

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ
ГАЗОПРОВОДА ОТ КОРРОЗИИ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 635

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

Институт инженерно-педагогического образования

Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующая кафедрой ЭС

_____ А.О. Прокубовская

« _____ » _____ 2017 г.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДА ОТ КОРРОЗИИ

Выпускная квалификационная работа бакалавра
направление подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по
отраслям)

профиль подготовки «Энергетика»
профилизации «Энергохозяйство предприятий, организаций,
учреждений и энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 635

Исполнитель:

студент группы ЗЭС-403С _____ И.Л. Мальцев

Руководитель:

старший преподаватель _____ Ю.А. Юксеев

Нормоконтролер:

ст. преподаватель кафедры ЭС _____ Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 67 страницах, содержит 18 рисунков, 18 таблиц, 29 источников литературы.

Ключевые слова: КОРРОЗИЯ, ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА, АНОДНЫЙ ЗАЗЕМЛИТЕЛЬ, КАТОДНАЯ ЗАЩИТА, ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является система электрохимической защиты газопровода от коррозии.

Предметом исследования является система электрохимической защиты газопровода от коррозии.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы электрохимической защиты газопровода.

Задачи:

- разработать систему определений коррозии;
- разработать систему протекторной защиты;
- разработать систему катодной защиты;
- рассчитать экономические затраты.

Разработана система электрохимической защиты. Рассмотрена охрана экологии на магистральном газопроводе.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ВИДЫ КОРРОЗИИ И ЗАЩИТА	8
1.2 Почвенная коррозия	11
1.3 Коррозия под действием блуждающих токов.....	11
1.4 Коррозионностойкие материалы	13
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДА	18
2.1 Расчёт средних значений тока поляризации и удельного сопротивления грунта.....	18
2.2 Расчёт типа системы электрохимической защиты газопровода от коррозии.....	21
3 ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ	38
4 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ.....	41
4.2 Экономический расчёт	50
4.3 Охрана экологии.....	53
4.4 Разработка инструкции по определению мест повреждения газопровода методом дефектоскопии	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ	66

ВВЕДЕНИЕ

Коррозия настолько привычна, что мы готовы согласиться считать ее неизбежным злом нашего времени. И скорее всего, это действительно так. Разрушается все вокруг: крошится бетонный камень, стареет и ломается пластмасса, гниет и трескается дерево, “корродировать”, к сожалению, ваш зуб, возможно, семья вашего соседа, наше общество и, наконец, государство. Неизбежен ли процесс разрушения? Да, настолько же, насколько неизбежно возобновление новых форм жизни. Тогда стоит ли прилагать усилия для борьбы со злом? Если ваш ответ утвердительный, то вы заинтересуетесь темой, с надеждой, что она даст вам силы для борьбы с одним из злейших врагов человечества - коррозией металлов.

Итак, коррозия – «corrodere» означает процесс разрушения. Между прочим, коррозионные последствия могут быть и положительными для общества. Разве плохо было бы положиться на коррозию, глядя на брошенные после пикника железные банки и пакеты? Однако нежелательных последствий от коррозии много больше.

Подземный трубопровод с одним единственным сквозным проржавлением уже непригоден для нормальной эксплуатации, хотя он еще на 99,99% цел и невредим. Но если трубопровод с отверстием в стенке - это газопровод высокого давления, то упомянутое разрушение (всего лишь 0,01% от целого) может дорого стоить обществу, случись авария со взрывом и огнем. Про целые озера нефти вблизи нефтепроводов, керосина вблизи керосинопроводов достаточно много мы слышали и читали.

В конечном счете на отданную в металлолом металлическую конструкцию в свое время много потрачено энергии и средств. Но ведь нельзя собрать весь металлолом с тем, чтобы снова переплавить его в металл.

Убытки от коррозии в мире настолько огромны, что общество вынуждено тратить ежегодно десятки, а может быть и сотни миллиардов долларов на борьбу с ней. Общая сумма прямых коррозионных потерь в

США составляет около 70 миллиардов. долларов в год, т.е. более 4% валового национального продукта. Подсчитано, что около 15% этих потерь можно было бы избежать, своевременно используя современные средства защиты. Кстати, оставшиеся 85% - это неизбежное зло?

Они определяются далеко не всегда легко и просто, но, несомненно, очень велики. Достаточно только перечислить часть из них:

- простой производственных мощностей с недовыработкой продукции;
- потери готовой продукции;
- снижение мощности и производительности;
- излишние допуски на толщину стенки;
- загрязнение основной продукции продуктами коррозии.

Итак, коррозия - это не просто элементарное растворение металла, как можно сначала предположить, а, скорее, порча металлического сооружения как результат коррозионного растворения. Ржавление - это коррозия железа и его сплавов. Цветные металлы не ржавеют, а корродируют.

В настоящее время есть технологии с помощью которых увеличивается срок службы металлических конструкций. Все эти мероприятия экономят финансы, уменьшают аварийность, сохраняют природу. Поэтому все эти технологии следует совершенствовать и улучшать для достижения увеличения срока службы металлических изделий, подвергаемых коррозии, в этом и заключается актуальность темы.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является система электрохимической защиты газопровода от коррозии.

Предметом исследования является система электрохимической защиты газопровода от коррозии.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы электрохимической защиты газопровода.

Задачи:

- разработать систему определений коррозии;
- разработать систему протекторной защиты;

- разработать систему катодной защиты;
- рассчитать экономические затраты.

1 ВИДЫ КОРРОЗИИ И ЗАЩИТА

Практически все многообразие коррозионных проявлений, с которыми мы повсеместно встречаемся в быту и на производстве, протекает по одному механизму - электрохимическому, т.е. вызвано электрохимической коррозией, наиболее просто определяемой следующим образом.

Если такая чрезвычайно сжатая формулировка электрохимической коррозии покажется слишком упрощенной, то можно удовлетвориться следующей.

Электрохимическая коррозия - это окисление металла, сопровождающееся химическими реакциями и переносом электрических зарядов между металлом и окружающей средой, при обязательном участии воды.

Можно было бы для простоты отбросить определение “электрохимическая”, если бы не существовала еще и химическая коррозия.

Химическая коррозия - растворение металла без участия воды.

Примеры химической коррозии:

- растворение металла в концентрированных кислотах и щелочах;
- разрушение (выгорание) металла под действием топочных газов при температуре более 100 градусов.

Биокоррозия - процесс электрохимической коррозии, протекающий при участии микроорганизмов. Продукты их жизнедеятельности стимулируют ту или иную стадию электрохимического растворения.

Коррозионная эрозия - процесс, сочетающий эрозию (разрушение от механических воздействий, износ) и электрохимическую коррозию. Обычно вызывается быстротекущей жидкостью и зависит от степени турбулентности потока.

Кавитационная коррозия - процесс совместного воздействия кавитации и коррозии: взрываются пузырьки газа или пара, образовавшиеся при пониженном давлении, например, на гребных винтах судов.

Фреттинг-коррозия - процесс разрушения двух контактирующих и скользящих поверхностей.

Механохимическая коррозия - коррозия, ускоренная внутренними механическими напряжениями металла. При растягивающих усилиях может возникнуть коррозионное растрескивание по границам кристаллитов. При периодически изменяющейся нагрузке и неблагоприятных коррозионных условиях можно ожидать коррозионную усталость.

К электрокоррозии относят коррозию, вызываемую блуждающими токами рельсового электротранспорта и прочими источниками тока в земле. Электрокоррозия это фактически электролиз металла под действием наложенного тока, т.е. тока внешнего источника, в то время как токи электрохимической коррозии рождаются за счет собственной гальванической неоднородности данного металлического сооружения.

Электрохимическая коррозия может участвовать в разрушении совместно с другими процессами. В этом случае тип коррозии может иметь другое имя.

При электрохимической коррозии обязательно образуются анодные и катодные участки, между которыми протекает электрический ток коррозии. Участки могут быть разнесены на различное расстояние друг от друга и продукты коррозии образуются в разных местах.

1.1 Виды коррозионных разрушений

Перечисленные типы коррозии вызывают разрушения следующих видов:

- равномерное, с образованием слоя окислов;
- язвенное, а также питтинговое (точечное);
- межкристаллитное, избирательное и пр.

Коррозионный процесс под тонкой пленкой влаги идет не так, как в толще воды и не так, как в бетоне. Поэтому отдельно рассматривают процессы в следующих коррозионных средах:

- в речной, морской, озерной воде;
- в почве, грунте, в насыпных материалах, бетоне;
- под слоем атмосферных осадков, под пленкой воды, в тонких наслоениях.

В задачу защиты, как это не покажется странным, не входит полное прекращение процессов коррозии. К тому же, это и невозможно. Основная цель - замедлить скорость коррозионного разрушения до приемлемого уровня. Так, трубопровод, проложенный к некоторому объекту, может морально устареть уже через 20 лет. Поэтому есть ли смысл предусматривать для него срок службы - за счет средств антикоррозионной защиты - длительностью 40 лет? Некоторая деталь машины механически изнашивается много быстрее, чем разрушается за счет электрохимических явлений. В данном случае проблемы коррозии скорее всего вообще нет. И, наконец, некоторый небольшой элемент атомного реактора разрушился и это вызвало радиоактивное заражение окружающего пространства. Такой элемент при проектировании антикоррозионной защиты безусловно должен иметь двойной-тройной запас надежности.

Защита от коррозии это комплекс мероприятий, выбираемых инженером-коррозионистом исходя из его опыта, который вероятнее всего основывается на мировых знаниях. Легко перечислить возможные способы защиты и антикоррозионные мероприятия, труднее принять наиболее правильное решение.

1.2 Почвенная коррозия

Почва – это неоднородный и сложный по составу электролит, химические свойства, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от состава, воздухо и влаго проницаемости, структуры, температуры, показатель кислотности.

В большинстве случаев почву легче оценить как коррозионно-опасную среду через удельное электрическое сопротивление грунта.

При контакте трубы с грунтом образуются микро и макро коррозионные элементы, то есть обязательно будет один анод и один катод, сразу же возникает ток коррозии, так как анод и катод соединены по металлу трубы. В результате потенциалы анодных точек складываются с потенциалами катодных точек и образуется естественный потенциал между трубой и землей.

Микро коррозионные элементы образуются в основном за счет неоднородности микро структур поверхности трубы.

Например: царапины, вмятины, наклеп, сварной шов – образуют аноды, а кусочек окарины – катод.

Макро коррозионные элементы образуются в основном за счет неоднородности структуры грунта.

Например: под автомобильной дорогой – анод; ниже образующая трубы – анод; при выходе на поверхность, наиболее заглубленная часть трубы – анод.

1.3 Коррозия под действием блуждающих токов

Блуждающим током называется, ток от любой электроустановки, которая случайно или преднамеренно использует землю как токопровод.

Источниками блуждающих токов могут быть:

- электрифицированная железная дорога, трамвай, метрополитен;

- линия электропитания постоянного и даже переменного тока;
- внутризаводской транспорт и установки катодной защиты.

Например: ток тяги железнодорожных с рельсов уходит в землю и растекается на расстояние до 5 км, если встречается подземный трубопровод, то этот блуждающий ток заходит на трубу создавая мощную катодную зону, эта зона может перемещаться вслед за электропоездом.

По трубе блуждающий ток идет в сторону тяговой подстанции ж/д и стекая с трубы превращается в ионы металла, а так как скорость растворения железа высока и ток большой, то без защиты на анодных участках трубы образуются сквозные отверстия.

Всегда между анодом и катодом образуется знакопеременная зона в которой будут усиливаться катодные и анодные процессы почвенной коррозии.

К пассивным методам защиты относятся:

- увеличение переходного сопротивления «труба-земля» (изоляция, канализация трубы или нейтрализация активности грунта);
- дренажная защита.

Катодная поляризация поверхности трубопровода – это смещение потенциала на трубе во всех его точках в отрицательную сторону до минимального защитного потенциала, при котором прекращается коррозия. Поляризация выполняется при помощи устройств катодной и дренажной защиты.

Электрический дренаж или отвод блуждающего тока из трубы к отрицательной шине источника блуждающего тока. В этом случае блуждающий ток идет в виде электронов по изолированной перемычке и им можно управлять. В результате на трубе должен быть минимальный защитный потенциал (-0,85 В).

Поляризационный потенциал – потенциал без омической составляющей.

По ГОСТу Р51164 – 98 установлены следующие минимальные защитные потенциалы, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Минимальные защитные потенциалы

Е _{Т-З} – поляризационный потенциал	U _{Т-З} – с омической составляющей
min = -0,85 В	min = -0,9 В
для грунтов с $\rho_{гр.} \geq 20$ Ом·м; в слабо засоленных грунтах; или при температуре продукта $\leq +20^\circ$ С	
min = -0,95 В	min = -1,05 В
для грунтов с $\rho_{гр.} \leq 10$ Ом·м; сильно засоленных грунтов, влияние блуждающих токов, при возможной биокоррозии или при температуре газа $> +20^\circ$ С.	
min = -0,80 В	
при температуре продукта (газа) не более $+5^\circ$ С.	

Максимальный защитный потенциал представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные защитные потенциалы

Е _{Т-З} – поляризационный потенциал	U _{Т-З} – с омической составляющей
max = -1,1 В	max = -1,5 В
для грунтов с $\rho_{гр.} \leq 10$ Ом·м; и при температуре продукта (газа) $> +60^\circ$ С или при подводной прокладке с температурой газа выше $+60^\circ$ С.	
max = -1,15 В	max = - 2,5 В - битумная изоляция
	max = -3,5 В - полимерная изоляция
в других случаях	

Все значения потенциалов даны при измерении их с помощью не поляризующего медно-сульфатного электрода сравнения.

