ специальных (характерные для исследуемой области деятельности) правовых и нормативных законодательных актов;</li> <li>- анализ внутренних нормативных документов и регламентов организации в области исследуемой деятельности.</li> </ul>	<p>Официальный сайт ООО «Газпром трансгаз Томск», коллективный договор ООО «Газпром трансгаз Томск», программа стратегического ООО «Газпром трансгаз Томск» в области экологии, инновации, безопасности труда и энергоэффективность.</p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>Таблица 6 – ООО «Газпром трансгаз Томск» Таблица 7 – Определение структуры программы КСО ООО «Газпром трансгаз Томск» Таблица 8 – Определение затрат на мероприятия КСО ООО «Газпром трансгаз Томск»</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Феденкова АннаСергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
О-2ЭМ51	Деревнин Григорий Сергеевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 10 рисунков, 12 таблиц, 57 источников.

Ключевые слова: коррозия металлов, электрохимическая коррозия, анодные участки, положительный потенциал, ресурсоэффективность, система управления.

Объектом исследования является организация бесперебойного электроснабжения станций катодной защиты.

Цель работы - организовать систему электроснабжения для электрохимической защиты магистральных трубопроводов.

В процессе исследования проводилась модернизация оборудования станций катодной защиты и сделаны расчеты по ресурсоэффективности.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Степень внедрения: высокая, проект может использоваться в настоящее время и при продолжении дальнейших исследований.

Область применения: электрохимическая защита магистральных трубопроводов.

## Оглавление

Введение.....	11
1. Теоретические подходы к предотвращению коррозии магистральных газопроводов и методы борьбы с ней. ....	14
1.1 Роль электроснабжения в нефтегазовой промышленности.....	14
1.2 Физические процессы и факторы коррозионной активности .....	15
1.3 Методы защиты магистральных газопроводов от коррозии .....	25
1.3.1 Изоляционные покрытия.....	25
1.3.2 Электрохимическая защита магистральных газопроводов .....	29
1.4 Организация энергетического хозяйства предприятия и его энергоснабжения. ....	36
1.4.1 Задачи энергетического хозяйства организаций .....	37
1.4.2 Пути совершенствования организаций энергетического хозяйства предприятий.....	37
1.4.3 Система управления энергохозяйством организации .....	38
2. Организация системы электрохимической защиты и экономическое обоснование ее эффективности на примере участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км.....	41
2.1 Описание участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км .....	41
2.2 Методика расчетов для выбора СКЗ.....	42
2.3 Оценка эффективности ЭХЗ и эксплуатационного состояния защищаемых участков МГ на основе электрометрических измерений. .	48
2.3.1 Анализ результатов комплексных электрометрических измерений на участках МГ Юрга-Новосибирск (0 - 25 км).....	58
2.3.2 Методика обработки результатов измерений разности потенциалов "труба-земля" в поле блуждающих токов.....	61
2.4 Оценка энергетической эффективности модернизации станции катодной защиты (СКЗ).....	64
3. Рекомендации по модернизации электроснабжения станции катодной защиты.....	72

4 Социальная ответственность на примере ООО«Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ .....	77
4.1 Внутренняя социальная политика предприятий .....	77
4.2 Внешняя социальная политика ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ .....	80
4.3 Структура программы КСО ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ .....	84
Заключение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Список публикаций магистранта.....	89
Список использованной литературы .....	90

## **Введение**

В процессе эксплуатации магистральные газопроводы (МГ), как и большинство других металлических подземных коммуникаций, подвергаются воздействию процессов коррозии. Интенсивность этих процессов, а, следовательно, и состояние МГ зависит от целого ряда факторов, к числу которых следует отнести: коррозионную активность и характеристики грунтов в местах прокладки газопровода, глубину залегания участков газопровода, пересечениями с ЛЭП высокого напряжения или с электрифицированной железной дорогой – источниками блуждающих токов, качеством изоляционного покрытия, наличием и эффективностью настройки средств электрохимической защиты (ЭХЗ) и др.[3]

Таким образом, долговечность и безотказность МГ определяется эффективностью защиты объектов от воздействий окружающей среды, поэтому первоочередное внимание здесь уделяется наружным изоляционным защитным покрытиям, ограничивающим воздействие природной среды, в основном грунта и воды, на металл трубопроводов.

Вторым барьером для ограничения процессов внешней коррозии является применение систем электрохимической защиты.

Одним из эффективных средств ЭХЗ является катодная, дренажная и протекторная защиты. Они имеют единое назначение, но различаются по устройству, составу элементов и принципу действия. [5]

Станции катодной (дренажной) защиты (СКЗ) представляют собой особый вид электрических установок, предъявляющих специальные требования к системам их электроснабжения. Основной элемент СКЗ – преобразователь, выпускаемый промышленностью в широком диапазоне типов и модификаций. Выбор типа и мест расстановки СКЗ вдоль трассы МГ представляет собой отдельную инженерную задачу, решаемую при проектировании объекта.

В процессе эксплуатации МГ периодически возникает задача диагностики состояния изоляционных покрытий и материала трубы на участках газопровода. Эта задача решается путем проведения электрометрических обследований по трассе МГ с применением специальных измерительных комплексов и методик обработки результатов измерений.

Решению указанных актуальных инженерных задач посвящен данный дипломный проект на тему «Электрохимзащита магистральных газопроводов и ее электроснабжение».

В первой главе рассмотрены физические основы коррозионных процессов, выделены факторы, оказывающие влияние на их интенсивность, а также дана характеристика основных способов защиты от коррозии магистральных газопроводов. [8]

Вторая глава дипломного проекта посвящена рассмотрению особенностей электроснабжения средств ЭХЗ на объектах Юргинского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Томск». Здесь выполнен анализ способов подключения, устройства и принципа действия основных используемых типов СКЗ. Рассмотрены схемы и состав высоковольтного оборудования,

приводится методика и выполнены расчеты необходимой мощности СКЗ для одного из участков МГ, а также приводятся результаты электрометрических обследований и их обработки, выполненных на участке МГ «Парабель-Кузбасс» км 440-570, газопровод –отвод «Юрга-Новосибирск», общей протяженностью 241 км.

В третьей главе выполнено технико-экономическое обоснование модернизации СКЗ, а четвертая глава посвящена вопросам социальной ответственности на примере ООО «Газпромтрансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ

Цель работы: повышение эффективности системы электроснабжения для электрохимической защиты магистральных трубопроводов.

Для реализации данной цели, должны выполняться следующие задачи:

- исследовать теоретические подходы к предотвращению коррозионных процессов магистральных трубопроводов и методы борьбы с ними;
- исследовать организацию электрохимической защиты и обосновать ее эффективности на примере участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км;
- разработать рекомендации по повышению эффективности системы электрохимической защиты в целом и модернизации станции катодной защиты. [15]

Научная новизна работы: предложен алгоритм действий и набор показателей обеспечивающих оптимальный выбор типа оборудования для станции катодной защиты и обеспечивающий заданные параметры энергосбережения, в том числе с течением рассматриваемого периода времени при максимальной экономической эффективности в процессе эксплуатации.

# **1 Теоретические подходы к предотвращению коррозии магистральных газопроводов и методы борьбы с ней.**

## **1.1 Роль электроснабжения в нефтегазовой промышленности.**

Электроснабжение играет одну из важных ролей на предприятиях по перекачке газа. Надежность и качество электроснабжения во многом определяют эффективность производства. Электрическая энергия является основным видом энергии на предприятиях нефтяной промышленности. Поэтому свыше 90% стоимости продукции составляют затраты на электроэнергию. При внедрении новой техники и технологии, требующей усовершенствования электрической аппаратуры, повышается производительность труда и эффективность производства. [2]

Энергетическое хозяйство любого предприятия характеризуется большим количеством ремонтных, складских, энергетических работ. Энергохозяйство предприятий характеризуется высокой трудоёмкостью. Так, на ремонтное, складское, энергетическое обслуживание приходится 88% общего объема вспомогательных и обслуживающих работ.

На нефтегазовых предприятиях используется широкий спектр электрооборудования.

Для преобразования электрической энергии служат комплектные трансформаторные подстанции (КТП), понижающие напряжение с 35 кВ и 6 кВ до необходимого для питания станций катодной защиты и работы искусственного освещения напряжением 0,4 кВ. В них установлены трансформаторы мощностью 250 кВА, 400кВА и 630 кВА.

Для передачи и распределения электроэнергии напряжением 35 кВ и 6 кВ используются высоковольтные воздушные линии электропередачи, а также кабельные линии. Кабельные линии используются в основном для передачи электрической энергии на небольшие расстояния до нескольких километров.

Помимо станций катодной защиты и ЛЭП, персонал обслуживает: кабельные линии, электрические сети, комплектные трансформаторные подстанции и другое электрооборудование. [21]

## **1.2 Физические процессы и факторы коррозионной активности**

Коррозия металлов — это физико-химический процесс, вызывающий разрушение металла или изменение его свойств в результате химического или электрохимического воздействия окружающей среды. При химическом воздействии среды возникает химическая коррозия как результат непосредственной реакции металлов с не электролитами (например, разрушение внутренних поверхностей трубопроводов и резервуаров, контактирующих с сернистой нефтью и нефтепродуктами, разрушение лопаток газовых турбин, контактирующих с горячими топливными газами, содержащими сероводород и углекислый газы). При электрохимическом воздействии среды возникает электрохимическая коррозия. Для ее протекания в коррозионной среде необходимо наличие растворов электролитов. На поверхности металла одновременно протекают окислительный (растворение металла) и восстановительный (электрохимическое восстановление компонентов среды) электрохимические процессы, которые сопровождаются прохождением электрического тока.

На магистральных и промысловых газопроводах, трубопроводах компрессорных и насосных станций, обсадных трубах газовых скважин промыслов и станций подземного хранения газа, подземных металлических емкостях и резервуарах наиболее часто встречается электрохимическая коррозия, которая может быть атмосферной (в среде влажного воздуха), морской (в морской воде и атмосфере), почвенной, грунтовой или подземной (в почвенных электролитах). Возможна также электрокоррозия под воздействием блуждающих токов. [18]

Почвы представляют собой капиллярно-пористую среду с явно выраженной структурной неоднородностью и состоят из твердой, жидкой и газообразной фаз. Свойства почвенного электролита изменяются в широких пределах в зависимости от многих факторов: физико-химического состава, водовоздушного режима, структуры и степени уплотнения. Коррозионная активность почв характеризует скорость коррозии металла в почве и зависит от электрической проводимости, влажности, воздухопроницаемости, кислотности, щелочности, солевого состава, температуры. Электрическая проводимость почв играет существенную роль в коррозионных процессах. У большинства почв их коррозионная активность возрастает с увеличением электрической проводимости. Электропроводность почвы характеризуется ее удельным электрическим сопротивлением  $\rho$ : чем ниже  $\rho$ , тем выше ее коррозионная активность. [23]

Таблица 1.1-Характеристика коррозионной активности почв

<i><math>\rho</math>, Ом*м</i>	<i>Коррозионная активность</i>
Более 100	Низкая
100-20	Средняя
20-10	Повышенная
10-5	Высокая
Менее 5	Весьма высокая

Однако опасность коррозии протяженного газопровода зависит не только от электрической проводимости почвы на отдельном участке, но и от чередования почв с различной электрической проводимостью вдоль трассы. Коррозионная активность почвы с увеличением влажности повышается, достигает максимума, после чего падает вследствие затрудненного доступа кислорода. Воздухопроницаемость почвы связана с ее влажностью, так как при уменьшении влажности некоторых почв освобождающееся пространство заполняется воздухом. Коррозионная активность влажных почв с повышением воздухопроницаемости увеличивается, достигает максимума, а затем падает вследствие снижения электрической проводимости почвы из-за уменьшения влажности. Для протяженных газопроводов необходимо учитывать не только

воздухопроницаемость почвы на отдельном участке трассы, но и чередование грунтов с различной воздухопроницаемостью. Влажность и воздухопроницаемость характеризуются водовоздушным режимом почвы, изменяющимся в широких пределах в зависимости от условий залегания газопровода и времени года. Почвенный электролит большинства почв дает нейтральную реакцию. Повышение общей кислотности во многих случаях связано с увеличением коррозионной активности почвы. Повышение температуры почвенного электролита ускоряет электрохимические процессы. [26]

Для того чтобы узнать, какие коррозионные процессы протекают на поверхности газопровода, рассмотрим работу гальванического элемента. Если две пластины (электроды) из цинка и железа (рис. 1.1.,а) поместить в электролит, например в подкисленную воду, то измерение электродного потенциала "пластина — электролит" покажет более электроотрицательное значение для цинка и более электроположительное значение для железа. При замыкании пластин миллиамперметр покажет наличие электрического тока.

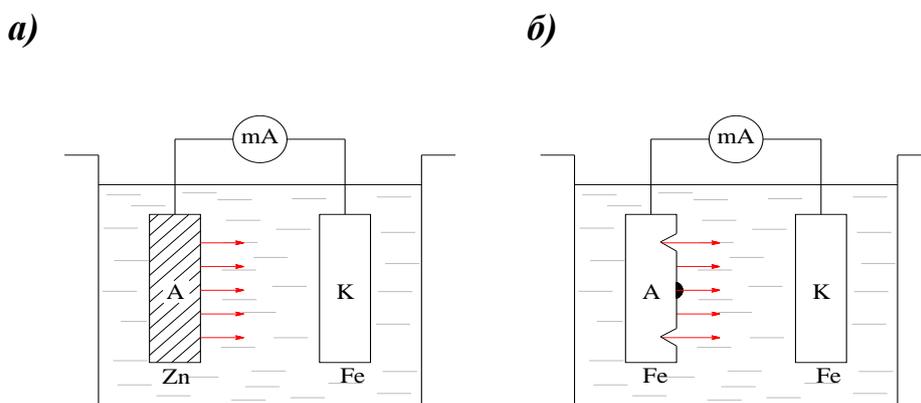


Рисунок 1.1 - Условия возникновения гальванического элемента:  
 а — различие свойств металлов; б — наличие структурных изменений.

На цинковом электроде А (аноде) происходит процесс перехода металла в электролит в виде гидратированных ионов с оставлением эквивалентного количества электронов в металле. Этот процесс называют

анодным. На электроде из железа К (катоде) идет процесс поглощения избыточных электронов, оставшихся в металле, и восстановления водорода и кислорода. Этот процесс называют катодным. Если цинковую пластину заменить стальной, на поверхности которой искусственно произведены структурные изменения (наклеп, царапины, вмятины) (рис. 1.1.,б), миллиамперметр также покажет в цепи электрический ток. Электрический ток возникнет также, если две одинаковые железные пластины поместить в электролиты различных составов или концентраций, а также, если под одной из железных пластин пропускать воздух или одну из пластин нагревать.

Ток гальванического элемента определяется по формуле

$$I = (E_k - E_a) / R, \quad (1.1)$$

где  $E_k$ ,  $E_a$  — потенциал соответственно на катоде и аноде;  $R$  — сопротивление элемента.

Если на некоторое время оставить электрическую цепь, соединяющую пластины, замкнутой, по потере массы анодов можно определить, что все они растворяются в электролите, т.е. корродируют. Количество про-корродировавшего металла можно рассчитать по формуле Фарадея

$$k = (QA/Fn) = (jtA/Fn), \quad (1.2)$$

где  $k$  — количество прокорродировавшего металла;  $Q$  — количество электричества, протекающего за время  $t$  между анодом и катодом;  $A$  — моль металла анода;  $F$  — 96500 константа Фарадея;  $n$  — валентность металла анода;  $j$  — плотность тока.

При прохождении электрического тока начальная разность потенциалов электродов уменьшается, что приводит к снижению величины тока по сравнению с начальной. Это явление называется поляризацией гальванического (коррозионного) элемента. Поляризация уменьшает скорость электрохимической коррозии. Смещение потенциала анода в

положительную сторону при прохождении анодного тока называют анодной поляризацией, смещение потенциала катода в отрицательную сторону при прохождении катодного тока — катодной поляризацией.

Благодаря поляризационным сопротивлениям на анодном и катодном участках ток гальванического элемента (рис. 1.1.) при уменьшении сопротивления до нуля не может возрасти до бесконечности, а имеет максимальную величину, что видно из формулы

$$I = (E_k - E_a) / (R + P_k + P_a) = \Delta E / (R + P). \quad (1.3)$$

Электрохимические процессы, происходящие на электродах и уменьшающие поляризацию на аноде и катоде, называют соответственно анодной и катодной деполяризацией. В зависимости от веществ, участвующих в этих процессах (деполяризаторов), различают водородную и кислородную деполяризации.[31]

При почвенной коррозии электрохимический коррозионный процесс на поверхности газопровода протекает аналогично рассмотренному на гальваническом коррозионном элементе. На поверхности подземного металлического газопровода, находящегося в контакте с почвенным электролитом, возникают коррозионные микро- и макроэлементы. Коррозионные микроэлементы появляются за счет неоднородности микроструктуры поверхности стального газопровода: наличия микрочастиц различных металлов в сплаве (*Fe, C, Mn, P, S* и др.), микровключений окислов окалины, неметаллических микровключений (частиц пыли, нарушений микроструктуры поверхности газопровода), микроструктурной физико-химической неоднородности состава грунта (наличия микровключений различных плотностей, химического состава, концентрации).

Ток между катодом анодом протекает во внешней цепи (в металле) при движении электронов от анода к катоду и во внутренней цепи (электролите) при движении катионов и анионов (рис. 1.2.).

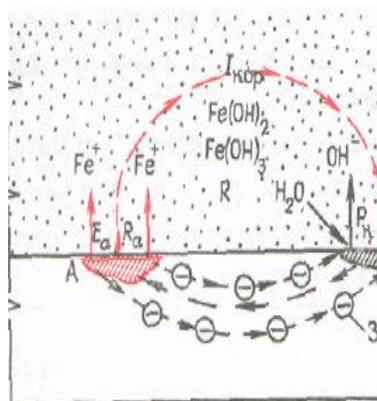


Рисунок 1.2-Упрощенная модель коррозионного элемента: 1 — почвенный электролит; 2 - стенка газопровода; 3 — электрон. Пунктиром показано направление тока коррозии.

