

Г.Г. Кримчеева

ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА

Методические указания

Г.Г. Кримчеева

ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА

Методические указания

**Ухта
УГТУ
2014**

УДК622.692.4:620.197 (075.8)

ББК 39.71-082.4 я7

К 82

Кримчеева, Г. Г.

К 82 Противокоррозионная защита [Текст]: метод. указания / Г. Г. Кримчеева, Е. Л. Полубоярцев. – Ухта : УГТУ, 2014. – 39 с.

Методические указания предназначены для самостоятельной работы бакалавров, обучающихся по дисциплине «Противокоррозионная защита» направления «Нефтегазовое дело», профиль «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» (академический бакалавриат).

Методические указания содержат основные положения изучаемой дисциплины, а также перечень вопросов, предназначенных для итогового контроля знаний студентов.

Работа выполнена в рамках реализации проекта по подготовке высококвалифицированных кадров для предприятий и организаций регионов (**Программа «Кадры для регионов»**).

УДК622.692.4:620.197(075.8)

ББК 39.71-082.4 я7

Содержание издания согласовано с Техническим отделом АО «Транснефть-Север» (начальник отдела – В. Т. Фёдоров).

Методические указания рассмотрены и одобрены заседанием кафедры ПЭМГ от 26.11.2014 года, пр. №19.

Рецензенты: Н. С. Вишневская, доцент кафедры ПЭМГ, к.т.н.; В. Т. Фёдоров, начальник Технического отдела АО «Транснефть-Север», к.т.н.

Редактор: Г. Г. Кримчеева.

Научно-методический редактор: В. Е. Кулешов, проректор по научной работе и инновационной деятельности УГТУ, доцент, к.т.н.

Корректор: А. Ю. Васина. Технический редактор: Л. П. Коровкина.

В методических указаниях учтены предложения рецензентов и редактора.

План 2014 г., позиция 439.

Подписано в печать 15.12.2014 г. Компьютерный набор.

Объем 39 с. Тираж 100 экз. Заказ №291.

© Ухтинский государственный технический университет, 2014

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.

Типография УГТУ.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, д. 13.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глоссарий	4
1. Общие сведения о противокоррозионной защите объектов магистральных трубопроводных систем.....	7
1.1 Общие положения	7
1.2 Установки катодной защиты (УКЗ)	9
1.3 Анодные заземления	10
1.4 Установки протекторной защиты.....	11
1.5 Установки дренажной защиты (УДЗ)	11
1.6 Контрольно-измерительные пункты (КИП).....	12
1.7 Коррозионный мониторинг.....	14
1.8 Электроснабжение установок катодной защиты	15
2. Методы определения электрометрических показателей линейной части магистральных трубопроводов	16
2.1 Методики определения удельного сопротивления грунта	16
2.2 Методика определения плотности катодного тока	19
2.3 Методики определения смещения разности потенциалов между подземным металлическим сооружением и электродом сравнения.....	21
2.4 Методика определения наличия блуждающих токов в земле.....	25
2.5 Методика определения наличия тока в подземных сооружениях связи	26
2.6 Методика определения опасного действия переменного тока.....	27
2.7 Методики измерения поляризационных потенциалов подземных стальных трубопроводов и оболочек бронированных кабелей связи при электрохимической защите	29
2.8 Методика определения средних значений потенциалов подземных сооружений по отношению к электроду сравнения	33
2.9 Методика выявления преимущественного влияния источника блуждающих токов на подземное сооружение	34
3. Наименование тем, выделенных для самостоятельной работы студентов .	35
Список рекомендуемой литературы.....	39

ГЛОССАРИЙ

Анодная зона – участок трубопровода, на котором происходит стекание тока.

Анодное заземление – устройство, обеспечивающее стекание защитного тока в землю.

Блок совместной защиты – устройство, обеспечивающее распределение защитного тока между несколькими сооружениями.

Блуждающие токи – токи в земле, возникающие вследствие работы посторонних источников постоянного или переменного тока (электрифицированный транспорт, сварочные агрегаты, устройства электрохимической защиты посторонних сооружений и пр.).

Вредное влияние блуждающих токов – возникновение опасных анодных (коррозионных) зон на обследуемых участках трубопроводов или соседних сооружениях под действием блуждающих токов.

Вспомогательный электрод (датчик потенциала) – стальной плоский электрод размером 25х25 мм, неизолированный с одной плоскости и предназначенный для измерения поляризационного потенциала.

Гальваническая (протекторная) защита – электрохимическая защита гальваническими анодами (протекторами), имеющими в одинаковых условиях электродный потенциал более отрицательный, чем потенциал защищаемого металла.

Длина защитной зоны – протяжённость участка трубопровода, на котором обеспечены защитные потенциалы от данной установки электрохимической защиты.

Дренаж – устройство, обеспечивающее отвод блуждающих токов из нефтепровода.

Дренажная защита – защита сооружения от коррозии блуждающими токами путем отвода этих токов к источнику или в землю.

Дренажная линия – проводники, соединяющие минусовую клемму источника постоянного тока с трубопроводом (катодная дренажная линия) и плюсовую клемму с анодным заземлением (анодная дренажная линия).