1.4 Коррозионностойкие материалы

Безусловно, пластмассовая труба лучше стальной, если не отвлекаться такими “мелочами” как старение и растрескивание пластмассы, деструкция сварных швов с разгерметизацией стыков. Стык труб - чрезвычайно слабое место пластмассового трубопровода. Поэтому есть некоторая уверенность, что трубопроводы из малоуглеродистой и низколегированной стали, повсеместно применяющиеся сейчас, не скоро уступят свое место

трубопроводам из пластмассы. Особенно это касается магистральных трубопроводов большого диаметра и высокого давления.

Керамические, стеклянные, железобетонные трубопроводы нашли свою область применения и с успехом заменяют стальные там, где это можно: безнапорные трубопроводы, химические производства, мелиорация и пр.

С малой скоростью корродируют чугунные трубопроводы, которые широко используются в водоснабжении.

Многочисленные марки нержавеющей стали с легирующими добавками хрома, никеля, молибдена и титана предназначены, казалось бы, для защиты во всех агрессивных средах. Но, к сожалению, именно нержавеющие стали корродируют по механизму межкристаллитной и питтинговой коррозии. Так, нержавеющие стали стойки в азотной, сернистой, во многих органических кислотах и щелочах и, разумеется, в атмосфере и нейтральных средах, но уже нестойки в разбавленных растворах соляной кислоты.

К тому же пока нет желающих строить дорогой подземный трубопровод из нержавеющей стали.

В качестве пассивной защиты от коррозии используют изоляционные покрытия.

Для изоляции используется ограниченное число материалов, так как они должны соответствовать следующим требованиям:

- непрерывность – сплошность;
- химическая стойкость;
- электрохимическая стойкость и нейтральность;
- температура устойчивости;
- влагонепроницаемость;
- хорошая прилипаемость или адгезия;
- биологическая стойкость;
- возможность механизации;

- высокая электрическая прочность.

Данным требованиям удовлетворяют: полиэтилен, кремнийорганические соединения, битум, полиуретан, эпоксидные краски, стеклоэмали.

Изоляция подземных трубопроводов может быть: нормальная, усиленная и весьма усиленная (по защитным свойствам).

Отличить ее можно, сравнивая по толщине однотипные покрытия.

Усиленная изоляция применяется:

- засоленные грунты;
- зоны блуждающих токов;
- участки с температурой продукта 30°С и более;
- в болотистых, черноземных и поливных грунтах;
- на подводных переходах и в поймах рек, на переходах через любые дороги;
- на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора и шлака;
- на КС, ГРС, УКПГ, промплощадках;
- вертикальные участки сооружений в зоне их выхода на поверхность;
- на пересечении с различными трубопроводами, включая по 350 метров в обе стороны.

При надземной прокладке трубу защищают алюминиевыми, цинковыми, лакокрасочными, стеклоэмалевыми покрытиями или консистентными смазками в зависимости от условий эксплуатации.

По ГОСТу определены от 11 до 21 параметра, по которым оценивается качество изоляционных параметров и норм.

Большинство из них определяются в лабораторных условиях перед нанесением изоляции, но есть основные параметры, которые определяются при строительстве и при эксплуатации:

- толщина – измеряется в четырех точках магнитным толщиномером 10% от стыков и участка, в местах сомнения;
- адгезия к стали (адгезия внахлест) – проверяется адгизиметром с вырезом прямоугольника, для мастичных покрытий допускается контроль методом выреза треугольника под углом 60° со сторонами 3-5 см;
- прочность при ударе – контроль в местах вызывающих сомнения;
- сплошность изоляции – контролируется трижды: перед укладкой трубы в траншею искровым дефектоскопом с напряжением 5 кВ/мм толщины, для надземных труб 1 кВ/мм толщины;
- проверяется сплошность на засыпанном трубопроводе через 2 недели после укладки с помощью искателя повреждения изоляции, на отсутствие контакта с землей;
- сплошность изоляции оценивают методом катодной поляризации всего участка трубопровода. При хорошей изоляции при наименьшем токе. Сопротивление изоляции или переходное сопротивление «труба-земля» ($R_{Т-З}$) – оно измеряется при помощи приборов М-416, Ф-416 на этапе оценки изоляции на участке, на расстоянии $\min 500$ м. Величина $R_{Т-З}$ зависит от типа изоляции и материала (конструкции).

Примечание: сопротивление изоляции не должно уменьшаться более чем в 3 раза через 10 лет и более чем в 8 раз через 20 лет эксплуатации.

При неудовлетворительных результатах испытаний по любому показателю качества изоляции проводят повторное испытание на удвоенном количестве мест.

При нанесении любого покрытия должен проводиться визуальный контроль поверхности с устранением обнаруженных дефектов.

При нанесении полимерных лент и оберток должен быть нахлест при однослойном нанесении не менее 3 см, а при двухслойном покрытии наносимый виток должен перекрывать уложенный на 50% плюс 3 см.

Контроль покрытий в эксплуатации должен проводиться интегральными и локальными методами.

Интегральная оценка выполняется по данным по силе тока установок катодной защиты и по распределению потенциала на всем участке, а так же может выборочно применяя метод катодной поляризации;

Локальная оценка изоляции производится выборочно при осмотре изоляции в шурфах.

Шурфы намечаются по результатам:

- измерение потенциалов методом выносного электрода и обследование искателем повреждений изоляции;
- измерений продольного и поперечного градиентов потенциалов в грунте;
- обследование участка приборами внутритрубными дефектоскопами.

Все обнаруженные повреждения изоляции после устранения должны быть отмечены в эксплуатационной документации с указанием мест повреждения с точностью до 1 метра.

2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ГАЗОПРОВОДА

2.1 Расчёт средних значений тока поляризации и удельного сопротивления грунта

Для разработки системы электрохимзащиты газопровода от коррозии нам предоставлены труба газопровода диаметром 1420 мм и температурный режим $-40...+40^{\circ}\text{C}$. Вблизи прохождения трубы отсутствует железнодорожный транспорт и имеется линия электропередачи 10 кВ.

Для выбора и разработки системы нужно определить агрессивность грунта (таблица 3). Основной метод определения проводится по замеру плотности тока поляризации. При использовании этого метода фактически измеряется катодное поляризационное сопротивление R_k стального образца площадью S в грунте, взятом с трассы трубопровода.

Таблица 3 – Оценка коррозионной агрессивности грунта

Коррозионная агрессивность	Удельное электрическое сопротивление грунта, ρ , Ом·м	Плотность тока поляризации, $j_{\text{пол}}$, А/м ²
Низкая	Свыше 50	До 0,05
Средняя	От 20 до 50	От 0,05 до 0,2
Высокая	До 20	Свыше 0,2

Стальной образец помещают в ячейку с грунтом и катодно поляризуют в течение заданного интервала времени (10-40 мин.), поддерживая катодное смещение потенциала на уровне

$$\Delta U_k = 0,1 \text{ В} = \text{const}, \quad (1)$$

после чего фиксируют среднюю плотность тока катодной поляризации $j_{\text{пол}}$ и оценивают коррозионную агрессивность по графе 3 таблицы 3.

Удельное катодное поляризационное сопротивление при необходимости вычисляют по формуле 2.

$$P_k = \Delta U_k / j_{\text{пол}} \quad (2)$$

Как следует из таблицы, имея ввиду, что $P_k = 0,1 / j_{\text{пол}}$, получим, что при $P_k \leq 0,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ грунт считается высокоагрессивным, а при $P_k \geq 2 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ - неагрессивным, т.е. чем меньше P_k , тем агрессивнее грунт.

Данный метод моделирует катодный процесс коррозии точнее, поскольку концентрация кислорода у поверхности трубопровода, а именно кислород контролирует величину удельного поляризационного сопротивления P_k , не может существенно отличаться.

На схеме рисунка 1 дается многократно опробованная в натуральных условиях схема измерения P_k .

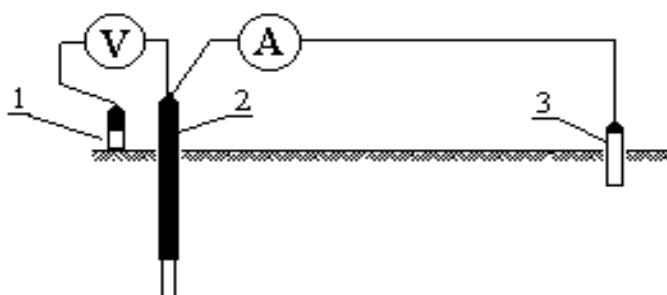


Рисунок 1 – Электрическая схема установки для полевого метода катодной поляризации:

1- медносульфатный электрод сравнения; 2 - зонд; 3 – анод

Измерительный зонд (2) в виде острой шпильки в изолирующей трубке заглубляют на нужную глубину и присоединяют к аноду (3), например, к бруску из протекторного сплава. Включая-выключая токовую цепь, измеряют смещение потенциала зонда и ток поляризации, после чего удельное поляризационное сопротивление вычисляют по формуле 2, где плотность тока определяют по площади рабочей поверхности зонда.

В таблице 4 приводятся сравнительные данные полевых измерений.

Таблица 4 – Данные полевых измерений

№ пп	ρ , Ом·м	$j_{\text{пол}}$, А/м ²	№ пп	ρ , Ом·м	$j_{\text{пол}}$, А/м ²
1	20,3	0,215	15	14,2	0,227
2	29,1	0,155	16	24,5	0,160
3	33,0	0,148	17	26,3	0,280

Продолжение таблицы 4

4	34,7	0,118	18	48,8	0,055
5	30,0	0,091	19	43,2	0,090
6	33,8	0,105	20	20,7	0,254
7	27,3	0,230	21	32,0	0,176
8	30,0	0,150	22	49,8	0,160
9	21,6	0,249	23	33,8	0,094
10	20,7	0,214	24	8,5	0,50
11	43,5	0,180	25	22,7	0,180
12	18,8	0,300	26	21,6	0,249
13	30,0	0,104	27	30,0	0,150
14	59,2	0,064	28	27,3	0,230

Измерения выполнялись стальным электродом-зондом диаметром 5 мм, общей длиной 600 мм, с рабочей (неизолированной) частью длиной 318 мм, что соответствовало площади $S = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$.

Разброс значений $j_{\text{пол}}$ неизбежен, поскольку величина поляризационного сопротивления определяется ионным составом вод грунта, а величина ρ - общим солесодержанием. Несмотря на это, соотношение с данными таблицей очевидна.

Вычисляем среднее значение удельное электрическое сопротивление грунта и средний ток поляризации.

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\sum \rho_{\text{и}}}{N} = \frac{835,4}{28} = 29,8 \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (3)$$

$$j_{\text{пол.ср}} = \frac{\sum j_{\text{пол}}}{N} = \frac{5,128}{28} = 0,1831 \text{ А/м}^2. \quad (4)$$

По таблице 3 делаем вывод что коррозионная активность грунта средняя, поэтому используем нормальный тип изоляции. При нормальном типе изоляции используется вторая схема по которой на трубу газопровода наносится грунтовка, затем битумная мастика и лента ПВХ.

2.2 Расчёт типа системы электрохимической защиты газопровода от коррозии

Для электрохимзащиты газопровода применяют катодную или протекторную или дренажную защиту от коррозии.

Катодная защита трубопроводов

Катодную защиту применяют для предотвращения разрушения газопровода от почвенной коррозии.

Катодная защита подземных сооружений от коррозии достигается наложением электрического поля от внешнего источника тока, обеспечивающего катодную поляризацию сооружения. Поляризация осуществляется током, натекающим на трубу из грунта. Труба при этом является катодом по отношению к грунту. Принципиальная схема катодной защиты показана на рисунке 2.

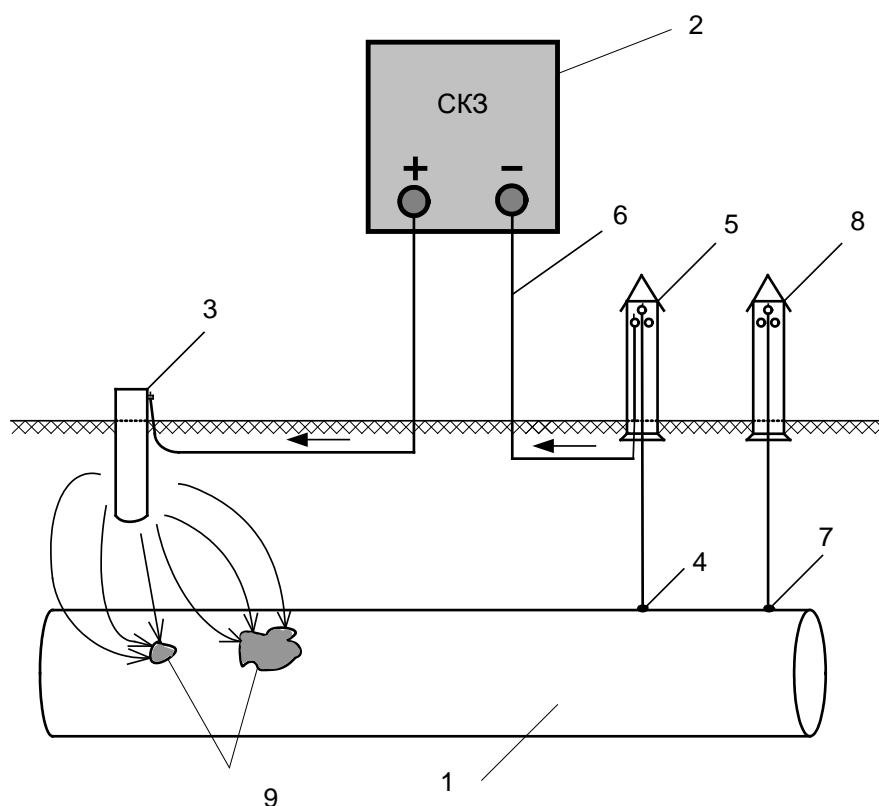


Рисунок 2 – Принципиальная схема катодной защиты газопровода.