Коррозированные макроэлементы возникают за счет неоднородности макроструктуры поверхности стального газопровода при наличии макровключений (окалин, царапин, вмятин, наклепа), а также поперечных и продольных сварных швов (рис. 1.3.), макроструктурной неоднородности физико-химических свойств почв (состава, влажности, воздухопроницаемости). Для протяженных магистральных газопроводов последнее имеет наибольшее значение. Возникновение этих элементов является следствием того, что газопровод, пересекая на глубине 0,8—2,2 м лесные массивы, пахотные земли, овраги, балки, болота, мелкие ручьи и крупные реки, находится в почвах с различными условиями водяного и воздушного режима.

Коррозионные макроэлементы по окружности газопровода могут возникать из-за неравномерного доступа кислорода к верхней и нижней частям трубы (макроэлементы дифференциальной аэрации). При выходе подземного газопровода на поверхность образуется коррозионный макроэлемент, направленный по высоте сооружения. Неравномерный доступ кислорода, обуславливающий развитие коррозионных макроэлементов, направленных вдоль газопровода, связан с пересечением им неровностей микрорельефа трассы и искусственных сооружений. [42]

При пересечении водных преград газопровод прокладывается в виде основной и резервных ниток. Коррозия подводных трубопроводов обуславливается воздухопроницаемостью, растворимостью воздуха и его диффузией через слой воды над газопроводом. Коррозионный макроэлемент может образоваться на переходе многониточного газопровода через водное препятствие при транспортировке горячего газа по основной нитке (горячий электрод) и выключенной резервной нитке (холодный электрод). Анодные участки образуются на основной горячей нитке. Для устранения температурных причин коррозионного разрушения подводных переходов необходимо все нитки газопровода держать включенными в работу, что обеспечивает выравнивание температуры между ними. Потенциал трубопровода относительно почвы. Металлические сооружения, уложенные в землю, находятся под непрерывным воздействием окружающего грунта. На поверхности газопровода, контактирующей с почвенным электролитом, в местах нарушения сплошности изолирующего покрытия на границе "металл—электролит" устанавливается определенный электрохимический (электродный) потенциал, величину которого можно определить по разности потенциалов между газопроводом и неполяризуемым медносульфатным электродом. Таким образом, потенциал газопровода представляет собой разность его электродного потенциала и потенциала электрода сравнения по отношению к грунту. Этот потенциал называют стационарным. Стационарный потенциал зависит от состояния поверхности газопровода и физико-химических свойств грунтов. Так как сплав трубной стали, имеет неоднородный химический состав и неравномерное распределение зерен металлов, составляющих сплав в его массе, а также различную ориентацию зерен в пространстве на поверхности газопровода, то в микромасштабе отдельные участки поверхности могут иметь различные потенциалы.

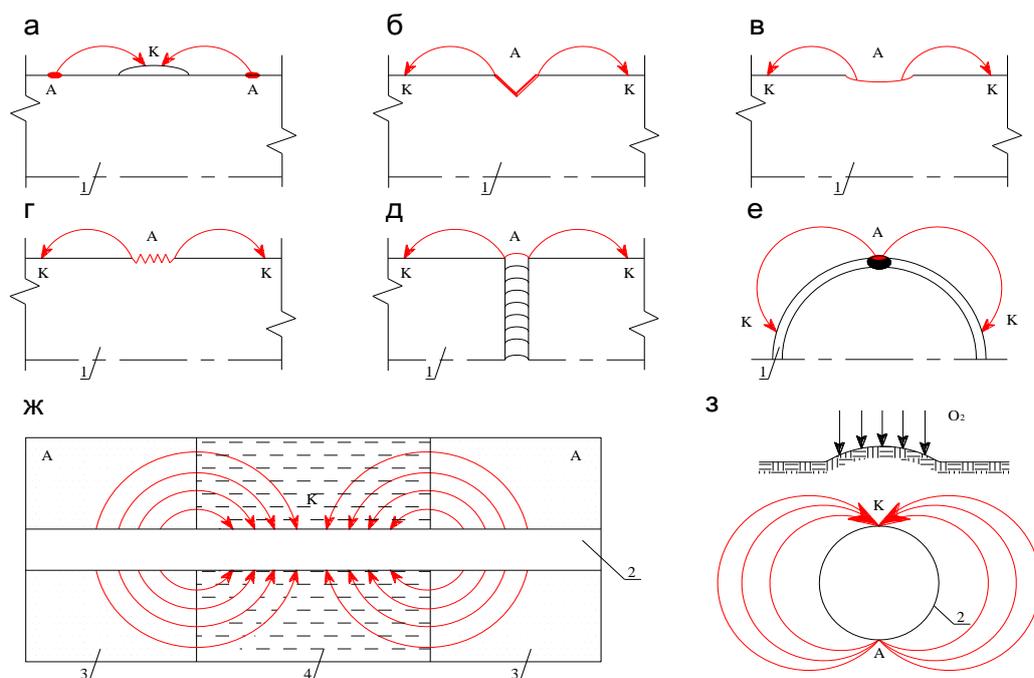


Рисунок 1.3- Макроэлементы структурной неоднородности металла газопровода: а — окалина; б — царапина; в — вмятина; г — наклеп; д — поперечный сварной шов; е — продольный сварной шов; ж — при пересечении почв различного состава; 3 — различный доступ кислорода к трубе; 1 — стенка трубы; 2 — газопровод; 3 — песок (хорошая аэрация); 4 — глина (плохая аэрация)

Однако в макромасштабеопределяющее влияние на потенциал оказывают другие факторы. Островки окалина, оставшиеся на поверхности газопровода после очистки его от ржавчины и грязи, имеют более положительный стационарный потенциал, чем очищенная поверхность, а царапины, вмятины, участки наклепа по сравнению с ненарушенной поверхностью имеют более отрицательный потенциал. Рост числа и площади оголений изолированного газопровода смещает стационарный потенциал газопровода в отрицательную область. [33]

В практике коррозионных обследований газопроводов стационарный потенциал принято называть естественным потенциалом, подразумевая при этом отсутствие на газопровode блуждающих, теллурических и других наведенных токов, В плотных, плохо аэрируемых глинистых грунтах стационарный потенциал газопровода более отрицателен, чем в хорошо аэрируемых, песчаных грунтах. С уменьшением влажности

грунта и увеличением его удельного электрического сопротивления стационарный потенциал газопровода становится положительнее. В кислых грунтах стационарный потенциал более отрицателен, чем в щелочных.

Поверхность подземного газопровода не является эквипотенциальной. Между отдельными участками ее существует разность потенциалов. Все это обуславливает возможность протекания на газопроводе, находящемся в среде почвенного электролита, электрохимических коррозионных процессов. При изменении метеорологических условий на трассе газопровода в течение года разность потенциалов и интенсивность электрохимических коррозионных процессов претерпевают сезонные изменения. Значительное влияние на электрохимический процесс оказывает температурный режим газопровода, зависящий от температуры газа, состава, влажности и температуры грунта. В общем случае при повышении температуры газа коррозионный процесс ускоряется, при промерзании грунта — замедляется.[37]

Блуждающие токи, вызывающие коррозию подземных газопроводов, создаются электрическими установками как постоянного, так и переменного тока. Наибольшую опасность создают установки постоянного тока, которые частично или полностью используют землю в качестве токопровода, а также случаи, когда в результате плохой эксплуатации установок происходит интенсивная утечка тока в землю. К числу источников блуждающих токов относят электрифицированные железные дороги постоянного тока, трамвай, метрополитен, внутризаводской и другой промышленный электротранспорт, а также линии электропередачи постоянного тока системы "провод—земля". Источником блуждающих токов в земле являются станции катодной защиты (СКЗ). Вредное действие токов СКЗ проявляется на тех подземных металлических сооружениях, которые, находясь вблизи защищаемого газопровода, не подключены к системе его защиты.

Через нарушения изоляционного покрытия блуждающие токи проникают в магистральный газопровод. Величина тока, попадающего в газопровод, в основном определяется расстоянием между трубопроводом и рельсами, длиной участка сближения (при сближении), углом пересечения (при пересечении), переходным сопротивлением между газопроводом и землей, продольным сопротивлением трубопровода, удельным сопротивлением окружающего грунта, а также рядом других факторов, зависящих от местных условий. Блуждающие токи, входящие в газопровод, вызывают катодную поляризацию его, а выходящие из газопровода — анодное растворение. Участки газопровода, подверженные анодному растворению, имеют положительный потенциал относительно окружающего грунта (анодные зоны), а поляризованные — катодно-отрицательный потенциал (катодные зоны). Процесс коррозии обычно происходит на тех участках подземного газопровода, которые подвержены воздействию анодного тока, т.е. имеют положительный потенциал относительно окружающего грунта. В некоторых случаях коррозия может протекать и при катодной поляризации, если не достигнут защитный потенциал. [40]

Защита подземных сооружений, уложенных в землю в зоне распространения блуждающих токов, упрощается, если на электрифицированных железных дорогах, в трамвайном хозяйстве и других источниках блуждающих токов осуществляются мероприятия по их уменьшению. Это нормализует режим работы системы энергоснабжения и снижает опасность коррозионных повреждений, прежде всего железнодорожных трубопроводов, кабелей, костылей, оттяжек и других устройств, находящихся вблизи железной дороги.

Необходимо отметить, что даже самое строгое выполнение всех мероприятий по ограничению токов утечки может привести только к уменьшению величины и плотности блуждающих токов. Полная изоляция рельсов от земли невозможна из-за опасности высокого напряжения

"рельс—земля" и при принятой конструкции рельсовых путей технически недостижима. На некоторых источниках блуждающих токов (например, линиях электропередачи постоянного тока, работающих по системе "провод-земля") метод ограничения токов утечки в земле не может быть применен, поэтому основные работы по обеспечению коррозионной безопасности подземных сооружений выполняют на самих трубопроводах.

### **1.3 Методы защиты магистральных газопроводов от коррозии**

Подземная коррозия металлических трубопроводов приводит к значительным экономическим потерям. Она является причиной аварийных остановок и ремонтов, связанных с заваркой каверн, наваркой заплат, врезкой катушек, заменой участков трубопроводов и поврежденных коррозией конструкций, потерь транспортируемого продукта, загрязнения окружающей среды, простоев оборудования потребителей газа. Для предотвращения этого необходимо применять научно обоснованные и практически оправданные методы защиты от коррозии. [57]

Как следует из формулы (1.3), ток коррозии  $I = 0$ , если сопротивление коррозионной цепи  $(R+P) = \infty$  или разность потенциалов между катодным и анодным участками  $\Delta E = 0$ . Для увеличения сопротивления току коррозии применяют диэлектрические изоляционные покрытия, создающие барьер между поверхностью трубопровода и почвенным электролитом. Уравнивание потенциалов катодных и анодных участков достигается при наложении на трубопровод токов электрохимической защиты. Эти мероприятия осуществляют комплексно.

#### **1.3.1 Изоляционные покрытия**

Для того чтобы оградить поверхность газопровода от почвенного электролита и создать разрыв электрической цепи микро - и макрокоррозионных элементов на поверхность газопроводов наносят изоляционные покрытия, обладающие диэлектрическими свойствами. Изоляционные покрытия должны удовлетворять ряду требований и иметь

характеристики, отвечающие условиям работы защищаемого с их помощью сооружения. [75]

Непрерывность (сплошность) изоляционного покрытия предохраняет подземные газопроводы от образования коррозионных элементов.

Водонепроницаемость покрытия имеет важное значение, так как в противном случае электролит, насыщая поры покрытия, войдет в контакт с поверхностью газопровода, что приведет к его коррозии.

Прилипаемость (адгезия) изоляционного покрытия к металлу один из основных показателей. Потеря прилипаемости снижает сопротивляемость покрытия механическим воздействиям, а также способствует проникновению под него почвенного электролита.

Растяжимость (дуктильность) характеризует пластические свойства изоляционных покрытий, а глубина проникновения иглы (пенетрация) — его механические свойства, которые должны быть достаточными для проведения изоляционно-укладочных работ.

Химическая стойкость покрытия должна обеспечивать надежную защиту газопровода в условиях наиболее агрессивных почвенных электролитов.

Химическая нейтральность покрытий по отношению к стальной поверхности газопровода необходима для исключения химических реакций, которые могут привести к коррозии труб.[55]

Для снижения воздействия на оборудование сырья, не прошедшего процесс очистки и осушки, широко применяется также ингибиторная защита. Она предусматривает использование специальных веществ, которые в определенной, техничеки обоснованной пропорции закачивают в пласт или добавляют в транспортируемый продукт, образуя своеобразную защитную пленку, которая сокращает интенсивность коррозионной нагрузки агрессивных сред на технологические элементы оборудования. Сфера применения ингибиторов постепенно расширяется, в частности они могут использоваться и для консервации объектов, скажем, аварийного запаса

труб. Введение ингибиторов в состав изоляционных покрытий может обеспечить дополнительную защиту металла от особых видов коррозии.

Температурная устойчивость покрытий определяется:

- необходимой температурой размягчения, что важно при строительстве газопровода для получения равномерной толщины изоляции, особенно в южных районах страны, а также в условиях эксплуатации газопровода, в первую очередь на участках трассы, примыкающих к компрессорным станциям с температурой газа на выходе 60—80°C;
- температурой наступления хрупкости покрытия, что важно при проведении изоляции в зимнее время и эксплуатации в условиях прокладки газопроводов выше глубины промерзания грунта.

Изоляционные покрытия должны обладать также электрохимической нейтральностью, диэлектрическими свойствами, возможностью механизации при нанесении их на поверхность защищаемого сооружения.

Типы и конструкции изоляционных покрытий. На магистральных газопроводах, газопроводах-отводах, подземных коммуникациях компрессорных и газораспределительных станций применяют два типа изолирующих покрытий: нормальные и усиленные. На газопроводах диаметром 820 мм и более, а также на всех газопроводах, прокладываемых в районах юга европейской части России (южнее 50-й параллели северной широты) и в засоленных почвах любого района страны (солончаках, солонцах, солодях, такырах, сорах и др.), используют покрытия усиленного типа. Усиленное изоляционное покрытие имеют газопроводы, прокладываемые в болотистых, заболоченных и поливных почвах любого района страны, на подводных переходах и в поймах рек, а также на переходах через железные и автомобильные дороги и на участках трубопроводов, примыкающих к ним в пределах расстояний, указанных в СНиП; на территориях компрессорных и газораспределительных станций, а

также на примыкающих к ним участках; на пересечениях с различными коммуникациями и по 20 м в обе стороны от них, на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора и шлака; на участках блуждающих токов; на горячих участках газопроводов (при температуре транспортируемого газа выше 40°C). Во всех остальных случаях предусматривают изоляционные покрытия нормального типа.

Конструкции изоляционных покрытий нормального и усиленного типов приведены в СНиП П-45-75 [3]. Переходное электрическое сопротивление изолированного трубопровода после укладки и засыпки должно быть не ниже  $10^4$  Ом-м при изоляции нормального типа,  $10^5$  Ом-м — при изоляции усиленного типа. В местах перехода магистрального газопровода от подземной прокладки к наземной предусматривается нанесение на него в обе стороны по 6 м независимо от типа изоляционного покрытия дополнительной изоляции из двух слоев липкой ленты на основе стабилизированного сажей полиэтилена.

В процессе эксплуатации изоляционное покрытие стареет. При недостаточно хорошей очистке поверхности трубы в углублениях остается ржавчина, пыль и даже влага. Все это способствует уменьшению сцепления изоляции с поверхностью трубы. В практике бывают случаи, когда при значительном расходе мощности защитных установок: не удается достичь электрохимической защиты газопровода. Это указывает на наличие оголенных участков на поверхности газопровода.

В последние годы широкое распространение нашел рекомендуемый ГОСТ 9.015—74 [2] метод катодной поляризации, с помощью которого осуществляют контроль состояния изоляционных покрытий на законченных строительством участках магистральных газопроводов. Катодную поляризацию участка обеспечивают наложением постоянного тока от генератора. Состояние изоляционного покрытия оценивают как удовлетворительное, если смещение разности потенциалов "труба—земля" в отрицательную сторону в конце участка, вызванное поляризацией,

оказывается не меньше 0,4 В, а сила тока, вызывающая это смещение, не превосходит величины, определяемой по номограмме. Если смещение разности потенциалов в конце участка меньше 0,4 В или если указанная величина смещения может быть достигнута при силе тока, превышающей допустимую величину, определяемую по номограмме, состояние изоляционного покрытия оценивают как неудовлетворительное.

### **1.3.2 Электрохимическая защита магистральных газопроводов**

Даже тщательно выполненное изоляционное покрытие в процессе эксплуатации стареет, теряет диэлектрические свойства, водостойчивость. Встречаются повреждения изоляции при температурных перемещениях газопровода, а также корнями растений. Кроме того, в покрытиях остается некоторое количество не замеченных при проверке дефектов. Следовательно, изоляционные покрытия не гарантируют необходимой защиты газопровода от коррозии. Достаточно эффективная защита может быть обеспечена только при нанесении изоляционных покрытий и применении электрохимической защиты. Система электродов, образующая коррозионный элемент (см. рис. 1.1., 1.2.), при электрохимической защите поляризуется катодным подключением дополнительного электрода (от внешнего источника тока). При электрохимической защите в простейшем случае получают трех электродную систему (рис. 1.4.).