Естественный потенциал трубопровода – разность потенциалов труба-земля, измеренная до первого включения электрохимической защиты. После ввода ЭХЗ в эксплуатацию естественный потенциал измеряют при выключенных средствах защиты и достижения скорости изменения потенциала не более 1 мВ/ч.

Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Защитный потенциал – катодный потенциал, обеспечивающий торможение коррозионного процесса.

Изолирующее соединение – вставка между двумя участками трубопровода, нарушающая его электрическую непрерывность.

Изоляционное покрытие – слой или система слоев диэлектрических материалов, наносимых на поверхность трубы для защиты от коррозии.

Интенсивная технология – метод оценки защищённости по потенциалу подземного трубопровода, находящегося под действием электрохимической защиты, при котором измерения проводят при периодическом выключении тока поляризации.

Катодная защита – торможение коррозионного процесса посредством сдвига потенциала контактирующих с грунтом участков трубопровода в сторону более отрицательных значений.

Катодная станция (катодный преобразователь) – источник постоянного тока или устройство, преобразующее переменный ток в постоянный и предназначенное для катодной защиты.

Комплексная защита – защита изоляционными покрытиями и электрохимической (катодной) защитой.

Контактное соединение – соединение двух или более проводников.

Контрольно-диагностический пункт – устройство, позволяющее выполнять электрические измерения помимо измерения потенциалов трубопровода.

Контрольно-измерительный пункт – устройство, позволяющее выполнять измерения параметров электрохимической защиты и параметров, связанных с коррозионным состоянием трубопровода.

Коррозионное состояние – размеры (глубина и площадь) коррозионных поражений и их распределение по объекту.

Максимальный защитный потенциал – верхний предел заданного диапазона защитных потенциалов.

Минимальный защитный потенциал – нижний предел заданного диапазона защитных потенциалов.

Мониторинг противокоррозионной защиты – совокупность мероприятий, направленных на выполнение требований нормативно-технической документации по предупреждению коррозионных отказов и обеспечению промышленной безопасности.

Остаточная скорость коррозии – потеря металла (уменьшение толщины стенки трубы) за определенный период времени при существующем уровне защитных потенциалов.

Поляризационный потенциал – разность потенциалов труба-земля без омической составляющей (падения напряжения в грунте и изоляции), представляющая собой сумму естественного потенциала и поляризации.

Почвенная коррозия – процесс разрушения металла в результате воздействия агрессивных компонентов, содержащихся в почве (грунте).

Протектор (гальванический анод) – электрод, выполненный из металла или сплава, имеющего в одинаковых условиях более отрицательный потенциал, чем металл защищаемого нефтепровода.

Сопротивление заземления – сопротивление заземлённого электрода (электродов), включающее в себя сопротивление растеканию токов в земле и контактное сопротивление на границе раздела «электрод-грунт».

Состояние противокоррозионной защиты – степень деградации изоляционного покрытия и уровень защитных потенциалов.

Стационарный потенциал – потенциал металлического сооружения, измеренный относительно электрода сравнения при отсутствии блуждающих токов поляризации от внешних источников тока.

Точка дренажа – место подключения дренажной линии к нефтепроводу.

Установка дренажной защиты – устройство, включающее в себя электрический дренаж, дренажную линию и регулируемое сопротивление.

Установка катодной защиты – устройство, включающее в себя катодный преобразователь, анодное заземление и дренажную линию.

Участок трубопровода – часть трассы обследуемого трубопровода.

Электрод сравнения – электрод, имеющий постоянный электродный потенциал в данных условиях применения.

1. Общие сведения о противокоррозионной защите объектов магистральных трубопроводных систем

1.1 Общие положения

Магистральные газопроводы при всех способах прокладки, кроме наземной, подлежат комплексной защите от коррозии защитными покрытиями и средствами электрохимической защиты, независимо от коррозионной агрессивности грунта.

Средства электрохимической защиты должны обеспечивать защиту (поляризацию), на всем протяжении магистрального газопровода, в интервале потенциалов, регламентированном ГОСТ Р 51164.

Систему электрохимической защиты проектируют с учетом действующей защиты эксплуатируемых соседних газопроводов и перспективного строительства подземных металлических сооружений вдоль трассы проектируемого газопровода.

При проведении изысканий для проектирования электрохимической защиты строящихся и реконструируемых магистральных газопроводов выполняют следующие работы:

- измерение удельного сопротивления грунта по всей трассе с шагом 100 м при разносе электродов, соответствующих проектной глубине трубы, и дополнительно через 10 м во всех местах изменения рельефа;
- определение содержания водорастворимых солей в грунте на глубине укладки газопровода с шагом 1 км;
- определение наличия параметров блуждающих токов и установление их источников, и оценка состояния рельсовых путей на соответствие ГОСТ 9.602;
- оценка возможного влияния ЛЭП переменного тока;
- определение границ изменения уровня грунтовых вод и глубины промерзания грунта с шагом от 100 до 1 000 м в зависимости от рельефа и гидрогеологических характеристик местности;
- определение зон повышенной и высокой коррозионной опасности;
- выбор мест размещения средств электрохимической защиты и источников их электроснабжения;
- оценка возможностей вредного влияния проектируемых УКЗ на соседние сооружения;
- съёмка на местности площадок для размещения элементов системы электрохимической защиты;
- вертикальное электрическое зондирование на площадках размещения анодных заземлений;