1 - газопровод; 2- внешний источник постоянного тока; 3 - анодное заземление; 4- контакт дренажного кабеля с газопроводом; 5 - точка дренажа; 6 - дренажный кабель; 7- контакт катодного вывода; 8 - контрольно-измерительный пункт (КИП); 9 - повреждения защитного покрытия

При катодной защите отрицательный полюс источника постоянного тока 2 подключают к газопроводу 1, а положительный – к искусственно созданному аноду – заземлению 3. При включении источника тока ток от его плюса через анодное заземление стекает в грунт и через повреждённые участки изоляции 9 на трубу. Далее через точку дренажа (ТД) 5 по дренажному кабелю 6 ток возвращается к минусу источника питания. При этом на оголённых участках газопровода начнётся процесс катодной поляризации.

Установка катодной защиты (УКЗ) – комплекс сооружений, предназначенный для катодной поляризации газопровода внешним током.

В состав УКЗ входят:

- станции катодной защиты;
- анодное заземление;
- ТД и КИП;
- газопровод и объём грунта, замыкающий катодный и анодный участок;
- провода, шины, кабели;

Для повышения долговечности рабочие электроды анодного заземления должны изготавливаться из малорастворимых токопроводящих материалов. Чисто стальные аноды не рекомендуется к применению из-за высокой скорости растворения.

Краткая характеристика: большее время разложения анода до 35 лет, применяется при любой коррозионной активности почвы, при блуждающих токах, при наличии железной дороги и без, при любом удельном сопротивлении грунта.

Протекторная защита

Протекторная защита – электрохимическая защита с помощью тока гальванической пары.

Принцип протекторной защиты заключается в подавлении тока коррозии при помощи гальванической пары, в которой протектор изготовлен из более активного металла, чем трубопровод (магний, цинк, алюминий). При этом протектор является анодом и разрушается, а трубопровод – катодом и защищается (рисунок 3).

Протекторная защита газопроводов осуществляется, как правило, в грунтах с удельным сопротивлением выше 50 Ом·м.

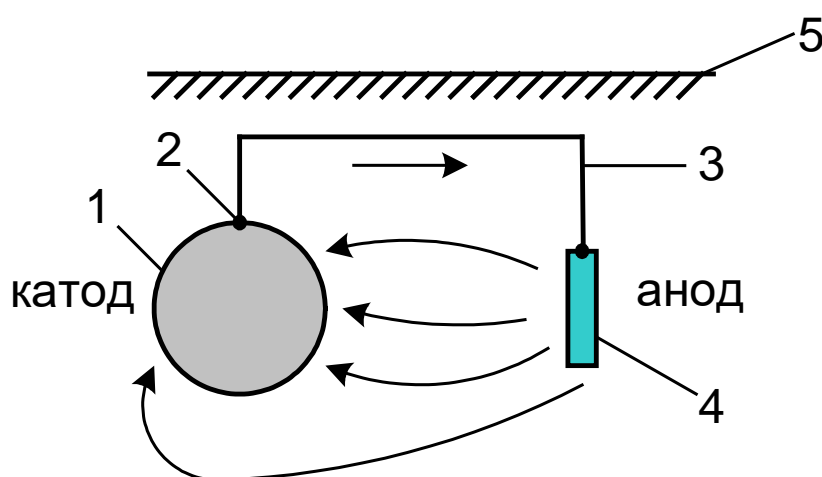


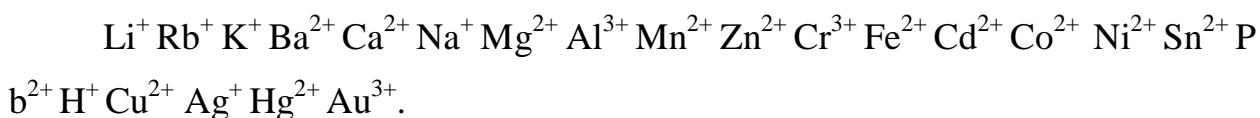
Рисунок 3 – Принципиальная схема протекторной защиты:

1 – газопровод; 2 – точка дренажа; 3 – изолированный провод; 4 – протектор;

5 – поверхность земли

Прежде чем рассматривать устройство протекторов, необходимо рассмотреть такое понятие как стандартные электродные потенциалы. При рассмотрении нормальных равновесных потенциалов металла (т.е. металлов, помещённых в раствор собственных солей с концентрацией ионов металла, равной 1 моль/л, взятых при одинаковой температуре), видно, что металлы по величине электродного потенциалов в растворе могут быть размещены в ряд по убывающей активности.

За нулевую точку отсчёта, относительно которой измеряются величины стандартных электродных потенциалов, выбран стандартный потенциал водородного электрода. Относительно водорода располагаются все металлы:



Металлы, образующие более активные ионы располагаются левее водорода, менее активные после водорода. Чем активнее металл, тем отрицательнее у него стандартный электродный потенциал (таблица 5).

Таблица 5 – Электронные потенциалы металлов

Ион металла	Стандартный электродный потенциал φ° , В
Mg^{2+} (магний)	-2,34
Al^{3+} (алюминий)	-1,67
Zn^{2+} (цинк)	-0,76
Fe^{2+} (железо)	-0,44
H^+ (водород)	0,00
Cu^{2+} (медь)	+0,34
Au^{3+} (золото)	+1,42

При соединении двух металлов, занимающих в ряду напряжения разные места, образуется гальванический элемент, в котором роль анода выполняет металл с большим электроотрицательным потенциалом (менее благородный металл).

Если грунт $\rho_{\text{грунта}} < 10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ активаторы ставить ненужно. Схемы автоматических протекторных установок показаны на рисунке 4.

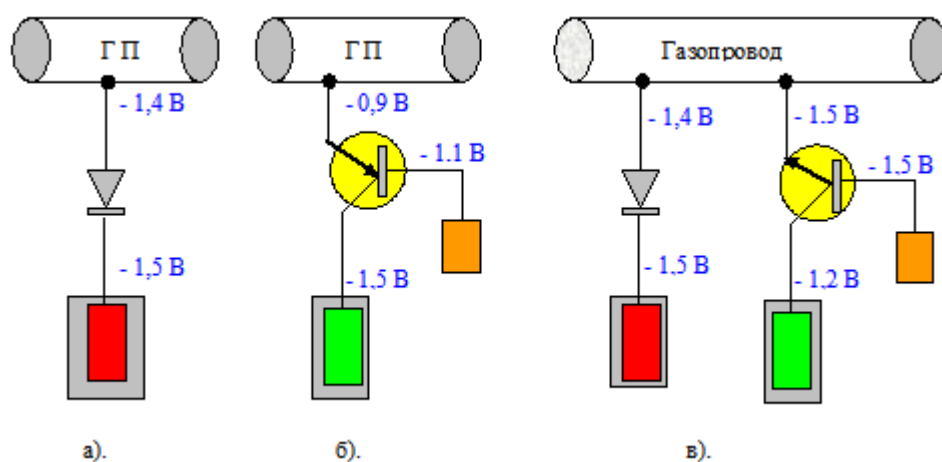


Рисунок 4 – Автоматические протекторные установки

На рисунке 4а изображён односторонний поляризованный протектор на диоде. Эта схема применяется для микро дренажа небольших блуждающих токов. Также эта схема применяется на участках катодной защиты для поддержания определенного потенциала в данной точке трубы и устранения влияния протектора на растекание защитного тока УКЗ.

На рисунке 4б изображена схема с регулятором минимального защитного потенциала на транзисторе типа р-п-р. Транзистор открывается, если потенциал на трубопроводе станет положительнее потенциала управляющего электрода и протектор подает ток на трубу до тех пор пока потенциалы трубы и управляющего электрода не сравняются. Таким образом на трубе поддерживается потенциал управляющего электрода. В зонах с блуждающим током применять нельзя.

На рисунке 4в изображена схема сдвоенного протектора на диоде и транзисторе типа п-р-п. Применяется в знакопеременных зонах трубопровода для отвода небольших блуждающих токов в землю и для ограничения максимальных отрицательных потенциалов на трубе.

Краткая характеристика: срок службы от 10 до 15 лет, применяется при удельном сопротивлении почвы $\rho_{гр} \leq 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, при блуждающих токах, при наличии железной дороги и без неё.

Дренажная защита газопровода

Принцип дренажной защиты заключается в отводе блуждающих токов с газопровода в рельсовую часть цепи тяговой подстанции.

Источниками блуждающих токов являются: электрифицированный железнодорожный транспорт, работающий на постоянном токе и использующий рельсы в качестве обратного провода, а также ЛЭП (линия электропередачи) постоянного тока, электросварка и токи СКЗ относительно других сооружений.

Скорость коррозии трубопровода блуждающими токами может достигать 20 мм в год.

Полупроводниковые УДЗ лучше работают в зонах часто меняющихся потенциалов и может использоваться в схеме усиленного дренажа. При отводе малых токов могут использоваться блоки БДЗ-10, БДЗ-50, которые так же применяются при совместной защите трубопровода и кабеля связи. Схема установки дренажной защиты показана на рисунке 5.

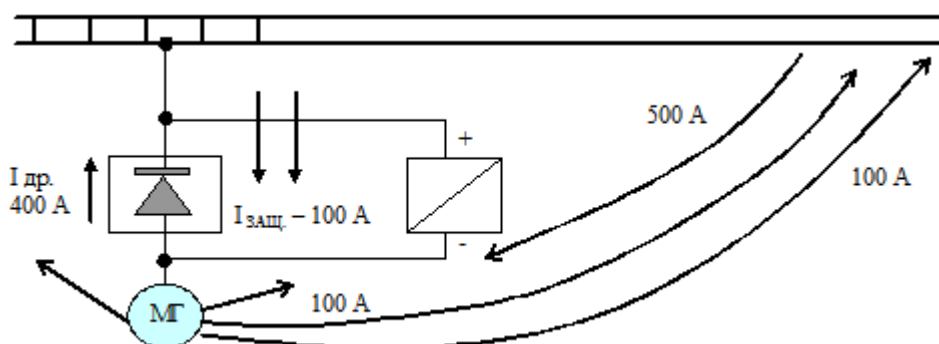


Рисунок 5 – Схема установки дренажной защиты

Краткая характеристика: срок службы до 35 лет, применяется при блуждающих токах, только при наличии железной дороги.

Рассмотрев все типы электрохимической защиты, делаем вывод, что к нашей схеме установки подходит катодная и протекторная защита. Дренажная система устанавливается только при наличии железнодорожного транспорта, поэтому к данному месту она не подходит. Рассчитаем эффективность протекторной защиты.

Расчёт протекторной защиты

За всю историю протекторной защиты стальных сооружений по чисто практическим соображениям широко использовали лишь три вида металла: магний, цинк и алюминий. В настоящее время есть попытки применить для этой цели сплавы марганца и даже марганцовистую сталь.

В ряду стандартных электродных потенциалов названные металлы находятся на левом фланге, все они отрицательнее железа. В таблице 6 приводятся стандартные электродные потенциалы этих металлов.

Таблица 6 – Потенциалы металлов

Материал	Магний	Алюминий	Цинк	Марганец	Железо
Потенциал, В	- 2,36	- 1,66	- 0,76	- 1,18	- 0,44

В маркировке протектора, например, ПМ-10 цифры означают его массу в кг, буква М - магниевый, А - алюминиевый и Ц - цинковый сплавы, другие буквы - конструктивное исполнение.

Расстояние протектора от трубопровода выбирают обычно равным 3...5 м, глубину заложения - на уровне трубопровода. Шаг между протекторными установками определяют расчетом.

Вводим понятие действующего напряжения U_d , которое для магниевого протектора принимают равным 0,6 В, для цинкового 0,2 В и которое играет роль электродвижущей силы гальванической пары. Для вычисления тока ($I_{пр}$) протектора типа ПМ20У вычисляем по формуле закона Ома.

$$I_{пр} = U_d / R_{пр}, \text{ А} . \quad (5)$$

Далее определяем суммарный ток протекторной защиты ($I_{сум}$) для рассматриваемого участка трубопровода

$$I_{сум} = j_{ср} \cdot S_{сум} , \quad (6)$$

где $S_{сум}$ - площадь поверхности защищаемого трубопровода и определяется по формуле

$$S_{\text{сум}} = I_{\text{окр}} \cdot L = 31213 \quad (\text{м}^2), \quad (7)$$

где $I_{\text{окр}}$ – длина окружности трубы, получаем

$$I_{\text{сум}} = 0,1831 \cdot 31213 = 5715 \text{ А.} \quad (8)$$

Сопротивление цепи "протектор-труба" $R_{\text{пр}}$, Ом, вычисляют по формуле

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{пров}} + R_{\text{пр}}, \quad (9)$$

)

где $R_{\text{пров}}$ – сопротивление провода, соединяющего протектор с трубопроводом, Ом;

$R_{\text{пр}}$ – сопротивление растеканию одного протектора, Ом.

Сопротивление провода, соединяющего протектор с трубопроводом $R_{\text{пров}}$, Ом, вычисляют по формуле

$$R_{\text{пров}} = r_y \cdot \frac{l_{\text{пров}}}{S_{\text{пров}}}, \quad (10)$$

где r_y – удельное электрическое сопротивление материала провода (для меди $r_y = 1,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, для алюминия $r_y = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м);

l_n – длина соединительного провода, м;

S_n – сечение провода, м².

Для питания протектора используем медный провод сечением 2 мм² и длиной 3 метра.

$$R_{\text{пров}} = 1,8 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3}{0,000002} = 0,027 \text{ Ом}; \quad (11)$$

$$R_{\text{пр}} = 0,027 \cdot 29,8 = 0,8 \text{ Ом.} \quad (12)$$

Для выбора материала протектора выбираем магний, так как он более долгие к разложению и коэффициент восстановления металла высокий.

$$I_{\text{пр}} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \text{ А,} \quad (13)$$

Определяем количество (n) протекторов

$$n = \frac{I_{\text{сум}}}{I_{\text{пр}}} = \frac{5715}{0,75} = 7620 \text{ шт.} \quad (14)$$

Метод расчета по средней защитной плотности тока разработан сотрудниками АКХ им. К. Д. Памфилова. При удачно выбранной величине $j_{\text{ср}}$ формулы обеспечивают приемлемую точность расчета.