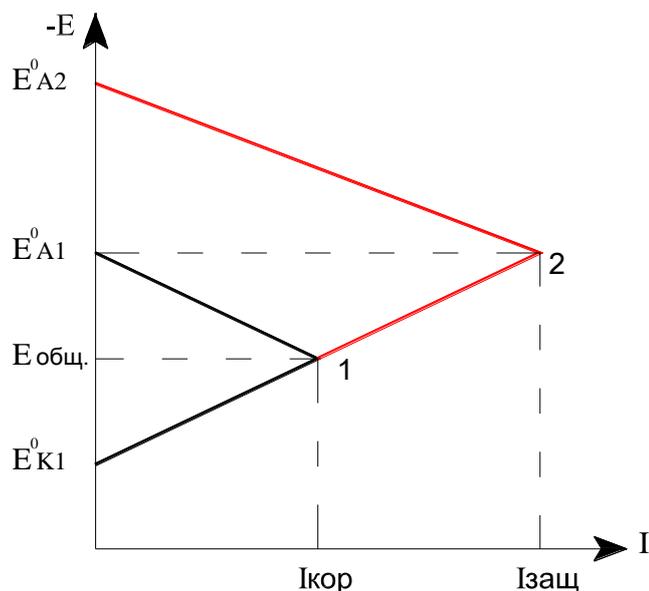


Рисунок 1.4 -Поляризационная коррозионная диаграмма, объясняющая механизм электрохимической защиты:  $E_{A1}^0, E_{A2}^0$  - потенциалы анода и катода коррозионной пары в разомкнутом состоянии;  $E_{A2}^0$  - потенциал дополнительного электрода;  $E_{A1}^0 - 1$  и  $E_{K1}^0 - 1$  - поляризационные кривые анода и катода с учетом действия омических сопротивлений;  $E_{A2}^0 - 2$  - поляризационная кривая дополнительного электрода с учетом действия омического сопротивления; 1- 2 - поляризация катода в связи с подключением дополнительного электрода;  $I_{кор}$  - ток коррозии;  $I_{защ}$  - ток защиты

Кривая  $E^0 - 1$  характеризует поляризацию катода от начального потенциала  $E_{K1}^0$  до общего потенциала коррозионной пары  $E_{общ}$  с учетом омического падения напряжения на катодном участке; кривая  $E_{A1}^0 - 1$  — поляризацию анода от начального потенциала  $E_{A1}^0$  до общего потенциала коррозионной пары  $E_{общ}$  с учетом омического падения напряжения на анодном участке. При этом в системе установится ток коррозии  $I_{кор}$ .

Для прекращения работы коррозионной пары  $E_{K1}^0 - E_{A1}^0$  необходимо, чтобы катод был поляризован до точки 2, соответствующей уровню потенциала анода  $E_{A1}^0$ . Это достигается подключением к системе

$E_{K1}^0 - E_{A1}^0$  дополнительного, более отрицательного электрода  $E_{A2}^0$  поляризация которого с учетом омического падения напряжения выражается кривой  $E_{A2}^0 - 2$ , что соответствует току защиты  $I_{защ}$ .

Из рассмотрения коррозионной диаграммы следует, что ток защиты всегда должен быть больше коррозионного тока. Ток коррозии

$$I_{кор} = (E_{к}^{\circ} - E_{а}^{\circ}) / (R + R_{к} + R_{а}) = 0 \quad (1.5)$$

при достижении равенства потенциалов катодных и анодных участков  $E_{к}^{\circ} = E_{а}^{\circ}$  коррозии зависит от крутизны наклона кривых поляризации анода и катода, а ток защиты — от крутизны наклона только кривой поляризации катода.

Катодная поляризация стальных подземных газопроводов должна осуществляться таким образом, чтобы создаваемые на всей поверхности газопровода поляризационные потенциалы были не меньше и не больше значений (по абсолютной величине), указанных в табл.1.2.

Таблица 1.2—Критерии электрохимической защиты изолированных стальных подземных газопроводов

Значения поляризационных (защитных) потенциалов по отношению к неполяризующимся электродам:	$U_{\text{max}}$ , В	$U_{\text{min}}$ , В
водородному	-0,55	-0,8
медносульфатному	-0,85	-1,1

В соответствии с ГОСТ 9.015 - 74 [2] на действующих стальных изолированных газопроводах, не оборудованных специальными контрольно-измерительными пунктами, допускается накладывать катодную поляризацию на стальные трубопроводы таким образом, чтобы значения разности потенциалов "труба - земля" по отношению к медносульфатному электроду сравнения (включающие поляризационную и омическую составляющие) находились в пределах от -0,87 до -2,5 В.

Электрохимическая защита подземных газопроводов от коррозии может быть достигнута при помощи катодной, протекторной и электродренажной защит.[49]

Катодная защита газопроводов. При катодной защите (рис. 1.5.) к газопроводу 1 подключают отрицательный полюс источника постоянного тока 5. Положительный полюс источника тока подключают к анодному заземлению

2. При включении источника тока создается электрическая цепь: плюсовая клемма источника тока — анодное заземление — почвенный электролит — газопровод — минусовая клемма источника тока. На оголенных участках газопровода в местах повреждения изоляции происходит процесс катодной поляризации.

При осуществлении электрохимической защиты трубопровода на всем его протяжении не удастся создать одинаковые значения защитного потенциала. Так как в наиболее удаленных точках должен быть минимальный защитный потенциал, то на ближних участках трубопровода неизбежно создаются большие значения защитного потенциала, что может ускорить разрушение и отслаивание покрытия от металла. Причины этого явления изучены еще недостаточно. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что в грунтах высокой влажности катодная реакция с водородной деполяризацией начинает протекать при потенциале, равном  $-1,1\text{В}$ ; во влажных грунтах при потенциале  $-1,2\text{ В}$ . Однако отслаивание битумных покрытий в условиях водных электролитов наблюдается и при минимальном защитном потенциале, равном  $-0,85\text{ В}$  по МСЭ, когда не созданы условия для выделения газообразного водорода в результате реакции водородной деполяризации. Такое явление можно объяснить тем, что адгезия битумного покрытия к металлу оказывается недостаточной, чтобы противостоять силе, действующей на границе раздела «металл-покрытие» в результате скопления миграционной воды.

*Электрический дренаж.* Проникновение в сооружение блуждающих токов и их протекание обуславливают возникновение на этом сооружении катодной и анодной зон. В анодной зоне происходит утечка блуждающего тока из подземного сооружения в землю, которая и является причиной возникновения электрической коррозии сооружения.

Наиболее неблагоприятным участком с точки зрения появления на сооружении анодной зоны является участок его сближения с элементами рельсовой сети электрифицированного транспорта (рельсы - отсасывающие

пункты - минусовая шина тяговой подстанции). Здесь потенциал земли, как правило, постоянно или временно оказывается ниже потенциала сооружения, или, наоборот, потенциал сооружения по отношению к земле является максимальным (рис 1.5.).

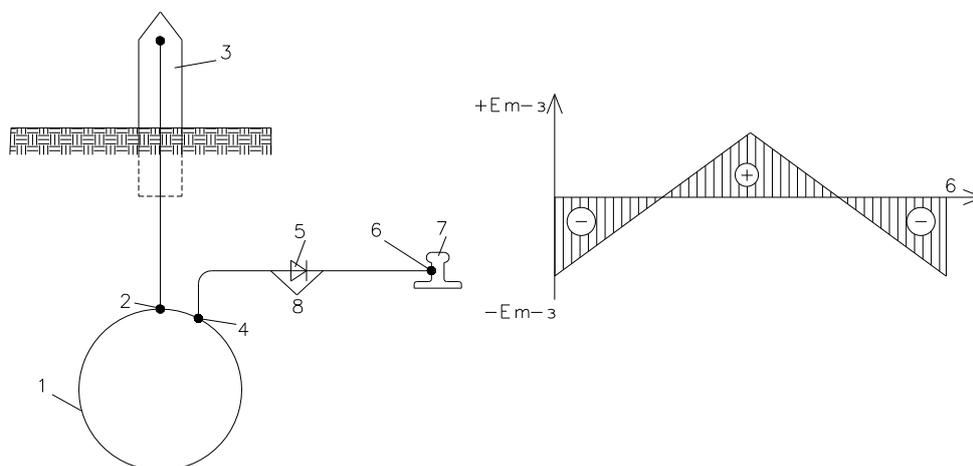


Рисунок 1.5- Принцип действия электрической дренажной защиты.

1 -газопровод, 2 — контакт катодного вывода, 3 – катодный вывод, 4 - точка дренажа на газопроводе ,5-поляризационная электродренажная установка, 6 – контактное устройство с рельсовой сетью, 7 – рельсовая сеть, 8 – дренажный кабель.А - анодная зона, К - катодная зона.

Электрическое дренирование заключается в том, что сооружение соединяясь с элементами рельсовой сети, приобретает отрицательный потенциал по отношению к окружающей земле, т.е. приходит в катодное состояние (рис. 1.5.). Процесс коррозии при этом не возникает, а блуждающий ток из сооружения через дренирующее устройство возвращается к источнику, создающему этот блуждающий ток.

Дренажное устройство, как правило, включает реостат, позволяющий регулировать величину дренируемого тока. Глухой (безреостатный) дренаж не допускается из-за возможности возникновения тока, опасного для защищаемого сооружения. Действительно, если значение дренажного тока  $I_d = \Delta U_{c-p} / R_d$ , то легко заметить, что при значительной разности потенциалов «сооружение-элемент рельсовой сети»  $\Delta U_{c-p}$  и малой величине сопротивления дренажного кабеля  $R_d$  величина  $I_d$  может быть значительна.

Дренажная защита является наиболее эффективной защитой от блуждающих токов. При её применении необходимо руководствоваться следующим:

1) Электрический дренаж работает только в том случае, когда разность потенциалов «сооружение - элемент рельсовой сети» положительна или искусственно становится положительной.[65]

2) Электрический дренаж должен применяться в тех случаях, когда можно осуществить близкую электрическую связь с элементами рельсовой сети (рельсы, отсасывающие пункты и т.д.). Действительно степень эффективности дренажной защиты зависит от сопротивления дренажного кабеля. Если потеря напряжения в дренажном кабеле превысит разность потенциалов между сооружением и рельсами, то ток не потечет из сооружения в рельсы. При большой длине кабеля компенсации потери напряжения потребуются такое сечение кабеля, что это окажется экономически нецелесообразным. В таких случаях рекомендуется переходить на защиту с применением катодных станций.

3) Электрический дренаж должен осуществляться при наименьшем среднем значении дренажных токов, обеспечивающем защиту сооружения. Среднее значение защитного отрицательного потенциала на оболочках кабелей по отношению к земле поддерживается в пределах 0,2 - 0,6 В. Максимальное значение защитного отрицательного потенциала не должно быть ниже 2 В во избежание электролиза грунтовых вод. В этом случае в зоне кабеля будут образовываться щелочи, которые в свою очередь могут вызвать катодную реакцию.

Электрический дренаж подключается непосредственно к рельсам; к средней точке путевого дросселя; к отсасывающему пункту рельсовой сети.

Подключение электрических дренажей к отрицательной шине или сборкам отсасывающих линий тяговой подстанции допускается только в тех случаях, когда подключение дренажа к отсасывающему пункту не обеспечивает поддержание защитного потенциала на кабельном сооружении.

Вредное действие электрического дренажа на соседние незащищенные сооружения теоретически возможно. Действительно, сооружение, соединяясь с элементами тяговой сети, приобретает пониженный (отрицательный) потенциал; одновременно этот потенциал приобретает и окружающая его земля. С соседних незащищенных сооружений, имеющих повышенный потенциал, начинают стекать токи, что вызывает корродирование этих сооружений. Однако практически вредное воздействие дренажа на соседние сооружения проявляется сравнительно редко. Определяющим здесь являются взаиморасположение сооружений, проводимость окружающей земли и соотношение величин потенциалов защищаемых и незащищенных сооружений.

**Протекторная защита.** Для защиты от почвенной коррозии и электрокоррозии при небольших анодных потенциалах на сооружении находят применение протекторные установки. Протекторная защита имеет те же основы, что и катодная защита. Разница заключается лишь в том, что необходимый для защиты ток создается крупным гальваническим элементом, в котором роль катода играет металлическая поверхность защищаемого сооружения, а роль анода - более электроотрицательный металл.

Если в катодной защите катодная поляризация достигается соединением сооружений с минусом (—) внешнего источника тока, то в протекторной защите катодная поляризация сооружения достигается соединением сооружения с электродом, имеющим по сравнению с ним пониженный (более отрицательный) электрохимический потенциал (рис. 1.6.). Таким образом, протекторная установка представляет собой гальванический элемент, в котором анодом является протектор, катодом — защищаемое сооружение, а электролитом — окружающая почва. В рассматриваемой защите имеет место коррозия протектора, причем потеря металла в нем превышает потерю металла в сооружении без осуществления защиты. Это объясняется тем, что для защиты сооружения не только требуется

понизить его потенциал с положительного значения до нуля, но и создать на нем отрицательный потенциал относительно земли.

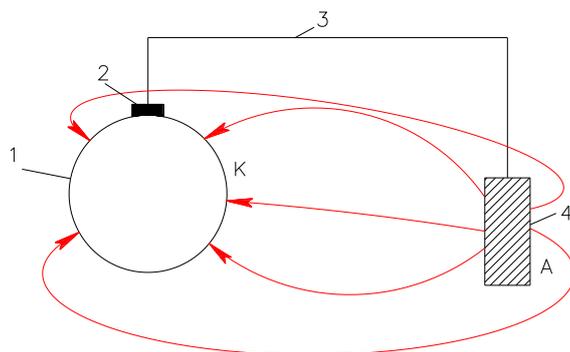


Рисунок 1.6 -Принципиальная схема протекторной защиты: 1 – газопровод, 2 – точка дренажа, 3 – изолированный соединительный провод, 4 – протектор, А-анод, К-катод.

Защитное действие протекторной защиты как гальванического элемента зависит от его мощности, определяемой в функции напряжения и тока. Напряжение между протектором и сооружением имеет в заданной среде определенную незначительную величину; сила же тока прямо пропорциональна поверхности протектора и обратно-пропорциональна сопротивлению.

#### **1.4 Организация энергетического хозяйства предприятия и его энергроснабжения.**

Для обеспечения эффективного функционирования основного производства промышленных предприятий требуется высокий уровень его технического обслуживания и организация вспомогательных производственных процессов: ремонтных, инструментальных, транспортно-складских и энергетических.

Организация как основного, так и вспомогательных процессов - это совокупность форм, методов и приемов научно обоснованного соединения рабочей силы со средствами производства, установления взаимосвязи и взаимодействия элементов производственной системы для эффективного

достижения поставленной перед системой цели (создание новой или совершенствование уже функционирующей в рамках предприятия системы).

Результатом организации должно являться или создание нового образования (системы машин, оборудования, процесса), или обеспечение дальнейшего развития существующей системы (подсистемы), или повышение организационного уровня системы.

Организация обеспечивающих и вспомогательных процессов на промышленном предприятии, их состав и количество определяются характером, структурой и масштабом этих процессов, типом и особенностями основного производства.

Главная цель организации энергетического хозяйства - устойчивое, сбалансированное и качественное обеспечение производства требуемыми энергетическими ресурсами при минимальных затратах на содержание данного хозяйства.

#### **1.4.1 Задачи энергетического хозяйства организаций**

Основные задачи энергетического хозяйства организации:

- получение энергии от энергосистемы, собственных источников и распределение ее внутри предприятия;
- надзор за правильной эксплуатацией энергетического оборудования, находящегося в ведении энергетиков, электрических и тепловых сетей, их техническим обслуживанием и ремонтом;
- организация и планирование рационального потребления энергии всеми подразделениями предприятия;
- разработка и осуществление мероприятий по экономии энергии, энергосбережению и охране окружающей среды.

#### **1.4.2 Пути совершенствования организаций энергетического хозяйства предприятий**

Основными направлениями совершенствования организации энергетического хозяйства предприятия и повышения эффективности его работы являются:

- разработка новых методов производства и преобразования энергии;
- совершенствование энергопроизводящего оборудования и технологических процессов;
- развитие взаимозаменяемости различных видов энергии и проводящих ее установок;
- создание новых и совершенствование существующих средств, преобразования энергии;
- изучение закономерностей, тенденций и пропорций развития энергетики предприятия как единого целого;
- формирование концепции оптимального управления энергохозяйством;
- изучение комплексной проблемы энергетики, включая влияние ее на окружающую среду и развитие научно-технического прогресса.

В соответствии с разработанными направлениями по совершенствованию энергетического хозяйства составляются мероприятия, которые условно подразделяются на энергетические, технологические, мероприятия по улучшению режима работы, общепроизводственные и организационные.

#### **1.4.3 Система управления энергохозяйством организации**

Энергохозяйства Потребителей могут оснащаться автоматизированными системами управления (далее - АСУЭ), использующимися для решения комплекса задач:

- оперативного управления;
- управления производственно-технической деятельностью;
- подготовки эксплуатационного персонала;
- технико-экономического прогнозирования и планирования;

- управления ремонтом электрооборудования, распределением и сбытом электроэнергии, развитием электрохозяйства, материально-техническим снабжением, кадрами.

АСУЭ является подсистемой автоматизированной системы управления Потребителем (далее - АСУП) и должна иметь необходимые средства связи и телемеханики с диспетчерскими пунктами энергоснабжающей организации в объеме, согласованном с последней.

В состав комплекса технических средств АСУЭ должны входить:

- средства сбора и передачи информации (датчики информации, каналы связи, устройства телемеханики, аппаратура передачи данных и т.д.);
- средства обработки и отображения информации (ЭВМ, аналоговые и цифровые приборы, дисплеи, устройства печати и др.);
- вспомогательные системы (электропитания, кондиционирования воздуха, противопожарные).

Подразделения, обслуживающие АСУЭ, должны обеспечивать:

- надежную эксплуатацию технических средств, информационного и программного обеспечения;
- предоставление согласно графику соответствующим подразделениям информации, обработанной ЭВМ;
- эффективное использование вычислительной техники в соответствии с действующими нормативами;
- совершенствование и развитие системы управления, включая внедрение новых задач, модернизацию программ, находящихся в эксплуатации, освоение передовой технологии сбора и подготовки исходной информации;
- ведение классификаторов нормативно-справочной информации;
- организацию информационного взаимодействия со смежными иерархическими уровнями АСУЭ;[64]

- разработку инструктивных и методических материалов, необходимых для функционирования АСУЭ;
- анализ работы АСУЭ, ее экономической эффективности, своевременное представление отчетности.

## **2. Организация системы электрохимической защиты и экономическое обоснование ее эффективности на примере участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км.**

### **2.1 Описание участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км**

Обследованный участок МГ Юрга-Новосибирск с 0-25 км проходит по землям Юргинского района Кемеровской области и Болотнинского района Новосибирской области с востока на запад, обслуживается Юргинским ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Томск», участок построен в 1978 году. Общая протяженность обследованного участка газопровода составляет 241 км.