- изучение эксплуатационных характеристик существующих воздушных линий электропередач и ВЛ 10 (6); 0,4 кВ, пересекающих трассу магистрального газопровода или находящихся на расстоянии, с которого возможно обеспечение электроснабжения УКЗ;

- получение технических условий на подключение к источникам электроснабжения;

- согласование со службами эксплуатации источников блуждающих токов (железной дороги и др.) на подключение систем дренажной защиты;

- сбор и анализ сведений о коррозии и параметрах электрохимической защиты соседних и/или пересекающих проектируемый магистральный газопровод подземных коммуникаций.

В составе системы электрохимической защиты магистральных газопроводов применяют установки катодной защиты, протекторные установки, установки дренажной защиты, контрольно-измерительные и диагностические пункты, средства телеконтроля и телеуправления и коррозионного мониторинга, а также средства их электроснабжения. В зависимости от конкретных условий эксплуатации магистральных газопроводов система электрохимической защиты может включать все или некоторые из этих элементов.

В проекте электрохимической защиты магистрального газопровода должен быть предусмотрен дистанционный контроль и телеуправление всех УКЗ.

Контролируемые параметры УКЗ – ток, напряжение, потенциал газопровода и, по требованию заказчика, параметры коррозионного мониторинга в соответствии с требованиями НТД.

Места монтажа преобразователей установок катодной защиты (УКЗ) следует по возможности проектировать рядом с линейными кранами газопровода. Защитные кожухи (патроны) на переходах магистральных газопроводов под автомобильными и железными дорогами следует защищать установками протекторной защиты или сетевыми маломощными УКЗ.

Для устранения вредного влияния на смежные коммуникации и оптимального распределения защитного тока следует применять совместную или отдельную схему защиты. Схема защиты конкретного участка магистрального газопровода определяется по результатам изысканий.

Для обеспечения совместной электрохимической защиты между защищаемой и смежной коммуникациями проектируются электрические перемычки. Электрическую перемычку подключают через блок совместной защиты с регулируемым сопротивлением.

Раздельную защиту реализуют путём проектирования индивидуальных УКЗ и электрическим секционированием магистральных газопроводов, защищаемых отдельно. Раздельная электрохимическая защита может оказаться предпочтительной в следующих случаях:

- при большом различии в величинах сопротивления изоляции этих газопроводов;
- при необходимости разделения защиты коммуникаций КС (ГРС, ГИС) и линейной части или трубопроводов различного назначения и различных собственников;
- при необходимости защиты участка каждого магистрального газопровода постоянным током более 10 А;
- при необходимости разделения защиты участков магистральных газопроводов, проложенных в сильно различающихся коррозионных условиях (протяжённые переходы подводными преградами, разделение морских и наземных участков магистральных газопроводов и т. п.);
- при расстояниях между смежными магистральными газопроводами более 50 м.

Для подземной прокладки кабелей в цепях УКЗ следует применять кабель с медными токоведущими жилами в двойной полимерной изоляции и оболочке.

Оптимальной схемой электрохимической защиты промплощадок КС в умеренных и южных климатических районах является схема с одной или несколькими УКЗ с глубинными анодами. В условиях вечной мерзлоты и/или при наличии многочисленных фундаментных свай предпочтительной является схема защиты с распределёнными или протяжёнными анодами.

1.2 Установки катодной защиты (УКЗ)

УКЗ включает следующие элементы: преобразователь, анодное заземление, линии постоянного тока и контрольно-измерительные пункты. При необходимости в состав УКЗ могут входить регулирующие резисторы, шунты, поляризованные элементы.

Параметры каждой УКЗ должны обеспечивать возможность защиты смежных участков магистральных газопроводов при отключении соседних УКЗ.

Не допускается проектировать подключение нескольких преобразователей катодной защиты на одно анодное заземление.

В проектах электрохимической защиты магистральных газопроводов, расположенных в районах с густой и умеренной заселённостью, принимаются решения, которые способны повысить вандалозащищённость элементов электрохимической защиты. Предполагается осуществлять монтаж преобразовате-

лей в упрочненных блоках-боксах, опорах, телесигнализацию несанкционированного вскрытия, применение стальных анодных проводов, кабельных питающих и анодных линий и т. п.

1.3 Анодные заземления

В установках катодной защиты применяются глубинные анодные заземления и подповерхностные анодные заземления; подповерхностные заземления могут быть сосредоточенными, распределенными и протяженными.

Тип, материалы и конструкцию анодного заземления определяют расчетом. При проектировании заземления следует учитывать удельное электрическое сопротивление грунта и земли в месте монтажа заземления, а также условия землеотвода. Электроды анодных заземлений следует монтировать в местах с минимальным удельным электрическим сопротивлением грунта и ниже глубины его промерзания.

Для снижения скорости растворения электродов анодного заземления и уменьшения их сопротивления возможно, а в грунтах с удельным сопротивлением выше 50 Ом·м, необходимо использование коксовой засыпки.