Из всех магниевых протекторов наибольшую массу имеет ПМ-20У поэтому устанавливаем этот тип и рассчитываем срок службы $T_{\text{п}}$, годы, по формуле

$$T_{\text{п}} = \frac{m_n \cdot q \cdot h_n \cdot h_u}{8760 \cdot I_{\text{пр}}} = \frac{20 \cdot 2330 \cdot 0,6 \cdot 0,9}{8760 \cdot 0,75} = 3,8 \text{ года,} \quad (15)$$

где m_n – масса протектора, кг;

q - теоретическая токоотдача материала протектора (2330 А·ч/кг);

h_n - коэффициент полезного действия протектора (для сплава МП1 $h_n = 0,65$, для сплава МП2 $h_n = 0,60$);

h_u - коэффициент использования материала протектора ($h_u = 0,90$);

$I_{\text{пр}}$ - сила тока в цепи "протектор-труба" за планируемый период времени $T_{\text{п}}$, А.

Рассчитаем катодную установку

Замеры места установки защиты выполнены в данных расчёта протекторной защиты, поэтому используем их.

Длину защитной зоны одной установки катодной защиты вычисляют по формуле 16.

$$L_3 = \frac{4}{\alpha(t)} \cdot \ln \frac{U_{\text{ТЗО}}}{k \cdot U_{\text{ТЗМ}}}, \quad (16)$$

где L_3 - длина защитной зоны одной УКЗ, м;

k - коэффициент учитывающий взаимовлияние соседних УКЗ (для одиночной УКЗ $k = 1$, для УКЗ, работающей рядом с соседними, $k = 2$);

$U_{\text{ТЗО}}$ - смещение разности потенциалов труба-земля в точке дренажа, В;

$U_{\text{ТЗМ}}$ - максимальное смещение разности потенциалов труба - земля, В.

$$U_{mzm} = |U_m| - |U_e| = 0,85 - 0,55 = 0,3 \text{ В;} \quad (17)$$

$$U_{mzo} = |U_o| - |U_e| = 1,15 - 0,55 = 0,6 \text{ В;} \quad (18)$$

U_m - минимальный защитный потенциал, В (определяют из таблицы 8);
 U_e - естественная разность потенциалов труба-земля, В, принимают равным -0,55 В;

U_o - максимальный защитный потенциал, В (определяют из таблицы 7).

Таблица 7 – Защитные потенциалы

Металл сооружения	Значение защитного потенциала, В	
	минимальное $U_{\text{мин}}$	максимальное $U_{\text{макс}}$
Сталь	- 0,85	- 1,15
Свинец	- 0,70	- 1,30
Алюминий	- 0,85	- 1,40

Продольное сопротивление трубопровода R_m , Ом/м, вычисляют по таблице 8. Труба нашего газопровода имеет размеры 1420x18,7.

Таблица 8 – Продольное сопротивление трубы

Диаметр трубы, D_m , м	Толщина стенки трубы $d_m \cdot 10^{-3}$, м										
	10,00	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	14,0	15,0	16,0	17,0	20,0
0,72	11,00	10,50	10,00								
0,82	9,63	9,18	8,76	8,39							
1,02	7,72	7,36	7,03	6,72	6,45	6,19	5,54	5,17	4,85	4,57	
1,22			5,86	5,61	5,38	5,17	4,62	4,31	4,05	3,81	3,25
1,42							3,96	3,70	3,47	3,27	2,79
1,62							3,47	3,24	3,04	2,86	2,44

*Примечание - В расчет за R_m принимается величина, указанная в таблице и умноженная на 10^{-6} . Например, для труб диаметром 1,42 м и толщиной стенки 20 мм продольное сопротивление равно $R_m = 2,79 \cdot 10^{-6}$ Ом/м.

Постоянную распространения тока вдоль трубопровода как функцию времени $\alpha(t)$, 1/м и $R_{из}(t)$, Ом, определяют из таблицы 9 на 30 лет вычисляют по формуле

$$\alpha(t) = \sqrt{\frac{R_m}{R_{из}(t)}} = \sqrt{\frac{2,79 \cdot 10^{-6}}{2030}} = 3,7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{м}}. \quad (19)$$

Таблица 9 - Прогнозируемые значения сопротивления изоляционного покрытия трубопровода $R_{из}(t)$ через 10, 20 и 30 лет его эксплуатации

Тип изоляционного покрытия		Прогнозируемое сопротивление изоляции трубопровода $R_{из}(t)$, Ом·м ² , через		
		10 лет	20 лет	30 лет
Усиленные	Трех, двухслойное полимерные покрытия на основе термореактивных смол и полиолефина; покрытия на основе термоусаживающихся материалов	100000	37500	12150
	Все остальные покрытия, кроме мастичных и полимерно-битумных	33000	12500	4050
	Мастичные и полимерно-битумные покрытия	16700	6250	2030
Все покрытия нормального типа		16700	6250	2030

Вычисляем длину защитной зоны одной установки катодной защиты.

$$L_3 = \frac{4}{\alpha(t)} \ln \frac{U_{ТЗО}}{k \cdot U_{ТЗМ}} = \frac{4}{3,7 \cdot 10^{-4}} \ln \frac{0,6}{1 \cdot 0,3} = 7493 \text{ м}. \quad (20)$$

Количество установок катодной защиты N , шт., необходимое для защиты трубопровода длиной L , м, вычисляют по формуле

$$N = \frac{L}{L_3} = \frac{7000}{7493} = 1 \text{ шт}. \quad (21)$$

Для зоны газопровода длиной 7000 м нужна 1 станция катодной защиты.

Рассчитываем анодный заземлитель

В соответствии с законом Фарадея формула для расчета количества электродов (n) по массе анодного заземлителя имеет вид

$$n = q I T / (G_{эл} \eta), \quad (22)$$

где q - электрохимический эквивалент анодного материала (таблица 10);

$G_{эл}$ - масса одного стержня заземлителя, кг/шт;

$\eta = 0,4...0,6$ - коэффициент полезного действия или коэффициент неравномерности растворения заземлителя.

Анодный заземлитель на ток уставки $I = 10$ А выполнен из ферросилидовых электродов АЗМ-2 массой $G_{эл} = 12$ кг каждый на срок службы $T = 15$ лет при скорости растворения ферросилида в коксовой мелочи $q = 0,2$ кг/(А·год) и к.п.д. $\eta = 0,5$. Вычислим требуемое число электродов (n , шт.) по формуле 23.

$$n = 0,2 \cdot 10 \cdot 15 / (12 \cdot 0,5) = 5 \text{ шт.} \quad (23)$$

Таблица 10 – Электрохимический эквивалент

Анодный материал	Скорость растворения, q , кг/(А·год)
Сталь	10
Чугун	4...5
Графит	0,8...1,5
Ферросилид	0,1...0,3
Свинец+серебро	0,04...0,08
Магнетит	0.002
Платина	~ 0

Может иметь место несовместимость с рабочим напряжением преобразователя, если сопротивление растеканию одного электрода равно $R = 3,6$ Ом при $\rho = 10$ Ом·м и коэффициент взаимовлияния $F = 1,4$, то напряжение на анодном заземлителе, вычисляемое по закону Ома, составит

$$U = I \cdot R_{ззз} = I \cdot F \cdot R / n = 10 \cdot 1,4 \cdot 3,6 / 5 = 10 \text{ В.} \quad (24)$$

Для этого заземлителя любой отечественный преобразователь пригоден, поскольку рабочее напряжение преобразователей обычно не менее $U_H = 48$ В.

Но у нас среднее удельное электрическое сопротивление грунта в 3 раза больше, т.е. $\rho = 29,8$ Ом·м, то R возрастет в 3 раза и, следовательно, напряжение на заземлителе должно быть равным $U = 30$ В, что вполне входит в параметры любой станции катодной защиты с запасом по мощности.

Для подповерхностного анодного заземления вычислим время его срока службы

$$T = \frac{G_3 \cdot k_u}{q_3 \cdot I} = \frac{12 \cdot 5 \cdot 0,77}{0,2 \cdot 10} = 23 \text{ года}, \quad (25)$$

где G_3 - масса материала электродов заземления (без коксовой засыпки), кг;

q_3 - скорость растворения материала электродов анодного заземления, кг/А·год;

k_u - коэффициент использования массы заземлителя (принимают равным 0,77);

I - сила тока, А, стекающего с заземления, за планируемый период эксплуатации заземления.

Выбор станции катодной защиты

Станцию катодной защиты выбираем по климатическому исполнению, по цене, по степени надёжности и обслуживания.

Автоматические выпрямители являются источником тока, используемым для катодной защиты. Катодная защита применяется для исключения возможности почвенной коррозии подземных металлических элементов – арматуры, резервуаров нефтепродуктов, металлических труб водопроводов и газопроводов. Постоянный ток, вырабатываемый выпрямителем, подается на защищаемый элемент и приводит к наложению

отрицательного потенциала на металлическую деталь. Устройство используется для измерения и автономного поддержания необходимого значения потенциала.

Выбираем выпрямитель В-ОПЕ-63-48-У1 (таблица 11) из всех рассмотренных вариантов.

Таблица 11 - Технические характеристики В-ОПЕ

Наименование параметров	В-ОПЕ-63-48-У1
Выходная номинальная мощность, кВт	3
Номинальный выпрямленный ток, А	63/33
Номинальное выпрямленное напряжение, В	48/96

Продолжение таблицы 11

Коэффициент полезного действия в номинальном режиме не менее, %	88
Коэффициент полезного действия в номинальном режиме не менее, %	88
Коэффициент мощности в номинальном режиме, не менее	0,8
Напряжение однофазной питающей сети, В	220
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Число фаз	1
Диапазон регулировки выпрямленного тока и напряжения, %	0...100
Диапазон регулирования уставки защитного потенциала, В	-0,5...-3,5
Пульсация тока на выходе с фильтром, не более, %	3
Количество автоматических включений, раз	2-6
Стабильность тока или потенциала, %	2,5

Расчёт трансформаторной подстанции

Для осуществления электропитания для станций катодной защиты используют УКЗВ — устройство распределительное катодной защиты высоковольтное (характеристики приведены в таблице приложения А.3). Оно устанавливается на открытом воздухе и используется в системах катодной защиты металлических трубопроводов газа, нефтепродуктов и на других защищаемых промышленных объектах подземного и наземного типов, а также в системах ЭХЗ объектов городского коммунального хозяйства.

В УКЗВ используется трансформатор 10 кВА. Корпус высоковольтной части представляет собой металлический шкаф без дна. На крыше имеются транспортные петли для перемещения грузоподъемными механизмами. Подача питания на устройство осуществляется через воздушный ввод от линии электропередач, для чего на крыше установлен кронштейн со штыревыми изоляторами и ограничителями перенапряжений FV1, FV2, служащими для защиты электрических цепей и составных частей устройства от атмосферных (грозовых) перенапряжений. Для ввода питания в верхней части установлены проходные изоляторы Y1 и Y2, к которым одной стороной крепятся две шины. Второй стороной шины крепятся к держателям предохранителей FU1, FU2. Внутри размещены два съёмных предохранителя FU1, FU2, устанавливаемые в держатели предохранителей. Держатели предохранителей крепятся к шкафу через опорные изоляторы.

Устройство распределительное высокого напряжения предназначено для приема, преобразования и передачи электроэнергии в отсек распределительного устройства низкого напряжения. Оно выполнено в виде отсека в шкафу устройства, механически отделённого от отсека съёмными перфорированными перегородками. Шкаф устройства закрывается двумя одностворчатыми дверями, которые имеют уплотнение, обеспечивающее защиту от атмосферных осадков (дождя, снега) и механических частиц (пыли). Внутри отсека установлен силовой трансформатор с напряжениями 10/0,23кВ. Питание подводится к первичной обмотке силового трансформатора («А» и «Х») через две шины. Предохранители FU1 и FU2, обеспечивают защиту в цепи первичной обмотки трансформатора от перегрузок и токов короткого замыкания. Трансформатор устанавливается на несущие конструкции шкафа устройства и крепится с помощью болтового соединения.

Потребляемая мощность станции катодной защиты 3 кВт. Номинальную мощность трансформаторов $S_{нт}$ определяют по средней нагрузке $S_{ср}$

$$S_{HT} = S \cdot K_3 = 3 \cdot 0,95 = 2,85 \text{ кВА}, \quad (26)$$

где N – число трансформаторов;

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора, для 3 категории потребителя равно 0,95.

Из таблицы 12 выбираем трансформатор ОМП-10/10-У1 с номинальной мощностью 10 кВА.

Таблица 12 – Характеристики трансформаторов

Марка трансформатора	Номинальное напряжение трансформатора, кВ		Схема и группа соединения обмоток	Потери х.х., Вт	Потери к.з., Вт	Напряжение к.з., %	Габаритные размеры трансформатора мм			Масса трансформатора кг
	ВН	НН					L	B	H	
ОМП-10/6-У1 (УХЛ1)	6	0,08 0,09 0,23	1/1-0	70	270	3.5	530	600	730	110
ОМП-10/10-У1 (УХЛ1)	10	0,08 0,09 0,23	1/1-0	70	270	3.5	530	600	730	110

Сравниваем расчётную и номинальную мощность.

$$S_H \geq S_{HT}; \quad (27)$$

$$10 \geq 2,85. \quad (28)$$

Неравенство показывает что трансформатор выбран верно.

Для коммутации воздушной линии используют разъединитель согласно действующим «Правилам устройства электроустановок». Тип разъединителя – РЛНД1-2- 10Б/400 У1 с приводом ПРНЗ-10 У1 (с двумя блок-замками), который предназначен для линии напряжением 10 кВ.