В 2006 году была проведена реконструкция всего участка. Участок магистрального газопровода уложен в грунт в мае 2006 года, средства ЭХЗ введены в эксплуатацию в это же время. Газопровод изготовлен из прямошовной трубы диаметром 720 мм и толщиной стенки 8,0. Труба изготовлена из стали марки 17Г1СУ по ГОСТ 55-86 производства Челябинского трубного завода. Тип изоляционного покрытия газопровода – усиленный, материал покрытия – полиэтилен толщиной 2,5 мм, способ нанесения – заводской. Глубина залегания газопровода составляет 0,8 - 1,3 м.

Обследованный участок МГ проложен в основном по полям, сельхозугодьям и пастбищам. Газопровод на 18,384 км пересекает реку Березовка шириной не более 10 м, на 19,5 км – автодорогу «Байкал», на 0,287 км – автодорогу Проскоково-КС-6 , а на 14 км – электрофицированную железную дорогу «Транссиб». Параллельно обследованному участку газопровода, на удалении 25 м от него, проложен магистральный газопровод Новосибирск-Кузбасс.

Участок МГ Юрга-Новосибирск пересекает инженерные коммуникации: ЛЭП-110 кВ - на 0,764 и 0,8 км, ЛЭП-10 кВ – на 4,1; 14,24 км, нефтепровод

Омск-Иркутск диаметром 700 мм – на 13,76 км, ЛЭП-110 кВ - на ,14,35; 17,23; 19,27; 19,39 км, ЛЭП-10 кВ – на 20,91 км.

Расположение участка газопровода Юрга-Новосибирск. На участке газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км электрохимзащита обеспечивается четырьмя установками катодной защиты (УКЗ), установленными на 4, 11, 18, 25 км. Обеспечение электроэнергией катодной защиты газопровода производится от фидеров питающей подстанции ЮРЭС и п/с «Моховая» БРЭС г. Болотное Новосибирской области. Трансформаторы ОМ-10/0,4 установлены на анкерных опорах. Блок-бокс УКЗ изготовлен из некондиционной трубы диаметром 1420 мм. УКЗ оснащена преобразователем ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2 производства ЕНЖА.435214.015ПС-ЛУ г.Томска.

Катодная защита МГ Юрга-Новосибирск введена в эксплуатацию в 1978 г., а в 2005 г.г. по проекту НПЦ «Полюс» г. Томска оснащена системой телеконтроля , которая передает режимы работы и реагирует на открытие двери блок-бокса.

Анодные заземлители на всех четырех станциях катодной защиты (СКЗ) типа АЗМ-5 смонтированы во время строительства газопровода. Сопротивление растеканию тока А.З. составляет от 2,7 Ом (УКЗ на 25 км) до 3,5 Ом (УКЗ на 4 км).

Параметры работы УКЗ и характеристика анодных заземлителей УКЗ МГ Юрга-Новосибирск на участке 0 - 25 км представлены в таблицах 3.1, 3

## **2.2 Методика расчетов для выбора СКЗ**

Обязательным элементом проекта любой электрохимической защиты (в том числе и СКЗ) является расчет ее параметров и определение зон защиты, достигаемых в результате применения той или иной аппаратуры [8]. В связи с этим целью данной главы дипломного проекта является выбор

методики для расчетов и проверка ее на примере выбора типа СКЗ участка магистрального газопровода.

При расчете катодной защиты подземных магистральных газопроводов различают три значения потенциала:

1) естественный, или стационарный потенциал  $U_{\text{ест}}$ , т.е. существующий до включения катодной защиты;

2) наложенный, или расчетный потенциал  $U_{\text{max,min}}$ , дополнительно накладываемый на сооружение в результате действия защиты;

3) общий или защитный потенциал  $U_{\text{защ(max,min)}}$ , сооружения, т. е. установившейся после подключения защиты.

1. Правилами защиты подземных металлических сооружений от подземной коррозии регламентируется именно защитный потенциал сооружения, измеренный по отношению к медно-сульфатному электроду сравнения [7]. Если все значения потенциала измерены относительно одного и того же электрода сравнения, то между их абсолютными значениями имеется следующая зависимость:

$$|U_{\text{max,min}}| = |U_{\text{защ(max,min)}}| - |U_{\text{ест}}|, \quad (2.1)$$

Многочисленные измерения потенциалов «газопровод – грунт» показывают, что крайними значениями естественного потенциала стали в почве являются – 0,23 и – 0,72 В при измерениях при помощи медно-сульфатного электрода сравнения. Однако такие сравнения наблюдаются довольно редко; наибольшее число измерений находится в пределах – (0,45 – 0,6) В, поэтому, если нет точных данных о величине естественного потенциала стали в данной точке, его рекомендуется принимать равным  $U_{\text{ест}} = -0,55$  В по медно-сульфатному электроду сравнения (МСЭ).

2. Мощность, потребляемая СКЗ, находится по выражению

$$P = I_{\text{ДР}} \Delta U, \quad (2.2)$$

где  $\Delta U$  – напряжение на зажимах источника постоянного тока;  $I_{др}$  – дренажный ток.

На рисунке 2.1. показана принципиальная электрическая схема катодной защиты. Как следует из этой схемы, для наиболее простого случая катодной защиты общее сопротивление цепи можно представить как ряд последовательно соединенных отдельных сопротивлений:  $R_1$  и  $R_5$  – сопротивления соединительных проводов;  $R_2$  – сопротивление растеканию тока с анодного заземления в окружающую почву;  $R_3$  – сопротивление почвы между анодным заземлением и защищаемым сооружением;  $R_4$  – общее сопротивление току на пути «почва – металл защищаемого сооружения – точка дренажа».

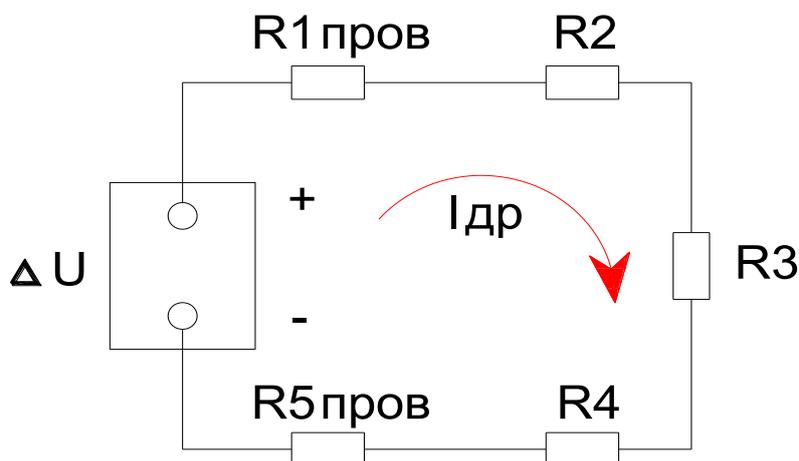


Рисунок 2.1-Электрическая схема катодной защиты для расчета мощности СКЗ.  $R_1$  — сопротивление провода,  $R_2$  — сопротивление растеканию,  $R_3$  — сопротивление почвы между трубой и анодным заземлителем,  $R_4$  — общее сопротивление току — почва -труба - точка дренажа,  $R_5$  — сопротивление провода

Если пренебречь относительно малой величиной сопротивления  $R_3$  (из-за большого сечения почвенного проводника), то общее сопротивление цепи катодной защиты

$$R_{КЗ} = R_a + R_{np} + R_k, \quad (2.3)$$

где  $R_a = R_2$  – сопротивление растеканию тока с анодного заземления;  
 $R_{пр} = R_1 + R_5$  – сопротивление соединительных проводов;  $R_k = R_4$  –  
сопротивление собственно защиты.

Таким образом,

$$\Delta U = I_{ДП} R_{КЗ} = \Delta U_a + \Delta U_{пр} + \Delta U_k, \quad (2.4)$$

где

$$\Delta U_a = I_{ДП} R_a, \quad \Delta U_{пр} = I_{ДП} R_{пр}, \quad \Delta U_k = I_{ДП} R_k = [U_{max} - U_{min}].$$

Окончательно мощность СКЗ равна:

$$P = I_{ДП}^2 (R_a + R_{пр}) + I_{ДП} [E_{max} - E_{min}], \quad (2.5)$$

Сопротивление соединительных проводов рассчитывается по их  
длине  $L_{пр}$ , сечению  $F_{пр}$  и удельному электрическому сопротивлению  
материала провода  $\rho_{пр}$

$$R_{пр} = \rho_{пр} L_{пр} / F_{пр}, \quad (2.6)$$

Сопротивление растеканию тока с анодного заземления зависит от его  
конструкции и рассчитывается по специальной методике [9].

3. Сопротивление растеканию тока с комбинированного защитного  
заземления определяют по формуле:

$$R_a = \frac{R_g R_z}{R_g + R_z}, \quad (2.7)$$

где  $R_b$  – общее сопротивление растеканию тока с вертикальных  
электродов с учетом экранирования, Ом;  $R_r$  – тоже для горизонтальной  
шины, Ом;

$$R_g = \frac{R'_g}{n \eta_g}, \quad (2.8)$$

$R'_g$  – сопротивление растеканию тока с одиночного, вертикального  
электрода, Ом;  $n$  – число вертикальных электродов;  $\eta_g$  – коэффициент  
экранирования вертикальных электродов (выбирается по таблицам в  
зависимости от числа электродов, их размеров и отношения между  
электродами к их длине);

$$R_2 = \frac{R'_2}{\eta_2}, \quad (2.9)$$

где  $R'_2$  - сопротивление растеканию горизонтальной шины, Ом;  $\eta_2$  - коэффициент экранирования горизонтальной шины (выбирается по таблицам).

Сопротивления растеканию одиночных вертикальных электродов и горизонтальных шин определяются по расчетным формулам, представленным в справочной литературе [10].

4. В пределах зоны защиты катодной станции будем считать плотность защитного тока (дренажного тока) величиной постоянной. Тогда, очевидно, все потенциалы в зоне защиты должны укладываться в пределы  $U_s < U < (U_s - \Delta U)$ , где  $\Delta U = 0,3$  В, причем на границе зоны защиты на расстоянии  $L$  от СКЗ должен как раз достигаться защитный потенциал  $U_s$ . Падение напряжения происходит в трубопроводе под влиянием возвращающегося дренажного тока  $I_{ДР}$ .

Ток в МГ  $I_{ДР}(l)$  на расстоянии  $l$  от конца зоны защиты может быть рассчитан по плотности защитного тока ( $J_{ДР}$ ).

$$I_{ДР}(l) = \pi d l J_{ДР} \quad (2.10)$$

где  $d$  – диаметр МГ. Падение напряжения на единичном участке длины составляет

$$\frac{dU}{dl} = I_{ДР}(l) \frac{\rho}{\pi s d} \quad (2.11)$$

Интегрирование выражения (2.10) с учетом равенства (2.11) дает результат в виде:

$$\Delta U = \int_0^L I_{ДР}(l) \frac{\rho}{\pi s d} dl = \frac{\pi}{2} L^2 d J_{ДР} \frac{\rho}{\pi s d} = \frac{L^2 \rho J_{ДР}}{2s} \quad (2.12)$$

Решая уравнение (3.3) относительно  $L$ , получим:

$$2L = \sqrt{\frac{8\Delta U \cdot s}{\rho J_{\text{ДР}}}} \quad (2.13)$$

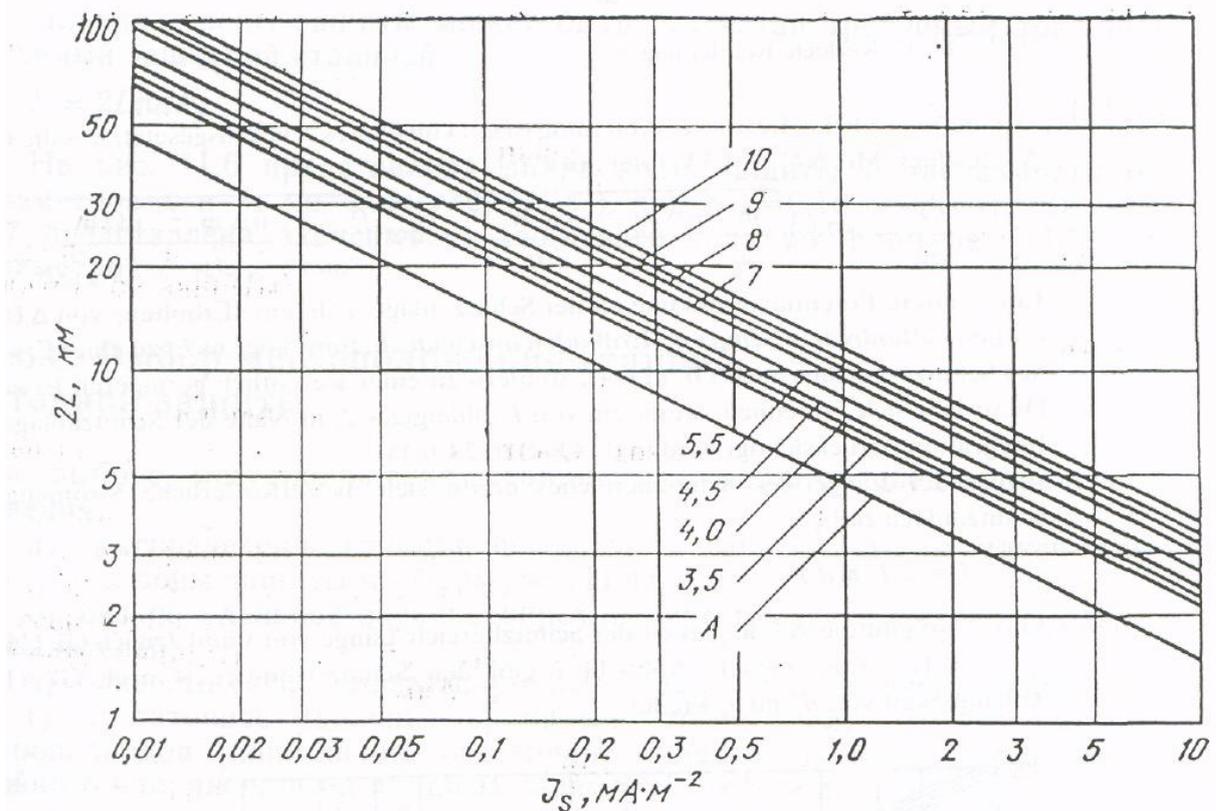
где  $s$  – толщина стенки трубы. При выводе этой формулы сделано допущение, что  $J_{\text{ДР}} = \text{const}$  в зоне защиты СКЗ.

При  $\Delta U = 0,3$  В из выражения (3.4) следует

$$2L = 49 \sqrt{\frac{s}{\rho J_{\text{ДР}}}},$$

где  $L$  в км,  $d$  в м,  $J_{\text{ДР}}$  в мкА/мм<sup>2</sup>,  $R' = \frac{\rho}{\pi s d}$  в мкОм/м,  $s$  в мм,  $\rho$  в мкОм·м.

В дипломном проекте по полученным выражениям были проведены расчеты и построены зависимости зоны защиты СКЗ для газопровода диаметром стальной трубы 700 мм с изолирующими муфтами, закороченными при помощи медного кабеля 16 мм<sup>2</sup> в зависимости от толщины стенки  $s$ (мм) и плотности защитного тока  $J_{\text{ДР}}$ , (мкА/мм<sup>2</sup>) рис. 2.2.



### **2.3 Оценка эффективности ЭХЗ и эксплуатационного состояния защищаемых участков МГ на основе электрометрических измерений.**

Обследованный участок МГ Юрга-Новосибирск с 0-25 км проходит по землям Юргинского района Кемеровской области и Болотнинского района Новосибирской области с востока на запад, обслуживается Юргинским ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Томск», участок построен в 1978 году. Общая протяженность обследованного участка газопровода составляет 241 км.

В 2006 году была проведена реконструкция всего участка. Участок магистрального газопровода уложен в грунт в мае 2006 года, средства ЭХЗ введены в эксплуатацию в это же время. Газопровод изготовлен из прямошовной трубы диаметром 720 мм и толщиной стенки 8,0. Труба изготовлена из стали марки 17Г1СУ по ГОСТ 55-86 производства Челябинского трубного завода. Тип изоляционного покрытия газопровода – усиленный, материал покрытия – полиэтилен толщиной 2,5 мм, способ нанесения – заводской. Глубина залегания газопровода составляет 0,8 - 1,3 м.

Исследованный участок МГ проложен в основном по полям, сельхозугодьям и пастбищам. Газопровод на 18,384 км пересекает реку Березовка шириной не более 10 м, на 19,5 км – автодорогу «Байкал», на 0,287 км – автодорогу Проскоково-КС-6 , а на 14 км – электрофицированную железную дорогу «Транссиб». Параллельно обследованному участку газопровода, на удалении 25 м от него, проложен магистральный газопровод Новосибирск-Кузбасс.

Участок МГ Юрга-Новосибирск пересекает инженерные коммуникации: ЛЭП-110 кВ - на 0,764 и 0,8 км, ЛЭП-10 кВ – на 4,1; 14,24 км, нефтепровод Омск-Иркутск диаметром 700 мм – на 13,76 км, ЛЭП-110 кВ - на ,14,35; 17,23; 19,27; 19,39 км, ЛЭП-10 кВ – на 20,91 км.