В УКЗ линейной части магистральных газопроводов при удельном электрическом сопротивлении грунтов до 100 Ом·м, следует применять подповерхностные сосредоточенные и/или распределенные анодные заземления.

При удельном электрическом сопротивлении грунта более 100 Ом·м, а также в любых грунтах при ограниченном землеотводе целесообразно использовать глубинные анодные заземления.

Сосредоточенные анодные заземления рекомендуется размещать на расстоянии не ближе 200 м от трассы защищаемой линейной части магистральных газопроводов. Расстояние между электродами подповерхностных сосредоточенных анодных заземлений следует проектировать не ближе трёх длин электродов, расстояние между рядами не менее 1/4 длины ряда.

Электроды распределенного анодного заземления и протяжённое заземление УКЗ линейной части магистральных газопроводов следует размещать вдоль защищаемого сооружения на расстоянии не ближе четырех его диаметров.

На промплощадках КС анодные заземления следует монтировать на следующих участках:

- в местах с наиболее густой сетью подземных коммуникаций;
- на участках в районе наиболее ответственных коммуникаций;
- на участках в районе газопроводов с наиболее плохим состоянием защитного покрытия.

Для снижения коррозионной опасности и повышения эффективности контроля электрохимической защиты на территории КС не допускается применение сплошного твёрдого покрытия (бетонные плиты, асфальтирование, цементирование и т. п.) над подземными технологическими трубопроводами на поверхности земли, за исключением подъездных дорог для благоустройства территории КС. Над технологическими трубопроводами возможно применение искронедающей щебенки или высадка дерна.

1.4 Установки протекторной защиты

Протекторную защиту применяют в грунтах с удельным электрическим сопротивлением до 50 Ом·м. Применение в проекте протекторной защиты следует обосновывать технико-экономическим расчетом.

Допускается проектировать протекторную защиту в качестве резервной в системах катодно-протекторной защиты.

Установки протекторной защиты состоят из одного или нескольких протекторов типа ПМУ, соединительных проводов (кабелей), а также КИП и при необходимости регулирующих резисторов, шунтов и/или поляризованных элементов.

Протекторная защита может быть осуществлена одиночными или групповыми установками. Выбор типа и схемы расстановки протекторов производят с учётом конкретных условий прокладки защищаемого сооружения.

Групповые протекторные установки и одиночные протекторы должны быть подключены к защищаемому магистральному газопроводу через КИП.

Установку протекторов следует предусматривать в местах с минимальным удельным сопротивлением грунта и ниже глубины его промерзания. Допускается использовать искусственное снижение удельного электрического сопротивления грунта в местах установки протекторов путем применения активаторов при исключении их вредного воздействия на окружающую среду и технико-экономическом обосновании.

Одиночные протекторы располагают на расстоянии не ближе 3 м от магистрального газопровода. Удаление групповых протекторов от магистрального газопровода определяют расчётом.

1.5 Установки дренажной защиты (УДЗ)

УДЗ используются для защиты магистральных газопроводов от электрокоррозии, вызываемой блуждающими токами электрифицированного железнодорожного транспорта.

Дренажная защита включает УДЗ, состоящие из одного или нескольких электрических дренажей, соединительных проводов (кабелей), КИП, а также,

при необходимости, электрических переключателей, регулирующих резисторов и поляризованных блоков.

Дренажи устанавливаются в анодных и знакопеременных зонах с наибольшей амплитудой положительных значений разности потенциалов на сооружении.

Способы дренажной защиты определяют по результатам изысканий. В местах пересечения и/или сближения до 2 км источника блуждающих токов с магистральным газопроводом следует проектировать установки дренажной защиты. При удалении магистрального газопровода от источника блуждающих токов далее 2 км следует применять УКЗ с автоматическим поддержанием заданного потенциала.

УДЗ следует проектировать с таким расчетом, чтобы среднечасовой ток всех УДЗ, подключенных электрически к одной тяговой подстанции, не превышал 20% от общей нагрузки подстанции.

1.6 Контрольно-измерительные пункты (КИП)

Контрольно-измерительные пункты устанавливают для контроля параметров ЭХЗ. КИП должны отвечать следующим требованиям:

- подключение к газопроводу осуществляют двухжильным кабелем в двух разных точках, при этом каждая из жил должна иметь отдельную точку подключения к газопроводу;

- каждая жила кабеля должна иметь маркировку и отдельную клемму на клеммном щитке КИП;

- кабель для КИП должен быть гибким, иметь медные токоведущие жилы и двойную изоляцию.

КИП устанавливают над осью магистрального газопровода со смещением от нее не далее 0,2 м от точки подключения к магистральному газопроводу контрольного провода. В случае расположения магистрального газопровода на участке, где эксплуатация КИП затруднена (пашня, болото и др.), последние могут быть установлены в ближайших удобных для эксплуатации местах, но не далее 50 м от точки подключения контрольного провода к магистральному газопроводу.

Для всех КИП должна быть обеспечена возможность контакта неполяризуемого электрода сравнения с грунтом в зафиксированной на поверхности земли точке измерений над осью трубы.