Для линии питания анодных заземлителей от станции катодной защиты и до трубопровода выбираем кабель по току.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{3000}{230} = 13\text{А}, \quad (29)$$

где P – мощность потребляемая станцией, кВт.

Но так как наша станция катодной защиты при регулировки может выдавать ток 63 А, то для выбора проводника используем наибольшее значение. Выбираем из таблицы 13 сечение одножильного провода 10 мм² для прокладки в земле и током 68 А. Марка провода ВВг 1х10.

Таблица 13 - Сечение и ток кабеля

Сечение токопроводящих жил, мм	Медные жилы проводов и кабелей, А			
	Одножильный		Многожильный	
	На воздухе	В земле	На воздухе	В земле
1,5	22	30	21	27
2,5	30	39	27	36
4	39	50	36	47

Продолжение таблицы 13

6	50	62	46	59
10	68	83	63	79
16	89	107	84	102
25	121	137	112	133
35	147	163	137	158
50	179	194	167	187
70	226	237	211	231
95	280	285	261	279
120	326	324	302	317
150	373	364	346	358
185	431	412	397	405

Расстояние от газопровода до станции катодной защиты 30 метров, а от станции до анодных заземлителей 200 метров, поэтому провода нам нужно 230 метров.

3 ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ

Пуск и опробование каждой отдельной установки участка

Для установки катодной защиты:

- проверить качество монтажа;
- измерить сопротивления R_A и $R_{3/3}$;
- в присутствии представителя электроснабжения подключиться к трансформаторной подстанции (без напряжения);
- при отключенном выпрямителе подать напряжение сети;
- установить минимальное выходное напряжение в неавтоматическом режиме, проверить правильность подключения к клеммам анода и катода, для чего подключить в точку дренажа милливольтметр;
- включить преобразователь и проверить весь диапазон выходного напряжения;
- испытать УКЗ в максимальном режиме в течении 72 часов;
- установить проектное значение тока и через 24 часа замерить потенциал труба-земля в точке дренажа, он должен быть по проекту;
- остальные УКЗ должны быть отключены;

- по ГОСТу испытание УКЗ нужно проводить не ранее чем через 15 дней после монтажа анода, а так же после оттаивания грунта.

Для установки протекторной защиты проверяются акты на скрытые работы, проверяется маркировка проводов КИП, измеряется естественный потенциал на соседних контрольных точках, подключают протектор и проверяют потенциал, измеряется ток протектора (чтобы рассчитать долговечность) и через 24 часа записываются установившиеся значения потенциала и тока установки протекторной защиты.

Для установки дренажной защиты нужно:

- Проверить правильность монтажа;
- Измерить сопротивление $R_{3/3}$;
- определить время суток когда наблюдаются максимальные и минимальные токовые нагрузки тока тяги;
- при минимальных токовых нагрузках измерить потенциалы Т-З и Т-Р;
- при максимальной тяговой нагрузке измерить потенциалы Т-З и Т-Р и рассчитать сопротивление реостата;
- установить рассчитанную величину реостата ($\approx 0,05$ Ом);
- включить цепь дренажа в присутствии представителя ж/д и измерить потенциал в точке дренажа труба-земля и ток дренажа при максимальной токовой нагрузке.

Пуск и опробование всей системы участка ЭХЗ

Начинают с УКЗ, затем УДЗ, затем УПЗ и ИФС – выдержать 72 часа и проверить потенциал на всех контрольно-измерительных пунктах (КИП).

По ГОСТу все средства ЭХЗ должны включаться в работу в зонах действия блуждающих токов не позднее 1 месяца после укладки и засыпки трубопровода. В остальных случаях не более 3 месяцев. Если предусматриваются более поздние сроки, должна быть построена временная ЭХЗ, которая должна быть включена в работу не позднее 1 месяца на участках с блуждающими токами.

Зона высокой коррозионной активности, которая выявляется в процессе эксплуатации, относятся, участки сооруженные между участками ЭХЗ на которых произошли отказы по коррозионным причинам или обнаружены коррозионные язвы и трещины скорость коррозии которых превышает $> 0,3$ мм/в год.

К зонам повышенного коррозионного окисления относятся следующие участки:

- засоленные грунты;
- зоны блуждающих токов;
- участки с температурой продукта 30°C и более;
- в болотистых, черноземных и поливных грунтах;
- на подводных переходах и в поймах рек, на переходах через любые дороги;
- на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора и шлака;
- на КС, ГРС, УКПГ, промплощадках;
- вертикальные участки сооружений в зоне их выхода на поверхность;
- на пересечении с различными трубопроводами, включая по 350 метров в обе стороны.

4 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ

Технический осмотр и контроль средств ЭХЗ проводят не реже 4 раза в месяц. Для УДЗ и УКЗ не оборудованных средствами дистанционного контроля в зонах с блуждающими токами и на промышленных площадках.

Два раза в месяц на УКЗ вне зоны блуждающих токов, не реже одного раза в квартал на УПЗ защитных кожухов (футляров) и ИФС.

При ТО необходимо выполнять:

- контроль режимов работы;
- измерение защитных потенциалов в точках дренажа;
- профилактическое обслуживание контактных соединений (анодных заземлителей установок ЭХЗ);
- оценка непрерывности работы ЭХЗ по счетчикам;
- оценка состояния ИФС, оценка футляра и отсутствие контакта футляра с трубой (гальванического);
- оценка скорости коррозии металла проникновение водорода в стенку трубы по имеющимся датчикам.

Допускается отключение УКЗ при необходимости проведения регламентных работ не более 80 часов в квартал, но для УДЗ не более 24 часов в квартал.

При проведении опытных и исследовательских работ допускается отключение средств ЭХЗ на суммарный срок не более 10 суток в год, а для УДЗ не более 8 суток в год.

Интегральная оценка должна выполняться ежегодно ($I_{УКЗ}$, $I_{УДЗ}$, $I_{УПЗ}$, $E_{Т-3}$ во всех точках). Допускается оценка качества изоляции по величине переходного сопротивления труба-земля (Т-З).

Локальная оценка по всей протяженности должна проводиться после 1^{го} года эксплуатации методами электрометрии с выбором шурфования наиболее опасных участков.

Потенциал на всем протяжении трубы нужно первоначально измерять выносным электродом сравнения с шагом не более 10 метров, между 1 и 2 годами эксплуатации. В дальнейшем не реже одного раза в год должен производиться контроль поляризационного потенциала не менее чем в двух точках на участках $\min E$ в промежутках между соседними УКЗ.

На участках ПКО рекомендуется ставить КИП в зонах пересечения с другими сооружениями (например, дорогами).

Дополнительные измерения с шагом не более 10 метров на участках ВКО и ПКО должны проводиться не реже 1 раза в 5 лет.

Коррозионное состояние трубы определяется методом внутритрубной дефектоскопии или комплексным электрометрическим обследованием с контрольным шурфованием для участков ВКО (высокой) один раз в 5 лет, для ПКО (повышенной) один раз в 10 лет, для УКО (умеренной) один раз в 20 лет.

Опасность коррозионного растрескивания под напряжением определяется пропусканьем специальных снарядов дефектоскопов или другими специальными методами диагностики.

Шурфование в первую очередь следует проводить на участках определенных при обследовании, а так же на участках с температурой эксплуатации выше $+30^{\circ}\text{C}$, в анодных и знакопеременных зонах, на участках с плохой изоляцией и имеющих неполную защиту.

Шурфование должно проводиться до нижней образующей трубы с полным вскрытием.

Выборочный контроль при обследовании в шурфах должен выполняться в следующем объеме:

- измерение естественного и поляризационного потенциала;
- определение и описание характера размеров и повреждений изоляции, расположение;
- определение p^H почвы прилегающей к трубе;
- определение количества, глубины, площади, расположение по окружности трубы коррозионных повреждений металла с оформлением акта;
- отбор проб грунта, передача на химический анализ при наличии коррозионных каверн или трещин глубиной более 3 мм за период эксплуатации до 10 лет и глубиной более 2 мм при эксплуатации до 5 лет.

На участках ВКО должно поэтапно внедряться 100% резервирование электроснабжения и защитного тока, а так же коррозионный мониторинг (это КДП и средство дистанционного контроля). Отказы в работе средств ЭХЗ на участках ВКО и ПКО оснащенные средствами дистанционного контроля приравниваются к аварийным и должны устраняться в течении 24 часов.

Все участки катодной защиты на новых газопроводах построенных или реконструируемых после 2000 года, а также на действующих трубопроводах в зонах ПКО и ВКО оборудуются средствами дистанционного контроля.

В анодных и знакопеременных зонах влияния блуждающих токов УКЗ должны работать в автоматическом режиме.

Измерения при эксплуатации УКЗ показаны на рисунке 6.

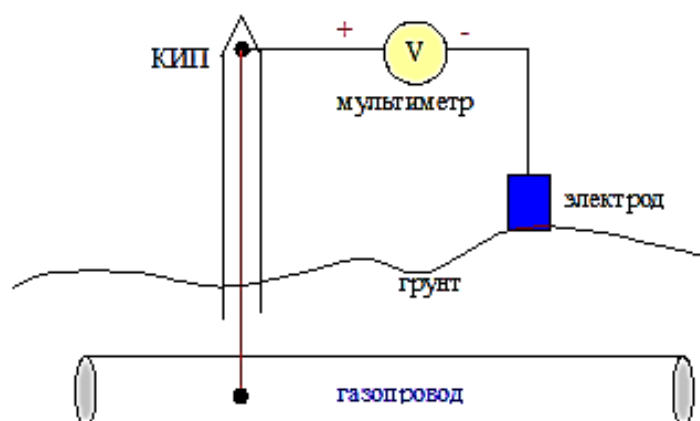


Рисунок 6 – Схема измерения защитных потенциалов

Для измерения потенциала нужно использовать милливольтметры с входным сопротивлением $10 \text{ мОм} \cdot \text{В}$, $R_{\text{ВХ}} \geq 10 \text{ мОм} \cdot \text{В}$.

Вольтамперметр М231 имеет $R_{\text{ВХ}} = 20 \text{ кОм} \cdot \text{В}$ и его допускают к измерению потенциалов с омической составляющей при условии двух измерений в каждой точке на пределах 1 и 5 В с подсчетом среднеарифметической (рисунок 7).

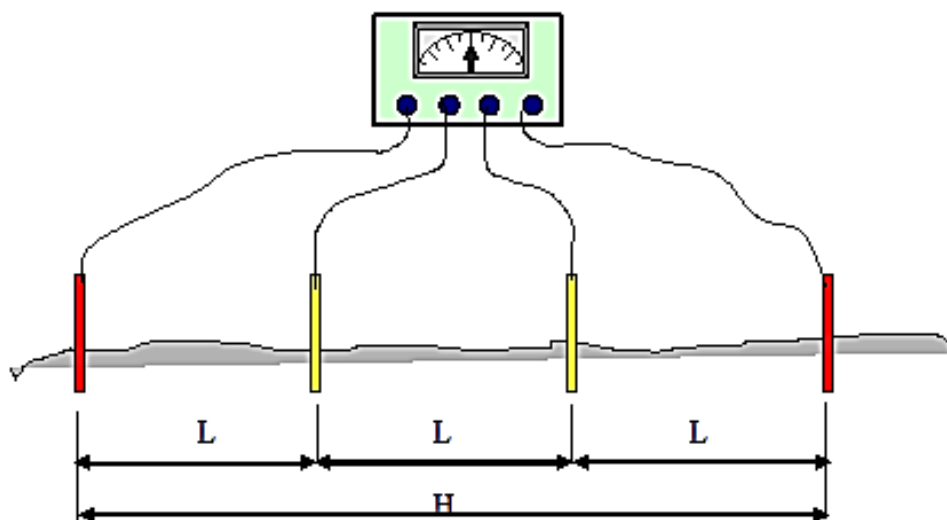


Рисунок 7 – Измерение удельного сопротивления грунта

Измерения производятся по четырех электродной симметричной схеме, расположенной в одну линию, параллельно газопроводу, отступив от последнего на 4-5 метров. Измерения проводят через 50 – 100м.

Расстояние H , должно равняться глубине залегания нижней образующей трубы газопровода. Расстояния между электродами равны. Глубина забивания электрода в грунт должна составлять $1/20 L$.

Расчет удельного сопротивления грунта производится по формуле:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L, \text{ Ом}\cdot\text{м}, \quad (30)$$

где R - показания прибора;

L - расстояние между электродами.

Используемые приборы М-416, Ф-416, МС-08, М1103, М5203 измерители сопротивления растекания заземлений.

Метод измерения сопротивления цепи устройств катодной защиты показан на рисунке 8.

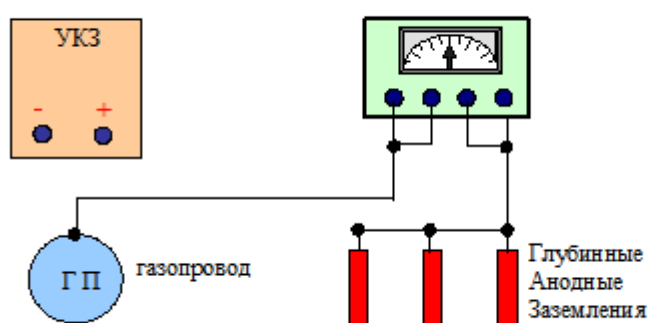


Рисунок 8 – Измерение сопротивления цепи УКЗ

Метод измерения сопротивления растекания анодного заземлителя показан на рисунке 9.