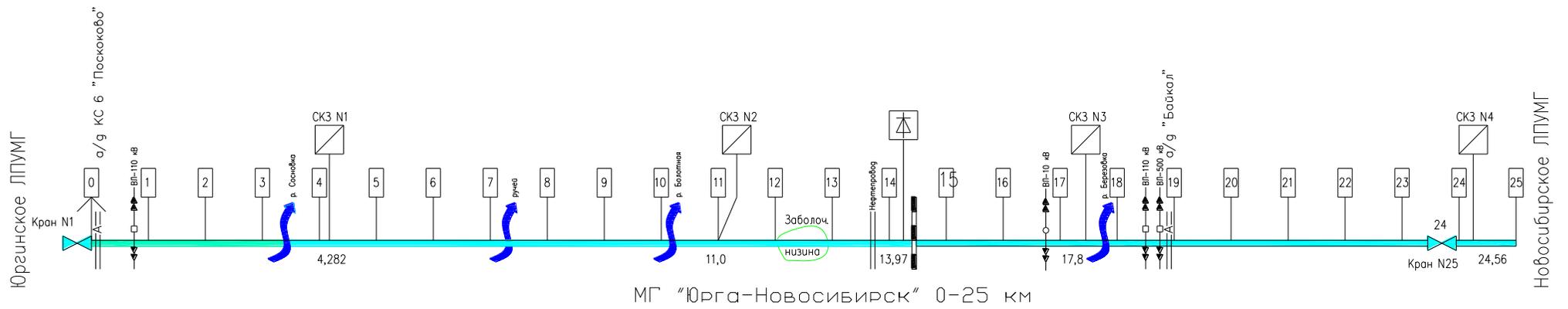


Рисунок 2.3 - Расположение участка газопровода Юрга-Новосибирск.

На участке газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км электрохимзащита обеспечивается четырьмя установками катодной защиты (УКЗ), установленными на 4, 11, 18, 25 км. Обеспечение электроэнергией катодной защиты газопровода производится от фидеров питающей подстанции ЮРЭС и п/с «Моховая» БРЭС г. Болотное Новосибирской области. Трансформаторы ОМ-10/0,4 установлены на анкерных опорах. Блок-бокс УКЗ изготовлен из некондиционной трубы диаметром 1420 мм. УКЗ оснащена преобразователем ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2 производства ЕНЖА.435214.015ПС-ЛУ г.Томска.

Катодная защита МГ Юрга-Новосибирск введена в эксплуатацию в 1978 г., а в 2005 г.г. по проекту НПЦ «Полюс» г. Томска оснащена системой телеконтроля, которая передает режимы работы и реагирует на открытие двери блок-бокса.

Анодные заземлители на всех четырех станциях катодной защиты (СКЗ) типа АЗМ-5 смонтированы во время строительства газопровода. Сопротивление растеканию тока А.З. составляет от 2,7 Ом (УКЗ на 25 км) до 3,5 Ом (УКЗ на 4 км).

Параметры работы УКЗ и характеристика анодных заземлителей УКЗ МГ Юрга-Новосибирск на участке 0 - 25 км представлены в таблицах 2.1, 2.2.

Таблица 2.1— Параметры работы УКЗ МГ Юрга-Новосибирск на участке 0-25 км.

Ошибка! УКЗ, км	Год ввода в Ошибка!	Тип преобразователя	Режим работы УКЗ		Потенциал в точке дренажа U <sub>т.з.</sub> , В	Электроснабжение УКЗ	Примечание
			Напряж ение, В	Сила тока, А			
4	1978	ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2	12	4	-1,93	Ф-10-3С ЮРЭС	
11	1978	ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2	4	0,5	-2,61	ПС «Моховая» Ф-2	
18	1978	ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2	3	0,2	-1,88	ПС «Моховая» Ф-2	
25	1978	ПКЗ-ОПЕ-50/48-У1.2	3	0,2	-3,18	ПС «Моховая» Ф-2	

Таблица 2.2 — Характеристика анодных заземлителей УКЗ МГ Новосибирск-Кузбасс на участке 113-138 км.

Местоположение УКЗ, км	Год Ошибка! , реконстру кции А.З.	Анодное заземление		Анодная линия			Сопротивлен ие растеканию тока анодного заземления, Ом	Удельное электрическое сопротивление грунта анодного поля, Ом·м	Примечани е
		Тип А.З.	Коли честв о А .З., шт.	Тип линии	Марка провода	Длина провод а, м			
4	1978/2006	АЗМ-5, ферросилит	24	Воздушная	ПС-25	450	2,5	42,9	-
11	1978/2006	АЗМ-5, ферросилит	24	Воздушная	ПС-25	400	1,7	52,7	-
18	1978/2006	АЗМ-5, ферросилит	24	Воздушная	ПС-25	400	2,8	38,5	
25	1978/2006	АЗМ-5, ферросилит	24	Воздушная	ПС-25	350	3,5	33,2	-

В соответствии с «Методикой проведения комплексных электрометрических измерений» коррозионная агрессивность грунтов определяется по значениям удельного электрического сопротивления грунта (УЭС), измеряемым вдоль трассы газопровода с интервалом 200 м или менее в местах изменения типа грунта. Измерения УЭС проводятся по четырехэлектродной схеме с использованием прибора М-416.

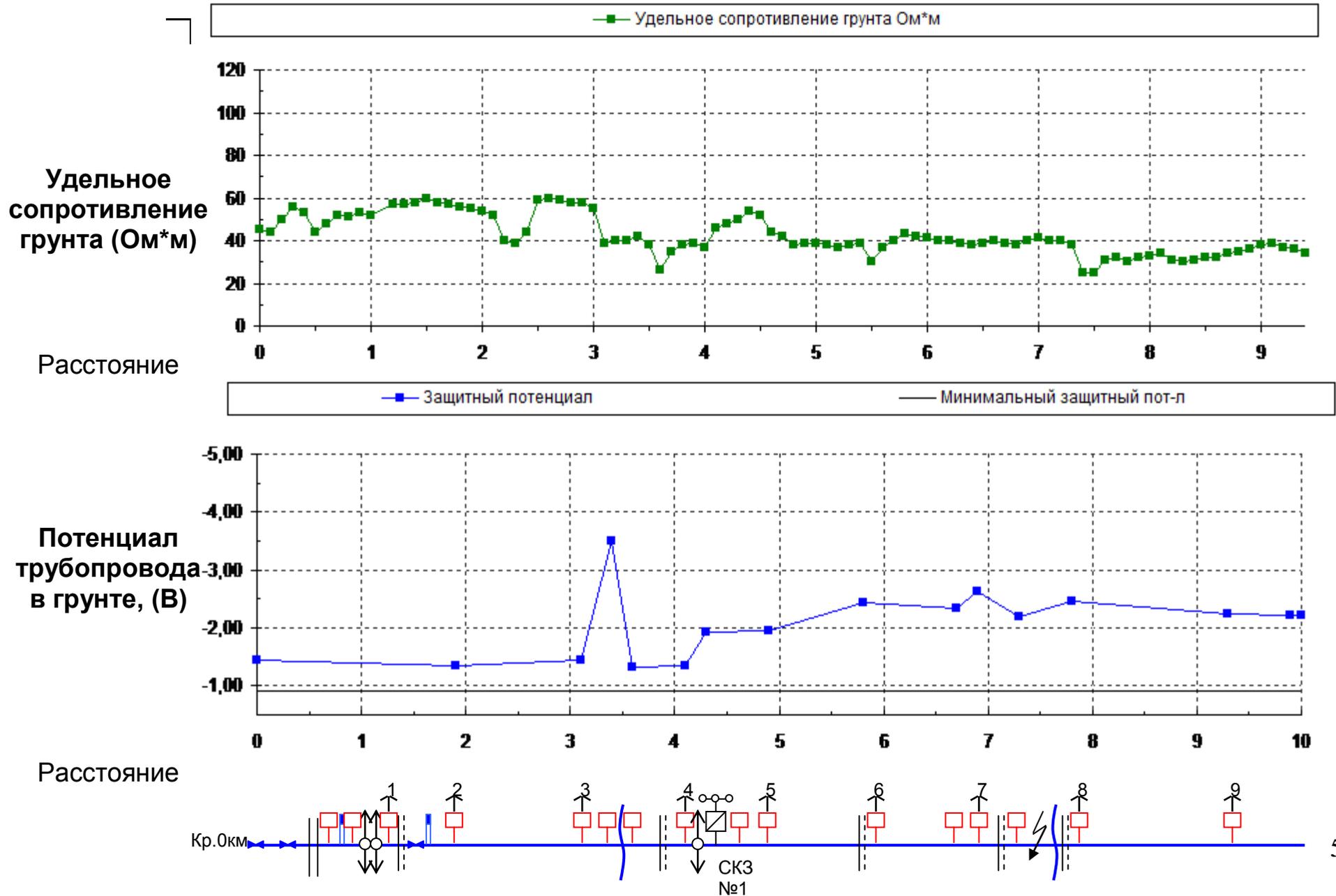
На величину УЭС оказывают влияние пористость грунта, его влажность, минерализация грунтовых вод, температура грунта. При прочих равных условиях, чем влажнее грунт, выше его пористость и минерализация грунтовых вод, тем ниже удельное сопротивление грунта.

Среднемесячная температура теплого времени года по Юргинскому району составляет 23,7°С, количество осадков за период апрель-октябрь достигает 406 мм [1]. Полевые электрометрические измерения на газопроводах проводились в июле, а период апрель-июль 2007 г в Юргинском районе отмечался высокой плюсовой температурой (до 39 °С) окружающего воздуха и минимальным количеством осадков, поэтому верхние слои грунтов обваловки газопроводов оказались существенно обезвоженными, и при проведении измерений УЭС грунта на некоторых участках (пашни, пастбища) для обеспечения надлежащего контакта электродов с грунтом приходилось увлажнять грунт водой.

Измеренные значения УЭС грунта на участке МГ Юрга-Новосибирск со 0-25 км изменяются от 20,8 Ом·м (на 3,5 км) до 64,9 Ом·м (на 10,8 км), что в соответствии с ГОСТ 9.602-89 [6] характеризует низкую коррозионную агрессивность грунтов, грунты средней коррозионной активности расположены в местах пересечения с водными преградами и во влажных низинах. Грунты на участке газопровода представлены, в основном, суглинками, черноземами и слабозаглатывающиеся торфы. Трасса газопровода проходит в основном по полям и сельхоз угодьям, заболоченные участки не

встречаются, поэтому тип грунта по трассе обследованного участка МГ остается почти однородным.

Рисунок 2.5-Распределение УЭС грунтов и потенциал трубопровода представлены на диаграммах



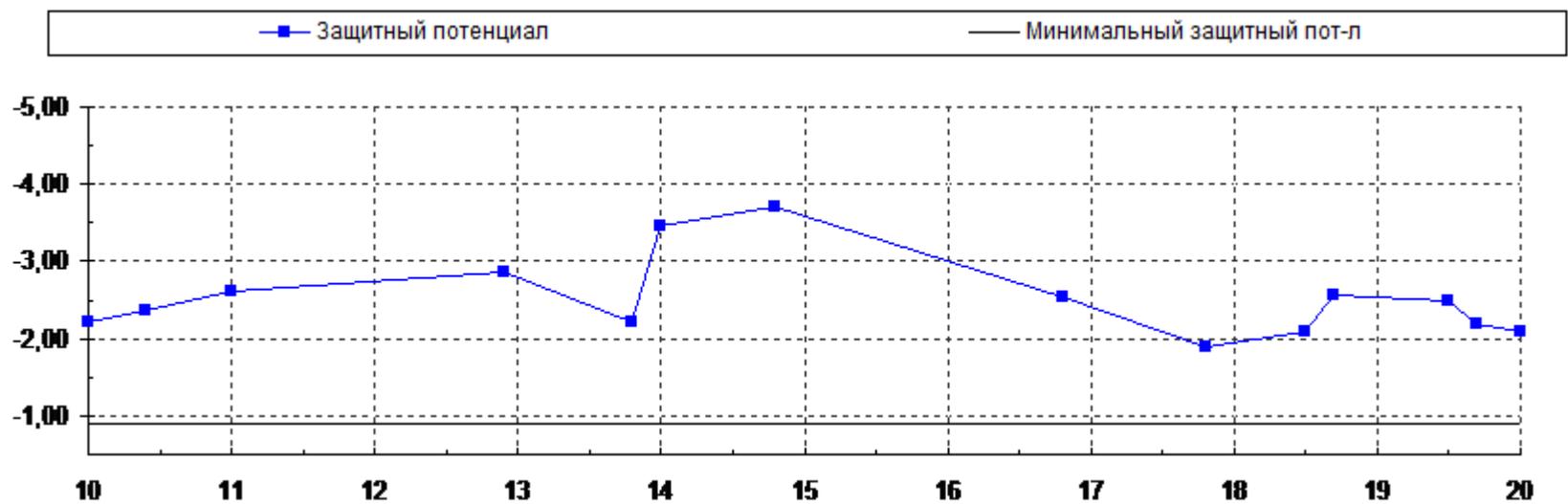
на трассе

Удельное сопротивление  
грунта (Ом\*м)



Расстояние

Потенциал  
трубопровода  
в грунте, (В)



Расстояние

Ситуация

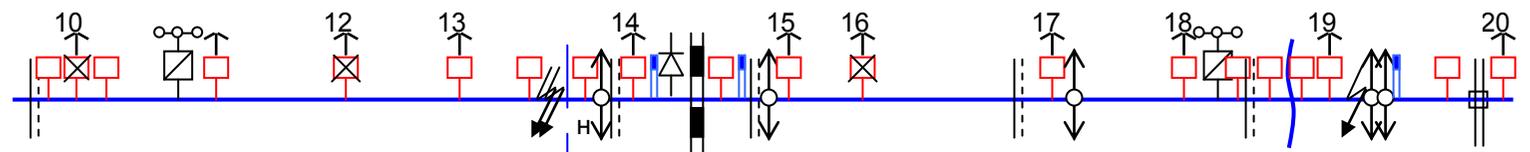
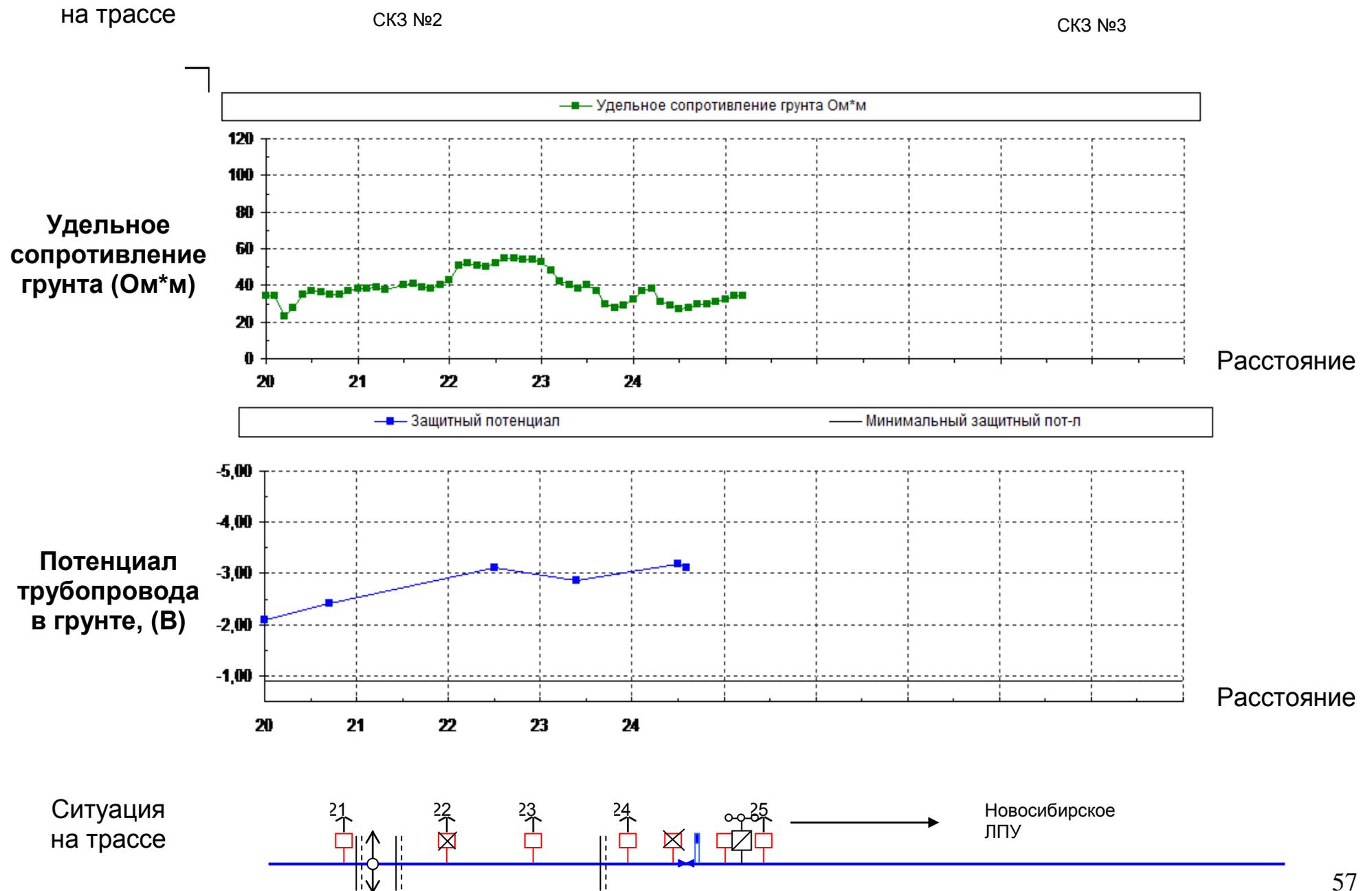


Рисунок 2.6 -Коррозионная карта участка МГ Юрга-Новосибирск (0-25 км)



### **2.3.1 Анализ результатов комплексных электрометрических измерений на участках МГ Юрга-Новосибирск (0 - 25 км)**

#### **Методика проведения комплексных электрометрических измерений МГ.**

Комплексные измерения на участках МГ Юрга-Новосибирск Юргинского ЛПУ МГ проводились комплектом приборов ИПИ-95 (искатель повреждений изоляции) и прибором ПОИСК-01. В состав оборудования ИПИ-95 входят: генератор ИПИ-95 Г, приемник ИПИ-95 П, головные телефоны «Тон-2», заземлитель ИПИ-95 ПШ, поисковые штыри ИПИ-95 ПШ. Принцип работы прибора ИПИ-95 основан на приеме и оценке потенциалов с поверхности трубы вдоль трассы трубопровода, создаваемых генератором и изменяющихся в зависимости от качества изоляции.