КИП для контроля потенциала магистрального газопровода устанавливают вдоль его трассы через 0,5-1,0 км. При этом КИП должен быть оснащен двумя контрольными кабелями: первый кабель – основной, второй – дублирующий. Сечение контрольного кабеля (по меди) должно быть (2×4) мм².

КИП для контроля поляризационного потенциала должен иметь контрольный щиток с клеммами, к которым подключают катодный вывод от магистрального газопровода и кабеля от стационарного долгодействующего устройства, измеряющего потенциал. На щитке должно быть предусмотрено коммутирующее устройство, размыкающее цепь магистральный газопровод – вспомогательный электрод.

КИП для контроля работы протекторов, анодных заземлений и электрических перемычек должен иметь не менее двух клемм, к которым подключают объекты измерения и шунт необходимого номинала для измерения силы тока.

КИП на магистральном газопроводе следует устанавливать:

- на каждом километре в обычных условиях и не реже, чем через 500 м при пересечении магистрального газопровода зоны повышенной коррозионной опасности;

- в точках дренажа УКЗ (УДЗ);

- в местах изменения направления (углов поворота) магистрального газопровода;

- у крановых площадок;

- у водных и транспортных переходов (с обеих сторон);

- у пересечения магистрального газопровода с другими трубопроводами, не далее 10 м от пересечения;

- в местах максимального сближения магистрального газопровода с анодным заземлением;

- в пунктах подключения дренажного кабеля к трубопроводу;

- на концах заданных зон защиты.

При многониточной системе газопроводов КИП следует устанавливать на каждом магистральном газопроводе по одной линии, перпендикулярной оси магистрального газопровода.

На подземных сооружениях промплощадок (КС, ГРС, ГИС и др.) КИП необходимо оснащать устройствами для измерения поляризационных потенциалов и устанавливать:

- на коммуникациях длиной более 50 м – посередине или с интервалом не более 50 м;

- на расстоянии не менее трёх диаметров трубопровода от точек дренажа установок электрохимической защиты;

- в начале, середине, конце входных и выходных коллекторов ПУ, АВО и КЦ;

- в местах пересечения коммуникаций;

- в местах изменения направления при длине участка коммуникации более 50 м;

- в местах сближения коммуникаций с сосредоточенными анодными заземлениями;

- не менее чем в четырёх диаметрально противоположных точках по периметру внешней поверхности резервуара.

Во всех точках измерения потенциалов должна быть обеспечена возможность контакта неполяризуемого электрода сравнения с грунтом над осью газопровода в постоянно зафиксированной на поверхности земли точке измерений.

1.7 Коррозионный мониторинг

Система коррозионного мониторинга состоит из датчиков контроля электрохимической защиты и датчиков (индикаторов) коррозии, наводороживания и других параметров, смонтированных в контрольно-диагностический пункт (КДП), и устройств по преобразованию и передачи показаний этих датчиков на диспетчерский пункт.

КДП следует устанавливать на коррозионно-опасных участках магистрального газопровода, на пересечениях с электрифицированными железными дорогами и автострадами.

Оснащенность КДП и места их установки определяют в соответствии с «Руководством по эксплуатации систем коррозионного мониторинга магистральных газопроводов» по требованию и/или согласованию с заказчиком.

КДП должен иметь щиток с клеммами, для подключения двух контрольных проводов от магистрального газопровода для измерения тока в трубе, и датчиков коррозионного мониторинга.

В состав КДП могут включаться следующие датчики, монтируемые на различных глубинах, соответствующих верхней, средней и нижней образующих газопровода:

- стационарные электроды сравнения;
- устройства для измерения поляризационного потенциала;
- вспомогательные электроды-имитаторы дефекта изоляции;
- датчики (индикаторы) коррозии для определения скорости коррозии, подключенные и не подключенные к трубе;
- датчики (индикаторы) внедрения водорода;
- другие датчики, контролирующие коррозионные процессы на газопроводе.

КДП должен быть совмещен с маркером расстояния, предназначенным для привязки данных внутритрубной дефектоскопии. По требованиям заказчика данные датчиков КДП могут заводиться в систему дистанционного контроля и передаваться на диспетчерский пункт.

1.8 Электроснабжение установок катодной защиты

Электроснабжение УКЗ газопроводов должно осуществляться от существующих линий электропередач (ЛЭП) напряжением 0,4 или 10 (6) кВ или проектируемых вдольтрассовых линий и автономных источников, которые являются независимыми источниками электроэнергии. Электроснабжение УКЗ газопроводов должно осуществляться по 2-й категории надежности.

В труднодоступных районах для электроснабжения УКЗ предусматривать рабочий и резервный источники питания каждой УКЗ. При этом следует предусматривать автоматическое включение резервного питания при исчезновении напряжения на рабочем источнике питания.

На вдольтрассовых ВЛ 10 (6) кВ с подключением на КС следует предусматривать защиту от межфазных замыканий: токовую отсечку и максимальную токовую защиту.

При проектировании электроснабжения УКЗ, крановых площадок и других линейных потребителей, расположенных в непосредственной близости друг от друга, необходимо предусматривать в комплексе их основное и резервное электропитание.