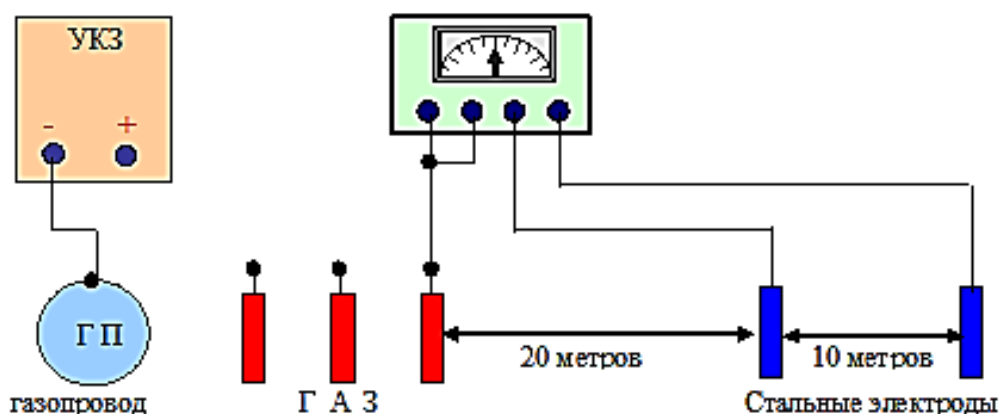


Рисунок 9 – Измерение сопротивления растекания ГАЗ

Метод определения места повреждения горизонтальной шины анода показан на рисунке 10.

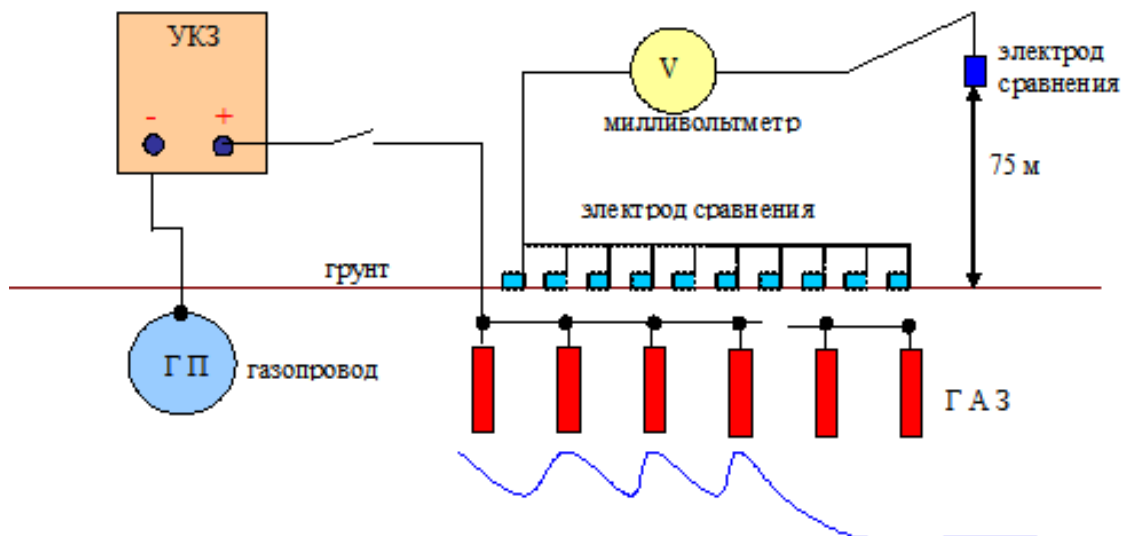


Рисунок 10 – Определение места повреждения анода

Метод измерения переходного сопротивления « труба – земля» изображён на рисунке 11.

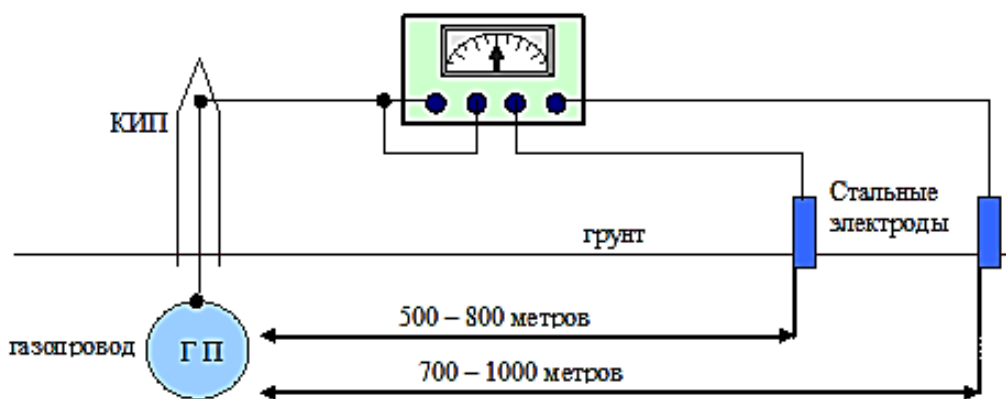


Рисунок 11 – Измерение переходного сопротивления Т-З

Измерения при эксплуатации УДЗ показаны на рисунке 12.

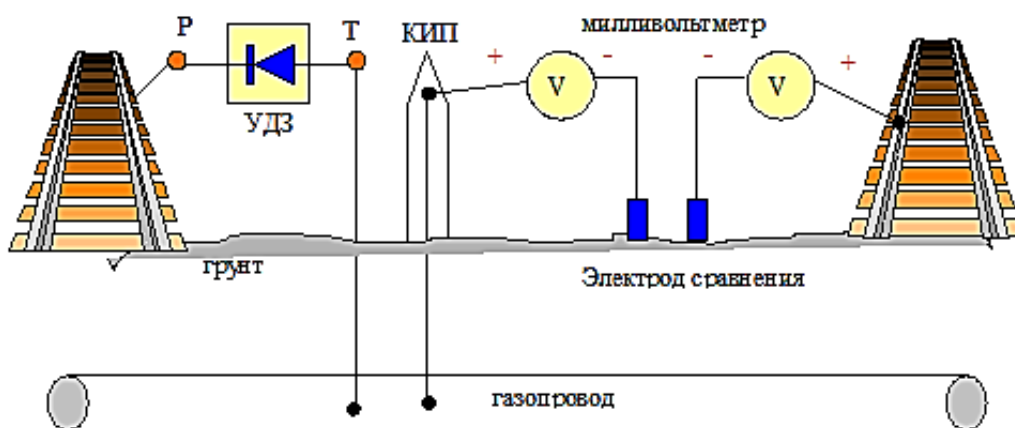


Рисунок 12 – Измерение потенциала Т-З и Р-З

Эти измерения чаще всего проводят синхронно, чтобы выявить правильность подключения дренажной цепи. Измерение проводится длительно или в отрезок времени, когда по пути проходит 2 – 3 поезда в разных направлениях, может быть 2 часа, а может быть суточные измерения. Обязательно оцениваются потенциалы при отключенной защите в период минимальной токовой нагрузке железной дороги, измерение защитных потенциалов проводится при максимальной токовой нагрузке.

Измерение потенциала Т-Р и Т-Ф при отключенной защите показано на рисунке 13.

1.

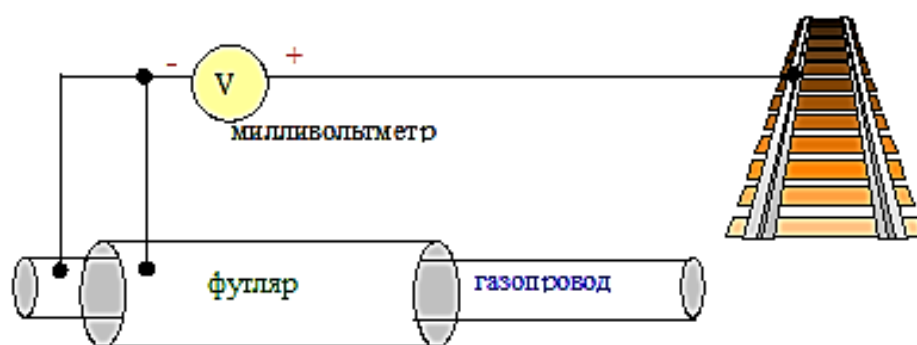


Рисунок 13 – Измерение потенциала Т-Р и Т-Ф

Может быть измерение потенциала между трубой и кабелем связи на совместном КИПе. Так же выполняется измерение сопротивления дренажного кабеля, как показано на рисунке 14.

1.

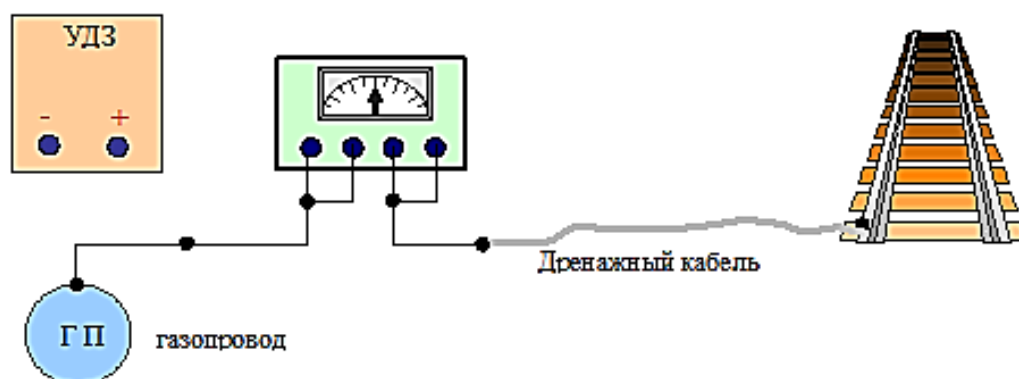


Рисунок 14 – Измерение сопротивления дренажного кабеля

Схема нахождения повреждения на дренажном кабеле показана на рисунке 15.

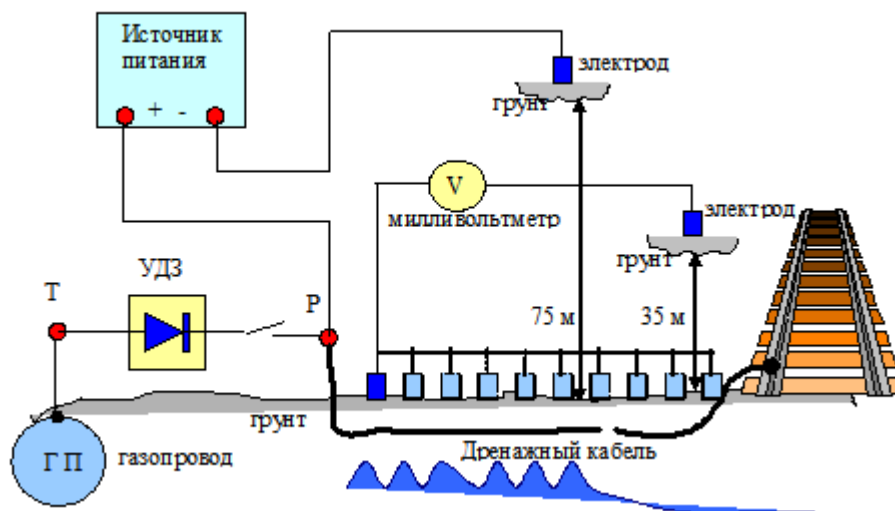


Рисунок 15 – Схема нахождения повреждения на дренажном кабеле

Все измерения на установках протекторной защиты аналогичны установкам катодной защиты.

Измерения на изолирующих фланцах производят по схеме на рисунке 16.

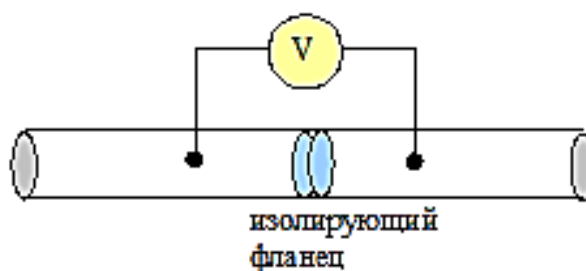


Рисунок 16 – Измерение разности потенциалов секций газопровода

Проверка изоляции фланцев при помощи внешнего источника тока показана на рисунке 17.

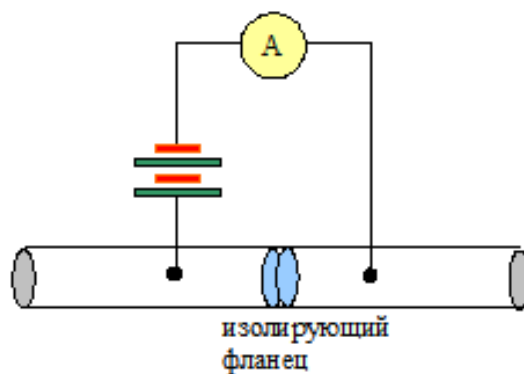


Рисунок 17 – Проверка изоляции фланцев

Так же проводят синхронное измерение разности потенциалов Т-З, как показано на рисунке 18.

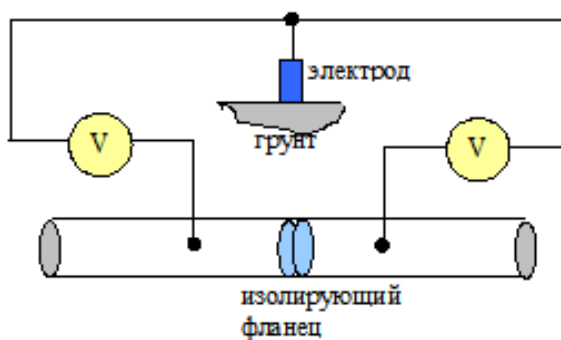


Рисунок 18 – Синхронное измерение разности потенциалов

Проводятся измерения потенциалов с обеих сторон фланца при отключенной перемычке, измеряется сопротивление изоляции фланца, может определяться сила тока, которая отсекается фланцем, или может быть просто проверка исправности фланца по разности потенциала на ней.

4.2 Экономический расчёт

Выбираем грунтовку

Так как у нас труба газопровода находящаяся под давлением диаметром 1420 то выбираем (таблица приложение А.1) трубу 1420x18,7 марки ст17Г1С цена её 61950 рублей за тонну.