С помощью генератора в обследуемом трубопроводе создается импульсный ток с частотой 1000 Гц. Оператор перемещается вдоль трассы трубопровода с приемником и наблюдает за уровнем сигнала по отклонению стрелки индикатора и уровня звука в телефоне. Величина сигнала определяется разностью потенциалов на поверхности земли, которые образуются прохождением переменного тока по цепи (генератор – труба – изоляция – земля - заземлитель - генератор). В местах повреждения изоляции переходное сопротивление “труба - земля” уменьшается и сигнал усиливается.

При комплексных измерениях одновременно с определением повреждений изоляции трубопровода также измеряется потенциал “труба - земля” с интервалом 1 – 50 м, измерения производятся прибором ПОИСК – 01. В состав оборудования входят: прибор ПОИСК – 01, измеряющий и фиксирующий потенциалы ”труба-земля”, медно-сульфатный электрод сравнения (МЭС) и кабельные катушки с измерительным проводом длиной 1000 м.

При обследовании изоляции аппаратура обслуживается двумя операторами. Повреждения изоляции находятся прибором ИПИ - 95, для чего

штыревые электроды устанавливаются в грунт с интервалами 1 м, контроль пройденного расстояния, места привязки дефектов изоляции и потенциалов "труба-земля" производится прибором ПОИСК-01.

По результатам комплексных измерений можно судить об эффективности работы существующих средств электрохимзащиты и оценить защищенность газопроводов.

Общая протяженность данного обследованного участка МГ Юрга-Новосибирск составила 25000 м. Точка начала измерений – кран узла отключения», конечная – кран линейный секущий, движение - по ходу газа. Потенциал при включенной системе ЭХЗ находится в пределах от минус 9,7 В (на 14,82 км) до минус 0,44 В (на 25 км). Это кратковременные скачки во время прохождения электропоездов. Защищенность обследованного участка газопровода по протяженности составляет 100 %.

По результатам комплексных измерений выявлены участки с повреждениями изоляционного покрытия (представлены в таблице 3.3.). Четкой закономерности между данными электрометрических измерений и реальным коррозионным состоянием газопровода и состоянием изоляционного покрытия не существует. По результатам измерений трудно что-либо сказать о характере и размерах коррозионных повреждений и повреждений изоляции. Точные размеры повреждения определяются при вскрытии дефектного участка газопровода. На обследованном участке МГ Юрга-Новосибирск имеется пятьучастков с повреждениями изоляции (таблица 2.3.). Общая протяженность участков с повреждениями изоляции – 72 м, что составляет 0,28 % от протяженности обследованного участка газопровода.

Таблица 2.3— Список участков с дефектами изоляционного покрытия на МГ Юрга-Новосибирск (0-25 км)

Начало участка		Конец участка		Длина участкам	Примечания
Км отметка	От ориентира на местности, ±м	Км отметка	От ориентира на местности, ±м		
1	2	3	4	5	6
4,862	КИП УК5-5	4,879	УК5 +12	17	
6,177	УК 6+385	6.187	УК 6+395	10	
13,965	УК14+18	13,977	УК 14+30	12	Свеча
14,072	УК 14+125	14.085	УК 14+138	13	Свеча,КИП
14,810	УК 15-10	14,830	УК 15+10	20	

Общее количество повреждений изоляции — 5шт.

Общая протяженность повреждений изоляции — 72 м.

Таблица 2.4. Таблица суммарных годовых отказов в работе СКЗ на МГ Юрга-Новосибирск (0-25 км) (2007 г.)

№ СКЗ	Км отметка по газопроводу	Время простоя, час в год	Источник СЭС	Причина простоя
1	2	3	4	5
1	4	89:24:15	Ф10-2-3 ЮРЭС	Регламентные, восстановительные работы на линии ЮРЭС
2	11	150:13:52	ПС «Маховая»	Регламентные работы БРЭС, повреждение линии ВЛ
3	18	121:12:33		
4	25	173:23:15		

Наличие блуждающих токов в земле на трассе подземных металлических сооружений (ПМС) рекомендуется определять по результатам измерений разности потенциалов между проложенным в данном районе ПМС и землей [2]. Если измеряемая разность потенциалов изменяется по величине и знаку или только по величине, это указывает на наличие в земле блуждающих токов. Разность потенциалов измеряют контактным методом с применением вольтметра, имеющего внутреннее сопротивление не менее 20 кОм. В качестве электрода сравнения применяют неполяризующийся медно-сульфатный электрод (МСЭ). Измерения рекомендуется выполнять в

контрольно-измерительных пунктах, колодцах, камерах или шурфах. Разность потенциалов между сооружением и землей целесообразно измерять с помощью самопишущих или интегрирующих приборов.

Согласно ГОСТ 9.602–89 используется следующий критерий опасного действия блуждающих токов. Если наибольший размах колебаний потенциала сооружения, измеряемого относительно МСЭ (абсолютные значения разности потенциалов между наибольшим и наименьшим значением этого потенциала) не превышает 0,04 В, смещение потенциала не характеризует опасного действия блуждающих токов. Действие блуждающих токов признается опасным при наличии за период измерения мгновенного положительного смещения потенциала. [3]

### **2.3.2 Методика обработки результатов измерений разности потенциалов "труба-земля" в поле блуждающих токов.**

В результате обработки полученных данных измерения разности потенциалов между ПМС и землей следует установить:

- пределы изменения защитного потенциала газопровода;
- среднее значение защитного потенциала газопровода за период измерения.

На участке газопровода Юрга-Новосибирск с 0 по 25 км были проведены измерения разности потенциалов "труба–земля" на 4, 11, 18, 25 км . Измерения проводились относительно МСЭ на специально оборудованных контрольно-измерительных пунктах (КИП). В качестве регистрирующего прибора использовался электронный самописец РАД-256. Значения разности потенциалов "труба – земля" представлены в виде диаграмм в на рисунках 3.6.–3.10. По оси абсцисс такой диаграммы отмечается время измерения, а по оси ординат – потенциал трубопровода относительно земли в вольтах.

На диаграмме представлены красная и зеленая линии, представляющие минимальный и максимальный (по абсолютной величине) допустимые защитные потенциалы газопровода – минус 0,8 В и минус 3,5 В

соответственно, что соответствует требованиям ГОСТ Р 51164-98. При обработке данных измерений среднее значение потенциала трубопровода за период измерения определялось по формуле (3.1):

$$U_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i, В, \quad (2.14)$$

где  $U_i$  – мгновенные значения измеренной разности потенциалов;  $n$  – общее число отсчетов.

Рассмотрим последовательно кривые измерения потенциала трубы, полученные на указанных выше километрах. Отсчет километров газопровода Юрга-Новосибирск начинается от узла подключения (КУ №1), расположенного вблизи КС 6 «Просоково». Газопровод Юрга-Новосибирск на 14 км пересекает Транссибирская электрифицированная железная дорога, которая является источником блуждающих токов. После пресечения газопровод проходит параллельно железной дороге. Участок газопровода с 0 по 25 км находится в зоне ответственности Юргинского ЛПУ МГ, а участок газопровода с 25 по 111 км находится в зоне ответственности Новосибирского ЛПУ МГ.

Не опасная в коррозионном отношении ситуация на участке 4 км. Диаграммы изменения потенциала газопровода на этом участке представлены на рисунке 3.6. Среднее значение защитного потенциала на этом участке равно минус 1,93 В. Блуждающие токи смещают защитный потенциал трубопровода в область отрицательных значений до минус 7,4 В.

Диаграммы, представленные на рисунке 3.7., показывают изменение потенциала газопровода на 15 км. Как следует из диаграмм, амплитуда блуждающих токов на этом участке заметно увеличилась. Увеличение блуждающих токов связано с приближением газопровода к железной дороге. Несмотря на увеличение амплитуды блуждающих токов, на этом участке не зафиксировано смещение потенциала газопровода в положительную область значений. Это свидетельствует о том, как с помощью правильно выбранного уровня катодной защиты можно избежать опасного влияния

знакопеременных блуждающих токов большой амплитуды. Блуждающие токи смещают защитный потенциал трубопровода в область отрицательных значений доминус 9,8 В. Среднее значение защитного потенциала на этом участке равно минус 3,71 В.

На участке 14 км газопровод Юрга-Новосибирск пересекает Транссибирская железная дорога. Поэтому амплитуда блуждающих токов на этом участке наибольшая (рисунок 3.8.). Зафиксировано смещение потенциала газопровода в положительную область значений до 0,5 В, а в отрицательную - до минус 9,5 В. Среднее значение защитного потенциала на этом участке равно минус 3,45 В. Несмотря на то, что на этом участке введены дренажная (14 км) и катодная (18 км) защиты, уменьшить влияние блуждающих токов их регулировкой вряд ли удастся.

Амплитуда блуждающих токов на 25 км газопровода Юрга-Новосибирск заметно уменьшилась (рисунок 3.9.). Блуждающие токи на этом участке, согласно ГОСТ 9.602 – 89, носят опасный характер, кратковременно смещая защитный потенциал трубы в положительную область значений до 0,8 В и в отрицательную область значений до минус 8,3 В. Среднее значение защитного потенциала на этом участке равно минус 3,18 В. Для устранения опасного влияния блуждающих токов рекомендуется усилить катодную защиту газопровода за счет существующих станций катодной защиты (СКЗ) или введения дополнительной СКЗ.

## 2.4 Оценка энергетической эффективности модернизации станции катодной защиты (СКЗ)

Подземные металлические сооружения в настоящее время стали неотъемлемой частью любого промышленного или хозяйственного объекта. Протяженность и количество таких объектов непрерывно увеличивается. Прокладываются новые линии нефтепромыслов, газопроводов, возводятся хранилища нефтепродуктов, объекты коммунального хозяйства, информационных сетей.

Совершенно очевидно, что стабильная работа отрасли, где используются подземные металлические сооружения, во многом зависит от их надежности. На этапах проектирования, строительства и эксплуатации объектов подземных металлических сооружений возникает проблема защиты их от подземной почвенной коррозии. Известно, что на снижения воздействия почвенной (электрохимической) коррозии широко используется способ смещения потенциала на защищаемом сооружении в отрицательную область относительно окружающей почвы (грунта) путем применения внешнего источника энергии – установки катодной защиты.

Однако при выборе типа установки катодной защиты важно не только учитывать технические характеристики, но и прогнозировать экономическую эффективность при последующей эксплуатации. Оптимальным можно считать выбор типа установки катодной защиты, обеспечивающей заданные параметры защиты, в том числе с течением рассматриваемого периода времени при максимальной экономической эффективности в процессе эксплуатации. [29]

Сравнительный годовой экономический эффект от использования выбранного типа установки катодной защиты предлагается [1] определять как экономический эффект по следующим отдельным показателям:

- Учет потребляемой электроэнергии ( $\mathcal{E}_{\text{ээ}}$ );
- Увеличение срока службы и технического ресурса ( $\mathcal{E}_{\text{сс}}$ );
- Снижение затрат на плановое техническое обслуживание ( $\mathcal{E}_{\text{то}}$ );

- Снижение затрат на капитальный ремонт ( $\mathcal{E}_{кр}$ ).

Важнейшими энергетическими характеристиками любой установки катодной защиты, помимо номинальной выходной мощности, являются: полная потребляемая мощность в номинальном режиме, коэффициент полезного действия и коэффициент мощности.

Коэффициент полезного действия ( $\eta$ ) показывает отношение используемой (полезной) активной мощности на выходе установки катодной защиты ( $P_{вых}$ ) к активной мощности, потребляемой установкой от питающей сети ( $P_{вх}$ )

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}. \quad (3.1)$$

Коэффициент мощности ( $\cos\varphi$ ) показывает отношение потребляемой активной мощности ( $P_{вх}$ ) к полной мощности ( $S_{вх}$ ), потребляемой установкой от питающей сети

$$\cos\varphi = \frac{P_{вых}}{S_{вх}}. \quad (3.2)$$

Выразим из формулы (4.2) значение полной мощности  $S_{вх}$  и подставим значение  $P_{вх}$ , выраженное из формулы (4.1), получим

$$S_{вх} = \frac{P_{вых}}{\eta \cdot \cos\varphi}. \quad (3.3)$$

Следует отметить, что для установок катодной защиты:  $\eta < 1$ ;  $\cos\varphi < 1$ .

Из формулы (3.3) очевидно, что чем выше  $\eta$  и  $\cos\varphi$ , тем меньше полная мощность, потребляемая установкой катодной защиты от питающей сети для получения заданной выходной мощности установки.

Экономический эффект от экономии электрической энергии определится по выражению (3.4)

$$\mathcal{E}_{э} = (S_{вхб} \cdot K_{б} - S_{вхсп} \cdot K_{сп}) \cdot T_p \cdot T_{э}, \quad (3.4)$$

где:  $S_{вхб}$  – полная потребляемая мощность базового изделия;  $S_{вхсп}$  – полная потребляемая мощность сравниваемого изделия;  $K_{б}$  – усредненный коэффициент потребляемой мощности базового изделия;  $K_{сп}$  – тоже для

сравниваемого изделия;  $T_p$  – годовой фонд времени работы установки катодной защиты;  $T_э$  – действующий в регионе тариф на электрическую энергию.

Значения полной потребляемой мощности обычно указываются в технических условиях или в паспорте на установку катодной защиты.

Усредненный коэффициент потребляемой мощности  $K$ , при отсутствии в установке катодной защиты встроенного счетчика электрической энергии и при условии оплаты за потребляемую установкой катодной защиты электрическую энергию по установленной мощности, принимается равным 1.

При наличии встроенного в установку катодной защиты счетчика электрической энергии и оплаты за потребленную установкой электрическую энергию по показаниям счетчика коэффициент  $K$  рекомендуется выбирать по прогнозируемой выходной мощности.

Выбор и эксплуатация установок катодной защиты осуществляется на практике с 2 – 3 – кратным запасом выходной мощности.

При использовании УКЗ, например, для защиты нового трубопровода, имеющего хорошую физическую изоляцию, используемая выходная мощность составляет обычно не более 30% от номинальной выходной мощности установки. В этом случае коэффициент  $K$  рекомендуется выбирать равным 0,2.

С течением времени происходит естественное постепенное ухудшение качества физической защиты трубопровода, и используемая выходная мощность УКЗ растет, достигая 70% от номинальной выходной мощности. В этом случае коэффициент  $K$  рекомендуется выбирать равным 0,5.

В отдельных нетипичных случаях при резком ухудшении качества физической защиты или увеличении химической активности грунта используемая выходная мощность УКЗ может составлять до 90% или достигать номинальной выходной мощности. В данном случае коэффициент  $K$  рекомендуется выбрать равным 0,8. Следует отметить, что с началом

такого режима работы УКЗ необходимо провести поиск дефектных участков трубопровода и их ремонт.

Если режимы работы УКЗ неизвестны, то коэффициент К рекомендуется выбирать равным 0,5.

Годовой фонд времени работы УКЗ можно определить из выражения

$$T_p = T_z - T_n, \quad (3.5)$$

где  $T_r$  – годовой фонд времени (24 ч·365 сут = 8760 ч);  $T_n$  – максимально допустимый перерыв в работе УКЗ, составляющий согласно ГОСТ Р 51164 – 98 не более 80 ч в квартал.

Таким образом,  $T_r = 8760 - 4 \cdot 80 = 8440$  ч.

Экономический эффект от увеличения срока службы УКЗ определяем из выражения

$$\mathcal{E}_{cc} = \frac{\frac{T_{слср}}{T_{слб}} \cdot C_b - C_{cp}}{T_{слср}}, \quad (3.6)$$

где:  $T_{слб}$  – срок службы базового изделия;  $T_{слср}$  – срок службы сравниваемого изделия;  $C_b$  – стоимость базового изделия;  $C_{cp}$  – стоимость сравниваемого изделия.

Срок службы УКЗ приводится обычно в технических условиях и паспортах выпрямителей, а ее стоимость – в официальных материалах организаций, реализующих установки, или в бухгалтерских документах организаций, закупивших их.

Экономический эффект от увеличения установленного технического ресурса УКЗ и снижения затрат на ее капитальный ремонт определим из выражения

$$\mathcal{E}_{tr} = \frac{\left(\frac{T_{слб}}{T_{крб}} - 1\right) \cdot \left(\frac{T_{слср}}{T_{крср}} - 1\right) \cdot C_b - C_{cp}}{T_{слср}} \cdot Z_{кр}, \quad (3.7)$$

где:  $T_{крб}$  – установленный ресурс до капитального ремонта базового изделия;  
 $T_{крсп}$  – установленный ресурс до капитального ремонта сравниваемого изделия;  $Z_{кр}$  – нормативные затраты на капитальный ремонт выпрямителей.

Значения установленного ресурса УКЗ приведены в технических условиях и паспортах на установки.

Экономический эффект от увеличения установленной периодичности технического обслуживания и снижения затрат на плановое техническое обслуживание УКЗ определяем из выражения

$$\mathcal{E}_{mo} = \left( \frac{T_{гм}}{T_{тоб}} - \frac{T_{гм}}{T_{тосп}} \right) \cdot Z_{то}, \quad (3.8)$$

где:  $T_{тоб}$  – периодичность технического обслуживания базового изделия;  
 $T_{тосп}$  – периодичность технического обслуживания сравниваемого изделия;  
 $T_{гм}$  – количество месяцев в году (12);  $Z_{то}$  – нормативные затраты на техническое обслуживание УКЗ. Значения периодичности технического обслуживания УКЗ приведены в технических условиях и паспортах на установки.

Общий экономический эффект от использования выбранного типа УКЗ определяется по выражению

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{ээ} + \mathcal{E}_{сс} + \mathcal{E}_{mp} + \mathcal{E}_{mo}. \quad (3.9)$$

Срок окупаемости выбранного типа УКЗ определяется из выражения

$$T_{ок} = \frac{C_{сп}}{\mathcal{E}_{\Sigma}}. \quad (3.10)$$

Рассмотрим в качестве примера расчет экономического эффекта работы установки с автоматическим выпрямителем для катодной защиты «Энергомера», модификации ПКЗ-ОПЕ-50-48-У1-2 [2]. Эти выпрямители устанавливаются на открытом воздухе и предназначены для защиты вновь строящихся подземных металлических сооружений и замены технически и

морально устаревших преобразователей, таких как КСС, ПСК-М, ПАСК, ПАСК-М, ОПС-А, ОПС-2, СКЗМ, ПКЗ-ОПЕ-50-48-У1-2 и других.