Для электроснабжения УКЗ при отсутствии внешних источников тока рекомендуется проектировать электроснабжение от автономных источников: электроагрегатов с газовым, дизельным или бензиновым двигателем, термоэлектрогенераторов, турбоальтернаторов, ветроэнергетических установок и других автономных источников тока.

2. Методы определения электрометрических показателей линейной части магистральных трубопроводов

2.1 Методики определения удельного сопротивления грунта

Определение удельного электрического (кажущегося) сопротивления грунта в полевых условиях

Сущность метода

Удельное электрическое сопротивление грунта определяют непосредственно на местности по трассе подземного сооружения без отбора проб грунта.

Аппаратура

Полевые электроразведочные приборы, например, АС-72 и другие. Допускаются другие приборы. Стальные электроды длиной 250-350 мм и диаметром 15-20 мм.

Проведение измерения

Измерение электрического сопротивления грунта проводят по четырехэлектродной схеме. Электроды размещают по одной линии, которая для проектируемого сооружения должна совпадать с осью трассы, а для уложенного в землю сооружения должна проходить перпендикулярно или параллельно этому сооружению на расстоянии 2-4 м от оси сооружения. Измерения выполняют в период отсутствия промерзания грунтов на глубине заложения подземного сооружения.

Глубина забивки электродов в грунт не должна быть более $1/20$ расстояния между электродами.

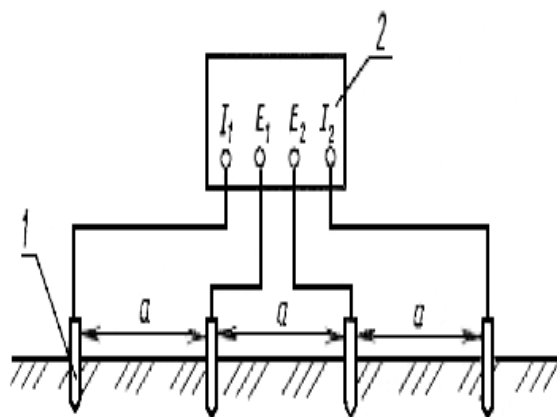


Рисунок 2.1 – Схема определения удельного сопротивления грунта:

1 – электрод; 2 – прибор

Величину удельного электрического сопротивления грунта ρ , Ом·м, вычисляют по формуле

$$\rho = 2\pi Ra, \quad (2.1)$$

где R – измеренное по прибору сопротивление, Ом;

a – расстояние между электродами, принимаемое одинаковым и равным глубине (для кабелей связи – двойной глубине) прокладки подземного сооружения, м.

Определение удельного электрического сопротивления грунта в лабораторных условиях

Требования к образцам

Образцами для определения удельного сопротивления грунта служат пробы грунтов, которые отбирают в шурфах, скважинах и траншеях из слоев, расположенных на глубине прокладки сооружения с интервалами 50-200 м на расстоянии 0,5-0,7 м от боковой стенки трубы. Для пробы берут 1,5-2 кг грунта, удаляют твердые включения размером более 3 мм. Отобранную пробу помещают в полиэтиленовый пакет и снабжают паспортом, в котором указывают номер объекта и пробы, место и глубину отбора пробы.

Если уровень грунтовых вод выше глубины отбора проб, следует отобрать грунтовый электролит объёмом 200-300 см³ и поместить в герметически закрывающуюся емкость, которую маркируют и снабжают паспортом.

Аппаратура, материалы

Миллиамперметр класса точности 1,5 или ниже.

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 10 МОм.

Ячейка прямоугольной формы из материала с диэлектрическими свойствами (стекло, фарфор, пластмасса и т. д.) или из стали с внутренней футеровкой изоляционным материалом. Внутренние размеры ячейки рекомендуются следующие: = 100 мм, = 45 мм, = 45 мм. Могут быть и прочие произвольные размеры.

Внешние электроды, представляющие собой прямоугольные пластины (из углеродистой или нержавеющей стали) с ножкой, к которой крепится или припаивается проводник – токоподвод. Размеры электродов – 44x40 мм, где 40 – высота электрода. Одну сторону каждой пластины изолируют. При сборе ячейки пластины должны быть обращены друг к другу неизолированными сторонами.

Внутренние электроды из медной проволоки или стержня диаметром 1-3 мм и длиной более высоты ячейки.

Подготовка к испытанию

Отобранную пробу песчаных грунтов смачивают до полного влагонасыщения, а глинистых – до достижения мягкопластичного состояния. Если уровень грунтовых вод ниже уровня отбора проб, смачивание проводят

дистиллированной водой, а если ниже – грунтовой водой. Собирают установку в соответствии со схемой, изображённой на рисунке 2.2. Электроды А и В зачищают шкуркой шлифовальной по ГОСТ 6456 зернистостью 40 и меньше, обезжиривают ацетоном, промывают дистиллированной водой и устанавливают вплотную к торцовым поверхностям внутри ячейки. В ячейку укладывают грунт, послойно утрамбовывая его, на высоту меньше высоты ячейки на 4 мм. Электроды М и N, предварительно подготовленные так же, как и электроды А и В, устанавливают в грунт вертикально, опуская их до дна по центральной линии ячейки на расстоянии 50 мм друг от друга и 25 мм от торцовых стенок ячейки.