Вес 1 метра трубы размером 1420x18,7 составляет 0,63 тонны.

$$M_{\text{тр}}=7000 \cdot 0,63=4410 \text{ т}, \quad (31)$$

где $M_{\text{тр}}$ – масса трубы в тоннах.

$$Z_{\text{тр}}=61950 \cdot 4410=273199,5 \text{ тыс. руб.}, \quad (32)$$

где $Z_{\text{тр}}$ – затраты на трубу (тыс. руб.).

Для изоляции трубы используется праймер марки НК-50. Праймер НК-50 — это каучуково-смоляная наполненная композиция растворённая в бензине. Применяется в конструкциях изоляционных покрытий трубопроводов нормального, усиленного и весьма усиленного типов в соответствии с ГОСТ Р 51 164 - 98, ГОСТ 25812-83, ГОСТ 9.602-89. Предназначен для нанесения на металлические трубопроводы под полимерные изоляционные ленты для защиты от коррозии металлической поверхности трубопроводов при температуре эксплуатации от -60°C до $+60^{\circ}\text{C}$.

Стоимость ($P_{\text{пр}}$) за 1 кг составляет 170 руб., расход ($m_{\text{пр}}$) на трубу 1420мм составляет 0,3 кг на 1 погонный метр трубы из приложения таблицы А.2.

$$Z_{\text{ил}}=L \cdot m_{\text{пр}} \cdot P_{\text{пр}}=7000 \cdot 0,3 \cdot 170=357 \text{ (тыс. руб)}, \quad (33)$$

где $Z_{\text{ил}}$ – затраты на грунтовку (тыс. руб).

Выбираем полимерно-битумную ленту

Пирма, лента полимерно-битумная, применяется для гидроизоляции на трубопроводах различного назначения и любого диаметра проложенных под землёй. Предназначена защищать трубопровод от агрессивного воздействия окружающей среды. Продлевает срок службы трубопровода без

капитального ремонта, что позволяет сэкономить значительные материальные средства.

Стоимость ($P_{пл}$) за 1 кг составляет 135 руб., расход ($m_{пл}$) на трубу 1420мм составляет 12 кг на 1 погонный метр трубы и таблицы 5.

$$Z_{и2} = L \cdot m_{пл} \cdot P_{пл} = 7000 \cdot 12 \cdot 135 = 11340 \text{ (тыс. руб.)}, \quad (34)$$

где $Z_{и2}$ – затраты на ленту (тыс. руб.).

Выбираем обёрточную ленту

Лента Полилен 40-ЛИ-63 используется для изоляции стальной поверхности подземных газонефтепродуктопроводов с целью защиты их от коррозии. Стоимость ($P_{ол}$) за 1 кг составляет 185 руб., расход ($m_{ол}$) на трубу 1420мм составляет 2 кг на 1 погонный метр трубы и таблицы 5(приложение).

$$Z_{и3} = L \cdot m_{ол} \cdot P_{ол} = 7000 \cdot 2 \cdot 185 = 2590 \text{ (тыс. руб.)}, \quad (35)$$

где $Z_{и3}$ – затраты на обёрточную ленту (тыс. руб.).

Затраты на изоляцию трубы $Z_{и}$, тыс. рублей.

$$Z_{и} = Z_{и1} + Z_{и2} + Z_{и3} = 357 + 11340 + 2590 = 14287 \text{ (тыс. руб.)}.$$

(36)

Через 1 километр трубы устанавливаются контрольно-измерительные пункты (КИП) стоимость ($P_{кип}$) которых составляет 9 тыс. рублей.

$$N = L / 1000 = 7 \text{ (шт.)}, \quad (37)$$

где N – количество КИП.

$$Z_{кип} = N \cdot P_{кип} = 7 \cdot 9 = 63 \text{ (тыс. руб.)}. \quad (38)$$

Рассчитываем затраты на протекторную защиту

По расчётам защиты выбран протектор марки ПМ-20У в количестве 7620 штук, стоимость одного ($C_{п1}$) равна 3100 рублей, в комплект поставщик вложил кабеля нужной длины и сечением. Рассчитаем общие затраты ($C_{зп}$) на оборудование.

$$C_{зп} = n \cdot C_{п1} = 7620 \cdot 3100 = 23622 \text{ тыс. рублей}. \quad (39)$$

Но так как протектор живёт всего 3,8 года, а анодный заземлитель 23 года то вычислим

$$N_{23} = \frac{T_{аз}}{T_{п}} = \frac{23}{3,8} = 6 \text{ раз,} \quad (40)$$

где $T_{аз}$ – время разложения протектора, год;

$T_{п}$ – время разложения анодного заземлителя, год.

Вычислим общую стоимость оборудования ($C_{зп23}$) на срок 23 года эксплуатации.

$$C_{зп23} = 23622 \cdot 6 = 141732 \text{ тыс. рублей.} \quad (41)$$

Рассчитываем затраты на катодную защиту

Стоимость ($Z_{ккз}$) полного комплекта УКЗВ 10/0,23-10 С3 У1 всего 2500 (тыс. руб.).

Следующий этап выбора оборудования - это глубинное анодное заземление марки АЗМ-2.

$$C_{аз} = N \cdot C_{аз1} = 5 \cdot 15100 = 75,5 \text{ тыс. рублей.} \quad (42)$$

Вычислим стоимость провода по формуле

$$C_{пр} = L \cdot C_1 = 230 \cdot 42 = 9,7 \text{ тыс. рублей,} \quad (43)$$

где C_1 – цена провода за 1 метр, рублей,

L - длина провода, м.

Стоимость ($C_{скз}$) станции катодной защиты В-ОПЕ-63-48-У1 составляет 52 тыс. рублей.

Вычислим общую стоимость затрат на оборудование катодной защиты по формуле

$$C_{кз} = Z_{ккз} + C_{аз} + C_{скз} + C_{пр}; \quad (44)$$

$$C_{кз} = 2500 + 75,5 + 9,7 + 52 = 2637,2 \text{ тыс. руб.} \quad (45)$$

Сравнивая стоимость протекторной и катодной защиты делаем вывод, что катодная защита выходит дешевле стоимости и наиболее выгодная для нашего участка защиты.

Пропускная способность магистрального газопровода диаметром 1420 мм. составляет 90 - 100 млрд.м³ газа в год.

Стоимость 1 кубометра газа в городах России 5 рублей. Получается что 500 млрд. рублей проходит через трубу газопровода каждый год, что окупает наш проект катодной защиты и приносит прибыль все 23 года.

4.3 Охрана экологии

Для снижения воздействия строительных работ на животный мир суши строительные работы будут проводиться с учётом сроков наибольшей уязвимости отдельных видов и групп животных.

Не будет допускаться движение тяжёлой гусеничной и другой техники, уничтожающей почвенный покров и растительность вне отведённых для этого дорог и зимников.

Строительному персоналу будет запрещено использовать и иметь охотничьи ружья.

Предусматривается проведение регулярных инспекций полосы отвода под газопровод для контроля зарастания, эрозии почвы, изменений берегов и русел рек, подмыва и смещения трубы.

В ходе эксплуатации газопровода сохраняются меры по ограничению доступа. Эксплуатационный персонал будет ознакомлен с правилами поведения при встрече с дикими животными, технологическая площадка будет содержаться в чистоте от мусора и остатков пищи.

В соответствии с Федеральным законом РФ № 7-ФЗ от 10.11.2002 «Об охране окружающей среды» и законом РФ №173-ФЗ от 23.11.2009 «Об экологической экспертизе» экологическому обоснованию подлежат принимаемые решения на всех этапах строительства и эксплуатацию, реконструкцию и ликвидацию объекта.

Согласно требованиям «Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной деятельности на окружающую среду в РФ» исследования по оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности должны включать «разработку предложений по программе экологического

мониторинга и контроля на всех этапах реализации намечаемой деятельности», а также «разработку рекомендаций по проведению после проектного анализа».

При выполнении работ по строительству газопровода проводится контроль шума, вибрации, ионизирующего и не ионизирующего излучения. Целью мониторинга является обнаружение негативных экологических последствий аварий, предоставление необходимой информации для выработки мер по снижению и устранению негативных воздействий на окружающую среду.

4.4 Разработка инструкции по определению мест повреждения газопровода методом дефектоскопии

Область применения

Настоящая Инструкция распространяется на оценку дефектов труб и соединительных деталей трубопроводов при ремонте и диагностировании объектов магистральных газопроводов диаметром до 1420 мм с избыточным давлением газа свыше 1,18 МПа (12 кгс/см²) до 9,8 МПа (100 кгс/см²) включительно. Действие настоящей Инструкции не распространяется на оценку дефектов труб и соединительных деталей трубопроводов при ремонте и диагностировании объектов компрессорных станций и станций подземного хранения газа, кроме шлейфов, узлов подключения и межцеховых технологических коммуникаций.

Настоящая Инструкция устанавливает требования к методам и объемам неразрушающего контроля, нормам оценки соответствия труб и соединительных деталей трубопроводов, технологиям диагностирования и методам их ремонта.

Настоящая Инструкция предназначена для дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром», а также подрядных организаций, выполняющих работы по диагностированию и ремонту магистральных

газопроводов, в том числе при капитальном ремонте с применением метода переизоляции.

Общие положения

Инструкция регламентирует взаимоотношения между организациями, участвующими в выполнении комплекса работ по дефектоскопии магистральных газопроводов, а также порядок проведения этих работ.

Инструкция распространяется на работы по дефектоскопии магистральных газопроводов, выполняемой с помощью снарядов дефектоскопов, фиксирующих при прохождении внутри газопровода геометрические его параметры (овальность, сужения, вмятины, углы поворота) с помощью профильных снарядов, а также коррозионные повреждения внутренней и наружной поверхности металла труб и внутренние дефекты стенок трубопровода (расслоения, неметаллические включения) с помощью снарядов дефектоскопов.

Инструкция устанавливает требования к обследуемому участку магистрального газопровода (в дальнейшем — к объекту) и средствам дефектоскопии, а также к обеспечению этих работ средствами связи, проездами, транспортом и т.д., режиму работы газопровода в момент проведения дефектоскопии и к организации работ по дефектоскопии

Инструкция содержит основные требования по организации проведения работ по дефектоскопии и технике безопасности.

Организация работ по дефектоскопии магистральных газопроводов

Основными юридическими сторонами при подготовке газопроводов и проведении работ по дефектоскопии являются газотранспортное предприятие и специальное управление дефектоскопии магистральных трубопроводов, именуемое в дальнейшем «Управление дефектоскопии».

Газотранспортное предприятие обязано провести анализ готовности участка газопровода к проведению дефектоскопии, выполнить необходимый комплекс работ по подготовке объекта в соответствии с предъявляемыми

техническими требованиями, согласовать режимы транспорта газа с ЦДУ и обеспечить проведение работ в соответствии с требованиями по организации работ, изложенными в соответствующих документах и настоящей инструкции.

Управление дефектоскопии обязано выполнить комплекс работ, начиная с подготовки средств дефектоскопии к работе и транспортировке их на объект до выдачи результатов анализа состояния трубы заказчику.

Операция заправки снарядов в камеры запуска и их извлечения из камер приема, контроль за прохождением снарядом контрольных точек на трубопроводе производится газотранспортным предприятием совместно с работниками управления дефектоскопии.

При проведении работ разрешение на ту или иную операцию дефектоскопии, связанную с работой газопровода, безопасностью работ, обеспечением нормального функционирования технологического оборудования дается ответственным представителем заказчика, который назначается приказом соответствующего газотранспортного предприятия.

Контроль за соблюдением необходимого режима работы и технологии при проведении работ осуществляется руководителем бригады управления дефектоскопии, назначенным начальником управления.

Порядок проведения работ

Процесс дефектоскопии участков газопроводов должен начинаться с общего анализа готовности участка газопровода к дефектоскопии, исходя из требований, предъявляемых к обследуемому участку газопровода.

Анализ готовности участка газопровода к дефектоскопии осуществляется газотранспортным предприятием (своими силами или субподрядной организацией) с привлечением к рассмотрению результатов анализа представителей управления дефектоскопии.

В объем анализа должны входить:

- наличие и готовность соответствующих камер к осуществлению запуска и приема очистного поршня и снарядов;

- анализ результатов прохождения очистных поршней на каждом участке газопроводов, подвергающихся дефектоскопии;
- наличие и степень готовности погрузочно-разгрузочных площадок для запасовки и приема средств дефектоскопии с помощью большегрузной транспортной и подъемной техники;
- анализ трассы газопровода (повороты, полнопроходность кранов уклоны и подъемы, наличие отводов, диаметры и даты выполнения врезок);
- анализ транспортных путей вдоль газопровода, прогнозирование их состояния на запланированный период дефектоскопии;
- анализ технологических режимов и их прогнозирование на запланированный период дефектоскопии.

По результатам анализа газотранспортным предприятием и управлением дефектоскопии уточняется программа дефектоскопии газопроводов объединения с учетом минимизации пробега транспортной техники, сроков дефектоскопии и разрабатывается и утверждается инструкция.

Результаты анализа являются основой для комплекса мероприятий, осуществляемых газотранспортным предприятием для подготовки объектов региона к дефектоскопии.

Газотранспортное предприятие должно подготовить объекты региона к дефектоскопии в соответствии с разработанными мероприятиями.

Непосредственно перед выполнением дефектоскопии каждого конкретного участка газопровода от камеры запуска до камеры приема снарядов газотранспортным предприятием или организацией по его поручению проводится повторный детальный анализ готовности объекта к дефектоскопии и определение полноты и качества выполненных по мероприятиям работ. Результаты анализа отражаются в заполненных опросных листах. Результаты анализа представляются в управление дефектоскопии.

В случае выявления недоработок, устраняемых в оперативном порядке (в течение 3-5 дней) газотранспортное предприятие обеспечивает 100% готовность объекта к дефектоскопии, которая заканчивается пропуском очистного поршня (в соответствии с опросным листом).