Выпрямители ПКЗ-ОПЕ-50-48-У1-2 полностью соответствуют ГОСТ Р 51164-98, характеризуются повышенной надежностью (большим ресурсом и сроком службы), малым уровнем пульсаций (2,5%), повышенными энергетическими показателями, возможностью отвода блуждающих токов с защищаемого сооружения на анодное заземление (даже при отсутствии напряжения питающей сети). Для обеспечения функций контроля: защитного потенциала, выходного тока, выходного напряжения, учета потребляемой электроэнергии, отсутствия напряжения питающей сети, сигнализации о несанкционированном доступе внутрь выпрямителя и для дистанционной установки защитного потенциала выпрямитель имеет устройство подключения к различным системам телемеханики.

При расчете экономического эффекта в качестве базового изделия выбран автоматический катодный преобразователь ОПС-2, а в качестве сравниваемого изделия – выпрямитель ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2 со встроенным устройством сопряжения с системой телемеханики.

Изделия равны по мощности – 3 кВт. Основные технико-экономические характеристики средств ЭХЗ приведены в таблице.

Экономический эффект от экономии электрической энергии, с учетом наличия встроенного счетчика в выпрямителе ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2 и отсутствия счетчика в преобразователе ОПС-2, определяем из выражения (3.4).

Таким образом,

$$\mathcal{E}_{\text{э}} = (4,87 \cdot 1 - 4,06 \cdot 0,5) \cdot 8440 \cdot 2,20 = 52733,12 (\text{руб}).$$

При расчете коэффициент  $K_6$  принят равным 1, а коэффициент  $K_{\text{ср}}$  – равным 0,5, согласно приведенной выше методике. Тариф на электрическую энергию по данным ОАО «Кемэнерго» составляет 2,20 руб/кВтч.

Экономический эффект от увеличения срока службы выпрямителя ПКЗ-ОПЕ-50-48-У1-2 определяем из выражения (3.6)

$$\mathcal{E}_{cc} = \frac{\frac{20}{10} \cdot 22708 - 30800}{20} = 731(\text{руб}).$$

Экономический эффект от увеличения установленного технического ресурса выпрямителя ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2и снижения затрат на его капитальный ремонт определим из выражения (3.7)

$$\mathcal{E}_{mp} = \frac{\left(\frac{87600}{30000} - 1\right) \cdot \left(\frac{175200}{100000} - 1\right) \cdot 22708 - 30800}{20} \cdot 0,22 = 660(\text{руб}).$$

При расчете затраты на капитальный ремонт приняты равными 22% от стоимости выпрямителей.

Отношения  $\frac{T_{слб}}{T_{рб}}$  и  $\frac{T_{слр}}{T_{рер}}$  в выражении (3.7) при вычислении

рекомендуют округлять до ближайшего большего целого значения.

Таблица 3.1— Основные технико – экономические характеристики средств ЭХЗ.

Наименование показателя	Ед. Изм.	Модель прибора	
		ОПС-2-63-48-У1	ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2
Обозначение технических условий	-	ТУ 16-435.004-84	ЕИЖА.435214.015
Сертификат соответствия	-	нет	РОСС.RU.АЮ11.Н00052
Полная потребляемая мощность	кВА	4,87	4,06
Номинальная выходная мощность	кВт	3,0	3,0
Номинальное выходное напряжение	В	48	48
Номинальный выходной ток	А	63	63
Коэффициент полезного действия в номинальном режиме	%	77	80
Коэффициент мощности в номинальном режиме	-	0,8	0,85
Установленный срок службы	лет	10	20
Периодичность технического обслуживания	мес	6	6
Установленный ресурс	ч	30000	100000
Стоимость	руб	22708	30800

Экономический эффект от установленной периодичности технического обслуживания при установленных затратах на плановое техническое обслуживание выпрямителя ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2 определяем из выражения (3.8)

$$\mathcal{E}_{mo} = \left( \frac{12}{6} - \frac{12}{6} \right) \cdot 0,02 = 0(\text{руб}).$$

При расчете затраты на проведение технического обслуживания приняты равными 2% от стоимости выпрямителей (устанавливаются эксплуатирующей организацией).

Суммарный экономический эффект от использования выпрямителя В-ОПЕ-МЗ-63-48-У1 определим из выражения (3.9)

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = 52733,12 + 731 + 660 + 0 = 55124,12(\text{руб}).$$

Срок окупаемости выпрямителя В-ОПЕ-МЗ-63-48-У1 определим из выражения (3.10)

$$T_{ок} = \frac{30800}{17414,3} = 0,57(\text{года}).$$

Согласно изложенной методике можно аналогичным образом произвести расчет экономической эффективности от возможного применения любого выбранного выпрямителя по отношению к ранее используемому. Такой расчет позволит выбрать оптимальный тип выпрямителя, исходя из технико-экономических показателей выпрямителей, возможных к применению.

### **3. Рекомендации по модернизации электроснабжения станции катодной защиты.**

Для организации, эксплуатирующих станции катодной защиты, которые должны иметь представление о состоянии и перспективе используемого оборудования и проведения модернизации нового оборудования на примере выпрямителя ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2. Выпрямители ПКЗ-ОПЕ-50-48-У1-2 полностью соответствуют ГОСТ Р 51164-98, характеризуются повышенной надежностью (большим ресурсом и сроком службы), малым уровнем пульсаций (2,5%), повышенными энергетическими показателями, возможностью отвода блуждающих токов с защищаемого сооружения на анодное заземление (даже при отсутствии напряжения питающей сети). Для обеспечения функций контроля: защитного потенциала, выходного тока, выходного напряжения, учета потребляемой электроэнергии, отсутствия напряжения питающей сети, сигнализации о несанкционированном доступе внутрь выпрямителя и для дистанционной установки защитного потенциала выпрямитель имеет устройство подключения к различным системам телемеханики.

При расчете экономического эффекта в качестве базового изделия выбран автоматический катодный преобразователь ОПС-2, а в качестве сравниваемого изделия – выпрямитель ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2 со встроенным устройством сопряжения с системой телемеханики.

Изделия равны по мощности – 3 кВт. [2]

Основные технико-экономические характеристики средств ЭХЗ приведены в таблице.

Экономический эффект от экономии электрической энергии, с учетом наличия встроенного счетчика в выпрямителе ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2 и отсутствия счетчика в преобразователе ОПС-2

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Вторым не менее важным фактором для обеспечения как качественных показателей катодной защиты, так и энергосбережения, является поддержание защитного потенциала на защищаемых сооружениях на минимальном уровне.

Выпрямители с ручной установкой защитного потенциала не отвечают этому требованию, поскольку требуется завышать начальное значение защитного потенциала. Это вызвано изменением защитного потенциала в течение времени эксплуатации из-за воздействия дестабилизирующих факторов, таких как сезонные изменения, сопротивления грунта, сопротивления изоляции трубопровода, воздействия блуждающих токов и др.

Известно, что для увеличения защитного потенциала требуется практически квадратичное увеличение выходной мощности выпрямителя и, соответственно, увеличение энергопотребления. Так, например, увеличение защитного потенциала с 1В до 1,2В увеличивает энергопотребление примерно в 1,44 раза. [33]

Обеспечить оптимальное энергопотребление могут выпрямители с автоматическим поддержанием защитного потенциала, где не требуется увеличения начального защитного потенциала по отношению к оптимальному.

Таким образом, при выборе УКЗ необходимо учитывать следующие факторы:

- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих автоматический режим поддержания защитного потенциала;
- Режим автоматического поддержания защитного потенциала должен быть подтвержден результатами длительных эксплуатационных испытаний (не менее года) и сертификатом соответствия Госстандарта России, выданным уполномоченным органом;
- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих большие значения КПД и коэффициента мощности;
- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих встроенный счетчик электроэнергии;
- Ввод в эксплуатацию выпрямителей (преобразователей), в автоматическом режиме поддержания защитного потенциала;
- Выбор выпрямителей, имеющих не более чем 2-3-кратный запас выходной мощности по отношению к необходимой.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности модернизации и определить направления для ее будущего повышения.

Данный анализ проведен с помощью оценочной карты (табл. 3.2). Для этого отобрано два выпрямителя ОПС-2-63-48-У1 и ПКЗ-ОПЕ-63-48-У1-2.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 3.2, подбирали исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время наработки данных	0,2	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Помехоустойчивость	0,07	4	4	3	0,5	0,5	0,3
3. Безопасность	0,2	5	5	4	0,4	0,4	0,3
4. Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	3	3	0,5	0,3	0,3
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,06	5	4	4	0,35	0,3	0,3
6. Простота эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,35	0,3
7. Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	2	0,2	0,2	0,15
2. Цена	0,1	5	3	1	0,4	0,3	0,3
3. Финансирование научной разработки	0,05	3	4	2	0,3	0,3	0,4
Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Наличие сертификации разработки	0,05	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Итого	1				4,5	3,85	3,55

Позицию разработки и конкурентов оценивали по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (3.11)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

При выборе типа оборудования для станции катодной защиты важно не только учитывать технические характеристики, но и прогнозировать экономическую эффективность при последующей эксплуатации.

Оптимальным можно считать выбор типа оборудования для станции катодной защиты, обеспечивающий заданные параметры энергосбережения, в том числе с течением рассматриваемого периода времени при максимальной экономической эффективности в процессе эксплуатации.

Данный анализ позволяет говорить о том, что модернизация является эффективной, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее использование данного оборудования можно считать целесообразным.

#### **Выводы:**

При выборе станции катодной защиты необходимо учитывать следующие факторы:

- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих автоматический режим поддержания защитного потенциала;
- Режим автоматического поддержания защитного потенциала должен быть подтвержден результатами длительных эксплуатационных испытаний (не менее года) и сертификатом соответствия Госстандарта России, выданным уполномоченным органом;
- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих большие значения КПД и коэффициента мощности;
- Выбор выпрямителей (преобразователей), имеющих встроенный счетчик электроэнергии;
- Ввод в эксплуатацию выпрямителей (преобразователей), в автоматическом режиме поддержания защитного потенциала;
- Выбор выпрямителей, имеющих не более чем 2-3-кратный запас выходной мощности по отношению к необходимой.

## **4 Социальная ответственность на примере ООО«Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ**

В данном разделе анализируется процесс управления корпоративной социальной ответственностью. В частности, дана характеристика корпоративной социальной ответственности ООО«Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ. Предложены рекомендации по улучшению управления корпоративно-социальной ответственностью. Корпоративная социальная ответственность (КСО) понимается финансирование компаниями проектов, программ и различных мероприятий, которые не приносят компании доход и не связаны со сферой ее деятельности, а имеют целью улучшение жизни людей и рабочих. В рамках КСО чаще всего инвестируются средства в развитие инфраструктуры (медицинское страхование, культура, спортивные объекты и прочее), а также в проведение культурно - массовых мероприятий. В широком смысле КСО также может включать финансирование спортивных мероприятий, конкурсов в сфере музыки, искусства.

### **4.1 Внутренняя социальная политика предприятий**

#### **1. Охрана труда.**

В ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ, являясь ключевым элементом энергетической отрасли России и обеспечивая конечные результаты ее деятельности, определяет в качестве главного приоритета своей деятельности охрану жизни и здоровья работников, а также обеспечение безопасных условий их труда. ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ, в полной мере осознавая масштаб и технологическую сложность своей деятельности, будет развивать магистральный трубопроводный транспорт и проводить работы таким образом, чтобы минимизировать риски и предотвратить угрозы возникновения производственного травматизма и профессиональных

заболеваний работников. Приоритетность жизни и здоровья работников по отношению к результату производственной деятельности важная часть рабочего процесса. Личная ответственность каждого работника за свою собственную безопасность, право каждого работника останавливать работы и обязанность отказаться от проведения работ, проводимых с нарушениями требований безопасности. Приоритетом для безопасности труда является вовлечение всех работников в деятельность по снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ обязано выполнять требования российского законодательства, международных договоров Российской Федерации, стандартов в области охраны труда. Постоянно улучшать и совершенствовать деятельности в области охраны труда и условий труда.

Соблюдение данных положений в ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ считает залогом оптимального сочетания интересов Компании с социально-экономическими потребностями общества в области охраны труда.

## 2. Добровольное медицинское страхование.

Программа добровольного медицинского страхования работников Программа включает в себя полное поликлиническое обслуживание, стоматологическую помощь, организацию экстренных и плановых госпитализаций. Программа санаторно-курортного оздоровления Работники Компании и члены их семей обеспечиваются санаторно-курортными путевками на льготных условиях раз в два года.

Для работников Общества сформирована и действует страховая защита на случай смерти, полной или частичной утраты трудоспособности в результате несчастного случая, причем работники застрахованы не только на период исполнения ими служебных обязанностей, но и во внерабочее время.

## 3. Организация спортивных праздников и отдыха сотрудников.

Большое внимание в ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ уделяется здоровому образу жизни сотрудников, развитию физической культуры и спорта ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ обеспечивает организацию и финансирование мероприятий, направленных на формирование и развитие корпоративной культуры Общества.

Полный список мероприятий за 2016 год:

- поздравление работников с новым годом, 8 марта, 23 февраля, днем газовика, юбилей Общества;
- поздравление работников со значимыми событиями в жизни (день рождения, заключение брака, рождение детей, юбилей работника);
- организация профессионального праздника «День работников нефтяной и газовой промышленности»;
- новогодние праздничные торжества, включая приобретение новогодних подарков для детей работников;
- компенсация работникам затрат на общефизическую подготовку (плавание, фитнес, футбол, баскетбол, тренажерный зал, настольный теннис);
- проведение летних и зимних спартакиад ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ. Санаторно-курортное лечение и оздоровление работников и членов их семей рассматриваются в качестве эффективного направления профилактики заболеваемости и сохранения профессионального долголетия нефтяников.

#### 4. Управление персоналом.

Направления развития персонала в компании являются работа с молодыми специалистами, формирование кадрового резерва, создание комплексной непрерывной системы обучения, охватывающей все категории персонала и все уровни управления.

Компания активно работает с вузами и средними специальными учебными заведениями с целью обеспечить свои предприятия высококвалифицированными кадрами в долгосрочной перспективе.

ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ выделяет следующие стратегические задачи в области управления персоналом:

- повышение эффективности управления посредством проведения активной политики, развития корпоративной культуры и внедрения современных стандартов в систему управления персоналом Компании.

- совершенствование планирования управления персоналом в соответствии со стратегией Компании и тенденциями бизнес-среды, в первую очередь, в вопросах подбора и подготовки руководителей и высококвалифицированных специалистов.

- развитие подходов и совершенствование технологий управления персоналом для достижения максимальных результатов при минимальных издержках.

- создание интегрированной системы непрерывного образования, расширение деятельности корпоративных учебных центров. Обеспечение системного подхода к подготовке, повышению квалификации, переподготовке сотрудников Компании.

- совершенствование работы с молодыми сотрудниками и молодежными организациями, создание корпоративной программы управления талантами.

- развитие и повышение эффективности системы коммуникации между департаментами, службами и подразделениями Компании.

#### **4.2 Внешняя социальная политика ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ**

1. Промышленная безопасность, охрана труда и экологическая безопасность.

В 2014 году была утверждена новая редакция Политики ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ в области экологической безопасности, промышленной безопасности и охраны труда, которая определяет обязательства в соответствии с лучшими российскими и

международными практиками. В дочерних обществах функционирует Интегрированная система управления вопросами охраны экологической безопасности, промышленной безопасности и охраны труда (ИСУ), которая соответствует требованиям международных стандартов ISO 14001:2004.

ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ осознает свою ответственность за сохранение окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Экологическая безопасность учитывается при принятии любых решений, связанных с производственной деятельностью. В области охраны окружающей среды ООО«Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ соблюдают следующие задачи:

- планирование и осуществление деятельности с учетом предотвращения и снижения негативных воздействий на окружающую среду за счет внедрения инновационных технологий и повышения экологической безопасности объектов трубопроводного транспорта, сокращения отходов производства, удельных выбросов, сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, где это практически достижимо;

- проектирование, строительство, техническое перевооружение, реконструкция и капитальный ремонт объектов трубопроводного транспорта газа и внедрение производственных процессов и оборудования с использованием современных экологически безопасных технологий;

- разработка, внедрение экономически эффективных и инновационных технологий, обеспечивающих экономное расходование сырья, материалов и энергоносителей, вторичное использование ресурсов и утилизацию отходов;

- выделение достаточных материальных, финансовых и кадровых ресурсов для обеспечения выполнения мероприятий по охране окружающей среды;

- формирование экономических и организационных условий для рационального природопользования при проектировании, строительстве,

техническом перевооружении, реконструкции, капитальном ремонте и эксплуатации объектов трубопроводного транспорта газа;

- уменьшение риска возникновения аварийных ситуаций с экологическими последствиями на основе полномасштабной внутритрубной диагностики магистральных трубопроводов;

- принятие комплекса мер по восстановлению, реабилитации нарушенных территорий;

- результативное финансирование и постоянное совершенствование

Системы экологического менеджмента ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ в соответствии с международным стандартом ISO 14001:2004 за счет своевременной разработки и актуализации корпоративных регламентов в области управления производственными процессами, охраной окружающей среды и обеспечением экологической безопасности, четкого разграничения прав, обязанностей и ответственности работников за состояние окружающей среды;

- повышение экологической культуры, образовательного и профессионального уровня персонала ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ и организаций системы

ООО «Газпром трансгаз Томск» в области рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды и экологической безопасности;

- постоянное улучшение имиджа «Газпром трансгаз Томск» как экологически ориентированной компании, основанного на доверии международных экологических организаций, партнеров, клиентов и населения в регионах, где осуществляет свою ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ и организации системы ООО «Газпром трансгаз Томск».