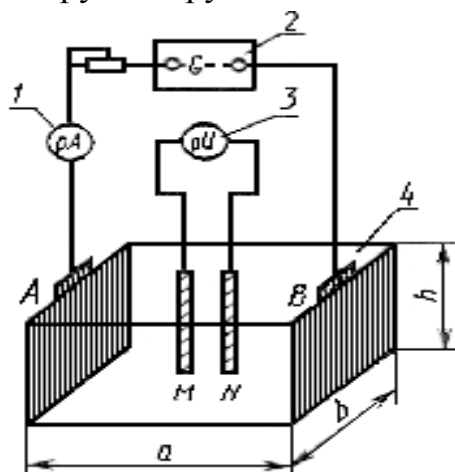


Рисунок 2.2 – Схема установки для определения удельного электрического сопротивления грунта в лабораторных условиях:

1 – миллиамперметр; 2 – источник тока; 3 – вольтметр; 4 – измерительная ячейка; А; В – внешние электроды; М, N – внутренние электроды

Проведение измерений

Измерения проводятся по четырёхэлектродной схеме на постоянном или низкочастотном переменном токе.

Электроды А и В подключают к источнику тока. Устанавливают определенное значение силы тока и измеряют падение напряжения между электродами М и N. Измерения проводят при трех разных значениях силы тока, например, $1 \cdot 10^{-3}$, $2 \cdot 10^{-3}$, $3 \cdot 10^{-3}$ А. При работе на постоянном токе меняют полярность электродов А и В и измерения повторяют. Сопротивление грунта вычисляют по формуле $R_i = \frac{U_i}{I_i}$ и определяют среднее значение сопротивления

грунта $R_{\text{ср}} = \frac{\sum R_i}{n}$, где n – число замеров.

В отсутствие тока разность потенциалов между электродами М и N может отличаться от нуля на 10-30 мВ.

При расчёте тогда используют формулу $R = \frac{U_i - U_0}{I_i}$.

Удельное электрическое сопротивление грунта (ρ), Ом·м, вычисляют по формуле

$$\rho = R_{cp} \left(\frac{S}{l} \right), \quad (2.2)$$

где S – площадь поверхности одной стороны электродов А (В), м²;

l – расстояние между электродами М и N, м.

Для ячейки с приведёнными выше размерами электродов А и В и расстоянием между электродами М и N

$$\rho = 3,5 \cdot 10^{-2} R_{cp}, \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

2.2 Методика определения плотности катодного тока

Сущность метода заключается в определении плотности катодного тока при смещении потенциала на 100 мВ отрицательнее потенциала коррозии стали в грунте.

Аппаратура, материалы

Источник напряжения постоянного тока.

Вольтметр с внутренним сопротивлением 10 МОм.

Прерыватель тока или измерительный прибор, содержащий прерыватель тока.

Регулируемое сопротивление

Миллиамперметр, класс точности 1,5 или меньше.

Ячейка прямоугольной формы из материала, обладающего диэлектрическими свойствами (стекло, фарфор, пластмасса и т. д.), вместимостью от 0,5 до 1,0 дм. Рекомендуемые внутренние размеры ячейки 70x70x100 мм.

Рабочий электрод, представляющий прямоугольную пластину из стали 3 размером 50x20 мм, толщиной 1,5-2,0 мм.

Вспомогательный электрод из стали Ст. 3 или любой другой углеродистой стали, по форме и размерам аналогичен рабочему электроду.

Электрод сравнения – насыщенный медносульфатный, хлорсеребряный и т. д.

Одна поверхность рабочего и вспомогательного электрода и токоотводы от них должны быть изолированы.

Подготовка к испытанию

Собирают установку по схеме с использованием прерывателя тока и вольтметра или с использованием прибора, включающего в себя прерыватель тока.

Отобранную пробу грунта загружают в ячейку, сохраняя её естественную влажность.

Если при хранении проб после их отбора возможно изменение естественной влажности грунта, то необходимо определять влажность отобранной пробы в соответствии с ГОСТ 5180. Перед проведением исследования вновь определяют влажность пробы грунта. Если влажность уменьшилась, то её доводят до естественной влажности с помощью дистиллированной воды.

На дно ячейки на высоту 20 мм укладывают грунт и утрамбовывают его. Рабочий и вспомогательный электроды устанавливают вертикально неизолированными поверхностями друг к другу на расстоянии 3-4 см. Далее грунт укладывают в ячейку послойно (один-три слоя) с последовательным трамбованием слоёв, добиваясь максимально возможного уплотнения. Расстояние от верхней кромки рабочего электрода до поверхности грунта должно быть 50 мм. Электрод сравнения устанавливают сверху ячейки в грунт, углубляя его на 1,0-1,5 см.

Проведение измерений

Рабочий электрод выдерживают в грунте до включения поляризации 15-20 мин. Измеряют его потенциал коррозии относительно электрода сравнения.