По результатам пропуска очистного поршня газотранспортное предприятие сообщает управлению дефектоскопии о готовности участка газопровода к дефектоскопии.

Газотранспортным предприятием и управлением дефектоскопии издается совместный приказ о проведении работ. Приказом назначаются ответственные руководители работ по проведению дефектоскопии участка газопровода:

- ответственный руководитель работ на предприятии из числа лиц объединения,

- ответственные руководители за проведение работ на подведомственных участках из числа руководителей управления.

Ответственный руководитель работ на предприятии отвечает за обеспечение безопасного проведения работ, за правильность и полноту принятых мер безопасности, достаточную квалификацию лиц, назначенных руководителями работ на отдельных участках.

Ответственные за проведение работ на отдельных участках отвечают за подготовку объекта к проведению работ, правильность и полноту выполнения мер безопасности, предусмотренных нарядом-допуском, за достаточную квалификацию лиц, назначенных исполнителями работ, за полноту и качество их инструктажа, за соблюдение технологии и мер безопасности подчиненным персоналом.

Ответственный за эксплуатацию комплекса отвечает за качество подготовки комплекса к работе, за правильность и полноту принятых мер безопасности, за достаточную квалификацию лиц, назначенных

исполнителями работ, за соблюдение технологии и мер безопасности подчиненным персоналом.

Работы выполняются в соответствии с инструкцией по дефектоскопии, утвержденной газотранспортным предприятием, с соблюдением мер безопасности, изложенных в Типовой инструкции по охране труда при очистке внутренней полости газопровода очистными устройствами.

Окончательная готовность объекта к дефектоскопии определяется по результатам пропуска профильного снаряда и снаряда-шаблона, осуществляемого управлением дефектоскопии совместно с газотранспортным предприятием.

При положительных результатах пропуска профильного снаряда и снаряда шаблона управлением дефектоскопии при организационном и технологическом обеспечении газотранспортным предприятием осуществляется, собственно, дефектоскопия газопровода путем пропуска снаряда-дефектоскопа. Количество пропусков снарядов по трубопроводу определяется управлением дефектоскопии по полученным результатам.

Коэффициенты повреждений приведены в таблице 14 и ремонтные операции приведены в таблице 15. Если значение К больше двух то такой участок трубы вырезается и заменяется новой.

Таблица 14 - Коэффициенты размера повреждений

Геометрические параметры дефекта		Ширина дефекта, мм				
		<100	100-200	200-300	300-400	>400
Максимальная глубина дефекта, мм	<1	1	2	3	4	5
	1-2	2	4	6	8	10
	2-3	3	6	9	12	15
	3-4	4	8	12	16	20
	>4	5	10	15	20	25

Таблица 15 - Ремонтные операции при значения К

Наименование ремонтной операции	Значения К
Дополнительное обследование трубы, контролируемая шлифовка стресс - коррозионных дефектов	2
Контролируемая шлифовка поверхностных дефектов	1
Контролируемая шлифовка коррозионных дефектов	0,3
Заварка полости образовавшаяся после вышлифовки дефекта	2

Допускается

По решению Заказчика, согласованному с Исполнителем, не оценивать состояние «геометрии» трубы с помощью профильного снаряда на участке, где труба проложена в подвижных грунтах и есть опасность заклинивания снаряда-шаблона и снаряда-дефектоскопа, первым после очистного поршня пропускать профильный снаряд.

Согласование и обеспечение технологических режимов транспорта газа с ЦДУ во время пропуска снарядов для обеспечения требуемой скорости их движения осуществляется газотранспортным предприятием. Обеспечение скорости движения снарядов в установленном диапазоне необходимо для получения качественной информации о дефектах трубы, исключения излишнего износа снарядов и исключения неоправданных потерь газа при «холостых» пропусках снарядов.

Результаты дефектоскопии предоставляются Заказчику в виде таблиц дефектов с привязкой их координат и трасс участка газопровода.

По полученной информации от профильного снаряда и снаряда дефектоскопа газотранспортное предприятие осуществляет проверку достоверности полученных результатов путем выборочной контрольной шурфовки дефектных мест на трубопроводе. Контрольная шурфовка должна осуществляться в присутствии представителя управления дефектоскопии.

По окончании дефектоскопии в недельный срок изоляция газопровода в шурфах должна быть восстановлена, шурфы засыпаны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрены виды коррозии и защиты от неё, рассчитана скорость распада металла под действием агрессивной среды и доказано, что антикоррозийная защита эффективна. В современное время разрабатываются новые методы защиты металлов от коррозии. С помощью защиты продлевается срок службы металлических изделий, но так как устройства защиты стоят не дёшево. Катодные установки стараются установить в тех местах, где остановка производственного процесса повлечёт за собой большие убытки. Особенно активно электрохимическую защиту используют предприятия связанные с добычей и транспортировкой нефти и природного газа.

Коррозия у нас бывает: электрохимическая, химическая, биокоррозия, коррозионная эрозия, кавитационная коррозия, фреттинг–коррозия, механохимическая коррозия, электрокоррозия. В этом списке кроме коррозии металлов присутствует и коррозия биоорганизмов, но так как этот вид больше связан с живыми организмами то мы бессильны. В окружающем нас пространстве миллиарды микроорганизмов, мы находимся в их среде и живём среди них, поэтому целесообразно искать компромиссы между тем чтоб их использовать во благо человека. Эти плюсы взаимодействий хорошо показаны в электрохимической защите газопровода от коррозии. Человек научился посредством расщепления одного металла восстанавливать другой, используя небольшой потенциал полезности одного металла в другой. При этом он следит, чтобы процесс протекал с правильным направлением и в результате этой деятельности он сохраняет свои труды в целости и получает большую прибыль.

Во многих производственных процессах идёт загрязнение и уничтожение окружающей среды. Но смотря как работают средства защиты от коррозии, позволяя не вмешиваться в биологические процессы окружающей среды много и много лет. Поэтому человеку есть куда и к чему стремиться, и в будущем он будет придумывать и реализовывать наиболее совершенные средства защиты. В завершении темы работы хотелось бы напомнить какие средства электрохимической защиты газопровода были рассмотрены.

К пассивным методам защиты относятся:

- увеличение переходного сопротивления «труба-земля» (изоляция, канализация трубы или нейтрализация активности грунта);
- дренажная защита.

К пассивным методам защиты относят электрические методы катодной и протекторной защиты. На практике всегда применяют комплексную защиту, представляющую собой пассивные и активные методы защиты трубопровода от коррозии. Для увеличения переходного сопротивления трубопровод-грунт применяют изоляционные покрытия с высокими диэлектрическими свойствами. Что позволяет добиться наилучшего эффекта для достижение большего срока службы металла и антикоррозийной стойкости.

Цель выпускной квалификационной работы достигнута. Разработаны системы электрохимической защиты. Разработана система под определённый участок газопровода. Рассчитаны системы протекторной и катодной защиты и рассчитаны их экономические затраты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – Москва: Энергоиздат., 2012.-304 с.
2. Бибииков Н.Н., Люблинский Е.Я., Поварова Л.В. Электрохимическая защита морских судов от коррозии. – Ленинград: Судостроение, 1971.
3. Бэкман В, Швенк В. Катодная защита от коррозии: Справочник. – Москва: Металлургия, 1984. -495 с.
4. Гутман Э.М. Механохимия металлов и защита от коррозии. – Москва: Металлургия, 1981.-270 с.
5. Дизенко Е.И., Новоселов В.Ф. и др. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. – Москва: Недра, 1978. -199 с.
6. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. ГОСТ 9.602-89. – Москва: Издательство стандартов. 1991.
7. Защита подземных металлических сооружений от коррозии: Справочник. / И.В.Стрижевский, А.Д.Белоголовский и др. – Москва: Стройиздат, 2012. -303 с.
8. Закон РФ "Об охране окружающей природной среды" от 19 декабря 2012 г.
9. Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии. РД 153-39.4-091-01. АКХ им. К. Д. Памфилова. – Москва: Воениздат,2002.-202 с.
10. Инструкция по контролю состояния изоляции законченных строительством участков трубопроводов катодной поляризацией / Глазов Н.П., Ловачев В.А. и др. – Москва: ВНИИСТ. 2015.-40 с.

11. Иванов В.Т., Газизов Р.Р. Методы граничных интегральных уравнений и их приложения. – Уфа: Башгосуниверситет, 1990.-85 с.
12. Иоссель Ю.Я., Кленов Г.Э. Математические методы расчета электрохимической коррозии и защиты металлов: Справочник. – Москва: Металлургия, 2013. –272 с.
13. Коррозия и защита судов: Справочник / Е.Я.Люблинский, В.Д.Пирогов и др. – Ленинград: Судостроение, 1987.-375 с.
14. Кеше Г. Коррозия металлов. – Москва: Металлургия. 1984. – 400 с.
15. Люблинский Е.Я. Электрохимическая защита от коррозии. – Москва: Металлургия, 1987.-97 с.
16. Люблинский Е.Я. Протекторная защита морских судов и сооружений от коррозии. – Ленинград: Судостроение,1979.-188 с.
17. Маттсон Э. Электрохимическая коррозия. – Москва: Металлургия, 2012.
18. Методические рекомендации по количественной оценке состояния магистральных газопроводов с коррозионными дефектами, их ранжирования по степени опасности и определению остаточного ресурса.ВРД-39.10-004-99. ПО «Спецнефтегаз». – Москва: ВНИИГАЗ. 2012.-50 с.
19. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. – Москва: Строй издат,1980. – 536с.
20. Муниц Н.М. Защита силовых кабелей от коррозии. – Москва: Энергоиздат., 2014. -176 с.
21. Никольский К.К. Коррозия и защита от нее подземных металлических сооружений связи. – Москва: Радио и связь, 1984.-208 с.
22. Никитенко Е.А. Электрохимическая коррозия и защита магистральных газопроводов. – Москва: Недра, 1972. -120 с.
23. Палашов В.В. Расчет полной катодной защиты. – Москва: Недра, 2013.-136 с.

24. Плудек В. Защита от коррозии на стадии проектирования. – Москва: Мир, 1980.-438 с.

25. Руководство по эксплуатации средств противокоррозионной защиты трубопроводов / Хмельницкий Б.И., Петров Н.А., Соколов А.С. – Москва: ВНИИГАЗ. 2014.-118 с.

26. Ткаченко В.Н. Методы расчета и проектирования электрохимической защиты трубопроводных сетей от подземной коррозии. – Москва: ВНИИОЭНГ. Деп.6.04.88. №1532-НГ-137 с.

27. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. ГОСТ 25812-83. – Москва: Издательство стандартов. 2013.

28. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – Ленинград: Химия, 1989.-456 с.

29. Цикерман Л.Я. Диагностика коррозии трубопроводов с применением ЭВМ. – Москва: Недра. 2012. – 320 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица А.1 – Стоимость трубы

Наименование	Марка	Цена руб/т
Труба 1420x14	ст 3сп5,10706-76	61950
Труба 1420x14	ст 20,10706-76	61950
Труба 1420x15,7	ст 17Г1С	61950
Труба 1420x15,7	ст 3сп5,10706-76	61950
Труба 1420x18,7	ст 20,10706-76	61950
Труба 1420x18,7	ст 17Г1С	61950

Таблица А.2 – Расход изоляционных материалов

Диаметр труб, ДУ, мм	Расход ленты на 1 пог. метр трубы, кг	Расход праймера на 1 пог. метр трубы, кг	Расход оберточной ПЭ-ленты на 1 пог. метр трубы, кг
89	1,24	0,028	-
108	1,5	0,034	-
159	2, 2	0,05	-
219	2, 9	0,069	0,518
325	4,4	0,10	0,75
426	5,9	0,133	1,0
530	7,5	0,166	1,245
630	8,9	0,198	1,485
720	10,2	0,226	1,7
820	11,6	0,257	1,93
1420	12	0,3	2

Таблица А.3 – Характеристики УКЗВ 10/0,23-10 СЗ У1

Наименование характеристики	Значение параметров
Мощность силового трансформатора устройств, кВА	10
Номинальное напряжение устройств, кВ - на стороне высокого напряжения (ВН) - на стороне низкого напряжения (НН)	6; 10 0,23
Номинальный ток главной цепи устройств, А, не более - на стороне высокого напряжения, 6 или 10 кВ (ВН) - на стороне низкого напряжения (НН)	1,7; 1 50
Ток динамической стойкости УКЗВ, кА - при номинальном напряжении на стороне ВН - 6 кВ - при номинальном напряжении на стороне ВН - 10 кВ	21 32
Ток термической стойкости УКЗВ, кА - при номинальном напряжении на стороне ВН - 6 кВ - при номинальном напряжении на стороне ВН - 10 кВ	8 12,5
Время действия тока термической стойкости УКЗВ, с	1
Номинальное напряжение питания вспомогательных цепей устройств, однофазное, переменное, В	220
Способ обслуживания главных цепей устройств	одностороннее
Способ обслуживания вспомогательных цепей внутри низковольтного отсека устройств	двустороннее
Рабочая температура окружающей среды, °С - для климатического исполнения У - для климатического исполнения УХЛ	от минус 45 до +45 от минус 60 до +40
Относительная влажность, при температуре окружающей среды +25°С, %, не более	98
Высота над уровнем моря, м, не более	1000
Степень защиты оболочки устройств, по ГОСТ 14254-96, сверху, боковая поверхность / снизу	IP43 / IP31
Количество преобразователей катодной защиты, (ПКЗ), размещаемых в устройстве	1, 2
Номинальная выходная мощность преобразователей катодной защиты (ПКЗ), размещаемых в устройстве, кВт	0,3 - 5,0
Количество блоков совместной защиты (БСЗ), размещаемых в устройстве	1, 2
Количество устройств автоматического включения резервного	1

преобразователя (АВРП)	
------------------------	--