Кроме того, Компания ведет регулярный мониторинг по важнейшим экологическим аспектам производственной деятельности. Результаты мониторинга документируются и анализируются, на их основе

разрабатываются целевые программы и планы природоохранных мероприятий с достаточным финансированием. Данные программы направлены на: сокращение выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду; контроль над размещением отходов и охраной водных объектов; рациональное землепользование и качественную рекультивацию нарушенных земель.

## 2. Благотворительность и спонсорство.

ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ оказывает благотворительную помощь различным общественным и религиозным организациям, фондам, учреждениям, а также прочим некоммерческим организациям и гражданам за счет средств компании.

Целями благотворительной деятельности ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ являются:

- социальная поддержка и защита граждан, включая улучшение материального положения малообеспеченных, социальную реабилитацию безработных, инвалидов и иных лиц, которые в силу своих физических или интеллектуальных особенностей, иных обстоятельств не способны самостоятельно реализовать свои права и законные интересы.

- оказание помощи пострадавшим в результате стихийных бедствий, экологических, промышленных или иных катастроф, социальных, национальных, религиозных конфликтов, а также жертвам репрессий, беженцам и вынужденным переселенцам.

- содействие укреплению престижа и роли семьи в обществе.

- содействие защите материнства, детства и отцовства.

- содействие деятельности в сфере образования, науки, культуры, искусства, просвещения, а также духовному развитию личности.

- содействие деятельности в сфере профилактики и охраны здоровья граждан, пропаганды здорового образа жизни, улучшения морально-психологического состояния граждан.

- содействие деятельности в сфере физической культуры и массового спорта.
- охрана окружающей среды.
- охрана и должное содержание зданий, объектов и территорий, имеющих историческое, культовое, культурное или природоохранное значение, а также мест захоронения.

#### **4.3 Структура программы КСО ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ**

Определение стейкхолдеров ООО «Газпром трансгаз Томск» Александровское ЛПУ МГ.

Стейкхолдеры – заинтересованные стороны, на которые деятельность организации оказывает как прямое, так и косвенное влияние. Например, к прямым стейкхолдерам относятся потребители или сотрудники компании, а к косвенным местное население, экологические организации и т.д. Важным представляется то, что в долгосрочной перспективе для организации важны как прямые, так и косвенные стейкхолдеры. По отношению к нефтегазовому комплексу можно выделить следующие группы стейкхолдеров:

Прямые стейкхолдеры – это группы, организации или индивидуумы, которые имеют легитимное и прямое влияние на бизнес.

Косвенные стейкхолдеры – это группы, организации или индивидуумы, которые имеют опосредованное влияние на бизнес.

Таблица 4.1 – Стейкхолдеры ПАО «Транснефть»

<b>Прямые стейкхолдеры</b>	<b>Косвенные стейкхолдеры</b>
Сотрудники ООО «Газпром трансгаз Томск»	Министерство энергетики РФ
Семьи сотрудников компании ООО «Газпром трансгаз Томск»	Местные власти
Потребители	Благотворительные фонды
Инвесторы	Экологические организации

Основную часть предприятия занимают прямые стейкхолдеры. К косвенным стейкхолдерам же относятся органы управления федерального,

местного и регионального уровня. Для предприятия нефтяной промышленности, деятельность которых строго регулируется Правительством РФ и органами власти, влияние косвенных стейкхолдеров значительно.

Таблица 4.2 – Определение структуры программы КСО ООО «Газпром трансгаз Томск»

	Элемент	Стейкхолдер ы	Сроки реализации мероприятия	Ожидаемый результат от реализации мероприятия
Обеспечение заработной платы на уровне выше среднего по региону присутствия	Социально - ответственное поведение	Сотрудники предприятия	Каждый год	Обеспечение достойного уровня жизни
Безопасность труда	Социально-ответственное поведение	Сотрудники предприятия	Каждый год	Создание безопасной рабочей зоны для сотрудников, свести к минимуму риск аварийных ситуаций и уменьшить производственный травматизм.
Социальная политика	Социально-ответственное поведение	Сотрудники предприятия, Научно-исследовательские учреждения	Каждый год	Улучшение условий труда, быта и отдыха сотрудников, мониторинг состояния здоровья, развитие спорта, поддержка пенсионеров и ветеранов, содействие развитию регионов присутствия, добровольное страхование

Окружающая среда	Социально-ответственное поведение	Сотрудники предприятия, Научно-учреждения	Каждый год	Обеспечения экологической безопасности производственных объектов, охраны атмосферного воздуха, водных ресурсов и восстановления земель, мониторинга природной среды и объектов производства
Организация мероприятий для работников (Новый год, День нефтяной и газовой промышленности)	Социальные инвестиции	Сотрудники предприятия и члены их семей	Каждый год	Повышение уровня лояльности работников к организации сплочение коллектива
Поддержка детских домов	Благотворительные пожертвования	Детские дома, школы-интернаты	Каждый год	Поддержка детей, оказавшихся в сложной жизненной ситуации

В состав ООО «Газпром трансгаз Томск» входит более тридцати дочерних предприятий на каждом из них, помимо общих для всей компании, реализуются индивидуально разработанные программы социальной ответственности, актуальные для определенного региона. Они направлены на поддержку как персонала предприятия, так же населения и окружающей среды региона присутствия.

Таблица 4.3 – Определение затрат на мероприятия КСО ООО «Газпром трансгаз Томск»

Мероприятие	Единица измерения	Цена, млрд. руб.	Стоимость реализации на планируемый период, млрд.руб.
-------------	-------------------	------------------	---

Спонсорская деятельность	Сумма на год	0,11	0,11
Текущие затраты по охране природы	Сумма на год	1,7	1,7
Инвестиции в основной капитал, направленный на охрану окружающей среды	Сумма на год	1,5	1,5
Расходы на благотворительную деятельность	Сумма на год	8,3	8,3
<b>ИТОГО</b>			<b>11,61</b>

Ежегодно компания ООО «Газпром трансгаз Томск» тратит миллиарды рублей на реализацию программ Корпоративной социальной ответственности. Данные по затраченным средствам отображены в таблице 9 и взяты из годового отчета компании за 2016 год.

Компания в своей внутренней стратегии управления руководствуется Социальным Кодексом. Документ расценивается в качестве инструмента применения как внутренних, так и внешних стратегий КСО. Внедряя политику социальной ответственности, компания учитывает интересы различных групп, на которые оказывает влияние ее деятельность.

Все программы корпоративной социальной ответственности предприятий направлены именно на повышения уровня жизни населения, безопасности труда и повышения качества жизни сотрудников. На основе проведенного анализа можно сделать вывод о широкой и разносторонней программе корпоративной социальной ответственности предприятия ООО «Газпром трансгаз Томск», направленной на все стороны деятельности.

## **Заключение**

Целью дипломной работы - организовать систему электроснабжения для электрохимической защиты магистральных трубопроводов.

По результатам решения указанных задач можно сделать следующие выводы:

1. Исследовал теоретические подходы к предотвращению коррозионных процессов магистральных трубопроводов и методы борьбы с ними. Рассмотрены физические основы коррозионных процессов, выделены факторы, оказывающие влияние на их интенсивность, а также дана характеристика основных способов защиты от коррозии магистральных газопроводов.

2. Проанализировал организацию электрохимической защиты и предоставил экономическое обоснование ее эффективности на примере участка магистрального газопровода Юрга-Новосибирск 0-25 км.

Выполнил анализ способов подключения, устройства и принципа действия основных используемых типов станций катодной защиты.

3. Обосновал рекомендации по модернизации станции катодной защиты и предоставил оптимальный выбор типа оборудования для станции катодной защиты, обеспечивающий заданные параметры энергосбережения, в том числе с течением рассматриваемого периода времени при максимальной экономической эффективности в процессе эксплуатации.

Данные рекомендации позволяют говорить о том, что модернизация является эффективной, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее использование данного оборудования можно считать целесообразным.

### **Список публикаций магистранта**

1. Забродько П.В., Деревнин Г.С., Золоторев Р.Н. /Менеджмент качества/ Экономические науки 2017
2. Забродько П.В., Деревнин Г.С. /Электрохимзащита подземных трубопроводов/ Химия и химические технологии 2017
3. Деревнин Г.С., Цибульникова М.Р. /Технико-экономический эффект выбора и эксплуатации установок катодной защиты/ В сборнике: Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине сборник научных трудов III Международной научной конференции. 2016. С. 655-657

## Список использованной литературы

1. В.А. Козловский, Э.А. Козловская, Н.Т. Савруков. Логистический менеджмент. – СПб.: Лань, 2002. – 272 с.
2. А.Н. Калашян, Г.Н. Калянов. Структурные модели бизнеса: DFD-технологии. – М.: Прикладные информационные технологии, 2009. – 256 с.
3. Ф.И. Парамонов, Ю.М. Солдак. Теоретические основы производственного менеджмента. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003. – 280 с.
4. Д.Ф. Алиев. Управление модернизацией производственных систем промышленности. – М.: Экономика, 2012. – 320 с.
5. А.Е. Семечкин, Ю.В. Пазюк, В.Н. Фокин. Система управления окружающей средой в организациях строительной отрасли. – М.: МЭТ-Сертификация, 2003. – 316 с.
6. А.Ф. Горшков, Б.В. Евтеев, В.А. Коршунов, В.А. Титов, Е.Б. Фролов. Компьютерное моделирование менеджмента. – М.: Экзамен, 2004. – 528 с.
7. Становление трудовых отношений в постсоветской России. – М.: Академический проект, 2004. – 320 с.
8. Роберт Каплан, Дэйвид Нортон. Награда за блестящую реализацию стратегии. – М.: Олимп-Бизнес, 2012. – 344 с.
9. И.Н. Андреева. Управление кадрами. Руководство для персонала и топ-менеджмента. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 416 с.
10. Практикум по организации и планированию машиностроительного производства. Производственный менеджмент. – М.: Высшая школа, 2004. – 432 с.
11. А.И. Балашов. Производственный менеджмент (организация производства) на предприятии. – М.: Книга по Требованию, 2009. – 160 с.
12. В.В. Глухов. Менеджмент. – М.: Книга по Требованию, 2008. – 608 с.
13. С.Э. Пивоваров, И.А. Максимцев, И.Н. Рогова, Е.С. Хутиева. Операционный менеджмент. – М.: Книга по Требованию, 2011. – 544 с.

14. Р.А. Фатхутдинов. Производственный менеджмент. – М.: Книга по Требованию, 2011. – 496 с.
15. Россия и Германия. Опыт трансформаций. – М.: Наука, 2004. – 296 с.
16. Дитгер Хан, Харальд Хунгенберг. ПиК. Стоимостно-ориентированные концепции контроллинга. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 928 с.
17. Ю.Н. Лачинов. Финансовый менеджмент для всех. – М.: ЛКИ, 2007. – 80 с.
18. Н.И. Новицкий, В.П. Пашуто. Организация, планирование и управление производством. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 576 с.
19. Г.А. Левиков. Управление транспортно-логистическим бизнесом. – М.: ТрансЛит, 2007. – 224 с.
20. Ясухиро Монден. Система менеджмента Тойоты. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 216 с.
21. Дэймон Шехтер и Гордон Сандер. Логистика. Искусство управления цепочками поставок. – М.: Претекст, 2008. – 240 с.
22. В.В. Глухов, Е.С. Балашова. Производственный менеджмент. Анатомия резервов. Leanproduction. – СПб.: Лань, 2008. – 354 с.
23. Найал Муртаг. Гайдзин на службе в Mitsubishi. – М.: Хорошая книга, 2008. – 384 с.
24. В.Н. Смирнов, С.В. Чижов. Менеджмент в мостостроении. – М.: ДНК, 2008. – 260 с.
25. Манфред Кетс де Вриес. Лидеры, шуты и мошенники. Эссе по психологии лидерства. – М.: Акварминовая Книга, 2008. – 184 с.
26. В.Л. Полукаров. Основы менеджмента. – М.: КноРус, 2009. – 240 с.
27. С.В. Ковалев. Управление качеством работы персонала. – М.: Альфа-Пресс, 2009. – 384 с.

28. Дж. Седдон. Свобода от приказов и контроля. Путь к эффективному сервису. – М.: Стандарты и качество, 2009. – 232 с.
29. М.П. Переверзев, С.И. Логвинов, С.С. Логвинов. Организация производства на промышленных предприятиях. – М.: Инфра-М, 2010. – 336 с.
30. Сергей Глубокий. Товаропроводящая сеть предприятия. Эффективные решения по организации, маркетингу и менеджменту. – М.: Издательство Гревцова, 2008. – 376 с.
31. Джон Джордан. Контроллинг затрат на продукт с помощью решений SAP. – М.: Эксперт РП, 2010. – 576 с.
32. О.Особенков, В.Щегорцов, В.Таран, М.Щегорцов. Экономика России. Менеджмент и маркетинг. В 2 томах. Том 2. Маркетинг. – М.: ОАО "Типография "Новости", 2010. – 924 с.
33. Менеджмент. – М.: Банки и биржи, Юнити, 1999. – 344 с.
34. А.С. Ильдеменов. Операционный менеджмент. – М.: Синергия, 2012. – 384 с.
35. Л.К. Никандрова, И.В. Гулина. Бухгалтерский управленческий учет. – М.: Логос, 2007. – 0 с.
36. Менеджмент. – М.: Эксим, Московская типография №6, 2000. – 280 с.
37. В.К. Федюкин. Управление качеством производственных процессов. – М.: КноРус, 2012. – 232 с.
38. Производственный менеджмент. – М.: Проспект, 2012. – 396 с.
39. В.И. Маргунова. Логистика. – М.: ТетраСистемс, 2012. – 144 с.
40. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Москва, 2000.
41. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. Введ. в действие 23.05.98. № 144-М. ИПК. Изд-во стандартов, 1998 – 41 с. УДК 620.197:621.643:006.354. Группа Г 18. Россия.

42. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Введ. в действие 01.01.91. - М.: Изд-во стандартов, 1989 - 49 с. УДК 620.197:006.354. Группа Т-96.
43. В.И. Наумов, В.А. Хрепенков. Коррозионные исследования при ревизиях и вскрытиях подземных газопроводов. М, - "Недра", 1974.
44. Стрижевский И.В и др. Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник. – М., «Стройиздат», 1990 –303 с.
45. Бэкман В., Швенк В. Катодная защита от коррозии: Справочник.- М.: Металлургия, 1984- с.114-120, 302-306.
46. Критерии катодной защиты подземных трубопроводов от коррозии / Кузнецов А.М., Зенцов В.Н., Рахнаикулов В.Л.// Газовая промышленность. Изд-во: ООО «ИРЦ Газпром» - М., 2000 - № 1.- с.50-
47. Современные средства и методы оценки состояния ЭХЗ и изоляционных покрытий подземных трубопроводов / Тычкин И.А., Митрофанов А.В., Киченко С.Б.// Серия. Защита от коррозии оборудования в газовой промышленности. Изд-во: ООО «ИРЦ Газпром» - М., 2001, с.3-5.
48. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
49. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 192 с.
50. Инструкция по расчету и проектированию электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов. СТО ГАЗПРМ 2-3.5-047-2006
51. А.Г. Кайгородов, В.И. Колибаба. Внешнеэкономическая деятельность корпораций. – М.: ООО "ТНТ", 2012. – 224 с.
52. Производственный менеджмент. – М.: Юрайт, 2013. – 576 с.

53. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2012. - 416 с.
54. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т.В. Анчарова, Е.Д. Стебунова, М.А. Рашевская. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 416 с.
55. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: Учебное пособие / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
56. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий / Э.А. Киреева. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
57. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 320 с.
58. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
59. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. - СПб.: Лань, 2014. - 192 с.
60. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Г.В. Коробов, В.В. Картавцев, Н.А. Черемисинова. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
61. Кудрин, Б.И. Электроснабжение: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Б.И. Кудрин. - М.: ИЦ Академия, 2012. - 352 с.
62. Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. - М.: МЭИ, 2013. - 412 с.
63. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. - М.: КолосС, 2008. - 655 с.
64. Мамошин, Р.Р. Электроснабжение электрифицированных железных

- дорог: учебник / Р.Р. Мамошин, А.Н. Зимакова. - М.: Альянс, 2016. - 296 с.
65. Назарычев, А.Н. Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей. Централизованное и автономное электроснабжение объектов, цехов, промыслов, предприятий и промышленных комплексов / А.Н. Назарычев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2006. - 928 с.
66. Плащанский, Л.А. Электроснабжение горного производства. Релейная защита: Учебное пособие / Л.А. Плащанский. - М.: Горная книга, 2013. - 299 с.
67. Плащанский, Л.А. Электроснабжение горного производства. Релейная защита / Л.А. Плащанский. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. - 299 с.
68. Рождествина, А.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий (для бакалавров) / А.А. Рождествина. - М.: КноРус, 2013. - 368 с.
69. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин. - М.: Радио и связь, 2012. - 328 с.
70. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2009. - 328 с.
71. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение: Учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - М.: РадиоСофт, 2013. - 328 с.
72. Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2013. - 328 с.
73. Чеботаев, Н.И. Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ / Н.И. Чеботаев. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2009. - 474 с.
74. Шевченко, М.Р. Водоснабжение и электроснабжение на дачном участке / М.Р. Шевченко. - М.: Эксмо, 2011. - 256 с.
75. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - М.: Форум, 2012. - 496 с.
76. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в

- строительстве: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - СПб.: Лань, 2012. - 544 с.
77. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - СПб.: Лань, 2014. - 192 с.
78. Щербаков, Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - СПб.: Лань, 2012. - 512 с.
79. Щипакин, М.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие / М.В. Щипакин, Н.В. Зеленевский и др. - СПб.: Лань, 2011. - 192 с.
80. Янукович, Г.И. Электроснабжение сельского хозяйства. Курсовое и дипломное проектирование: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства" / Г.И. Янукович и др. - Мн.: ИВЦ Минфина, 2013. - 448 с.
81. Яхонтова, О. Электроснабжение и электропотребление в строительстве: Учебное пособие / О. Яхонтова, Л. Валенкевич, Я. Рутгайзер. - СПб.: Лань, 2012. - 512 с.