Катодную поляризацию рабочего электрода осуществляют, подключая его к отрицательному полюсу источника тока, вспомогательный электрод – к положительному. Потенциал рабочего электрода смещают на 100 мВ отрицательнее его потенциала коррозии. Для исключения омической составляющей из значения измеряемого потенциала рабочего электрода, измерение проводят по схеме.

Измеряют силу тока. Измерения выполняют несколько раз за период поляризации рабочего электрода при потенциале на 100 мВ отрицательнее потенциала коррозии, что позволяет определить характер измерения во времени. Последнее измеренное значение берут для определения среднего значения.

Если постоянна или уменьшается во времени, то длительность поляризации составляет 10-15 мин., в течение которых измеряют и записывают 3-4 раза. Если сила тока во времени растёт, то измеряют и записывают 5-6 раз; длительность поляризации составляет 40 мин. или тот промежуток времени, в течение которого плотность тока превысит $0,2 \text{ А/м}^2$ (что при рекомендуемом размере поверхности рабочего электрода в 10 см^2 соответствует силе тока $0,0002 \text{ А}$). Сила тока более $0,0002 \text{ А}$ характеризует высокую коррозионную агрессивность грунта.

Определение выполняют для одного грунта не менее трёх раз и вычисляют среднее арифметическое значение силы катодного тока.

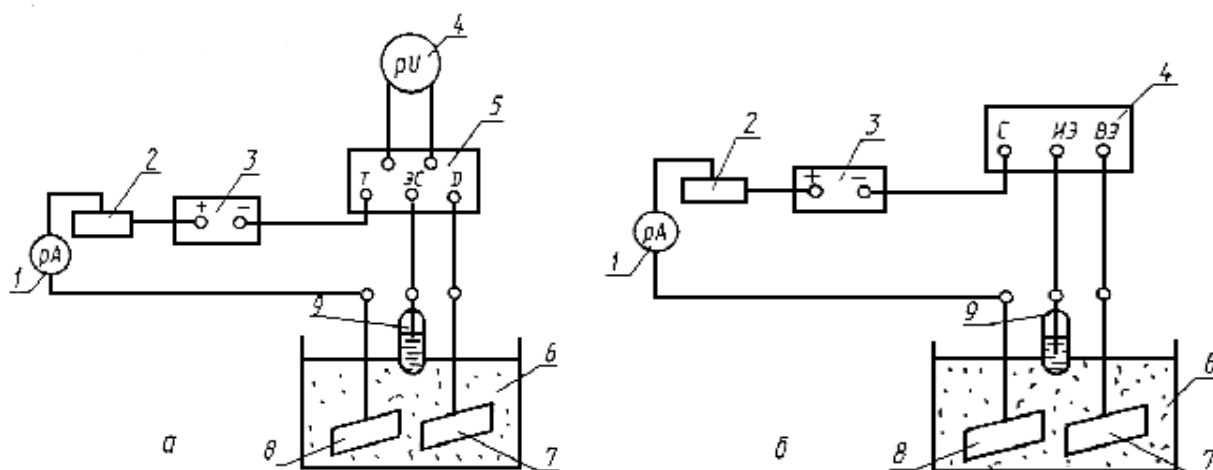


Рисунок 2.3 – Схема установки для определения плотности катодного тока:
 1 – миллиамперметр; 2 – регулируемое сопротивление; 3 – источник напряжения;
 4 – вольтметр; 5 – прерыватель тока; 6 – ячейка; 7 – рабочий электрод;
 8 – вспомогательный электрод; 9 – электрод сравнения

Обработка результатов

Плотность тока (i_k) в А/м² вычисляют по формуле

$$i_k = \frac{I_{\text{ксп}}}{S} = \frac{I_{\text{ксп}}}{0,001} \quad (2.3)$$

Оценка коррозионной агрессивности грунта проводится в соответствии с уравнением (2.2).

2.3 Методики определения смещения разности потенциалов между подземным металлическим сооружением и электродом сравнения

Смещение разности потенциалов может определяться двумя методами:

Метод 1 – по разности между значениями измеренного потенциала сооружения и значением его стационарного потенциала.

Требования к образцам

Образцами для измерений являются участки подземных сооружений, оборудованные контрольно-измерительными пунктами, колодцами, шурфами и т. д.

Аппаратура

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы регистрирующий или показывающий.

Медносульфатный электрод сравнения.

Стальной электрод сравнения.

Проведение измерений

Измерения выполняются в контрольно-измерительных пунктах, колодцах, шурфах и т. д. контактным методом с применением регистрирующих или

показывающих приборов. Положительную клемму измерительного прибора присоединяют к сооружению, отрицательную – к электроду сравнения.

Продолжительность измерения устанавливается НТД.

При измерениях в зоне действия блуждающих токов и амплитуде колебаний, измеряемой разности потенциалов, превышающей 0,5 В, могут быть использованы стальные электроды сравнения. Данный пункт не относится к проведению измерений на сооружениях связи.

Обработка результатов измерений

Разность между измеренным потенциалом сооружения и значением его стационарного потенциала вычисляют по формуле

$$\Delta U = U_{\text{изм}} - U_{\text{с}}, \quad (2.4)$$

где $U_{\text{изм}}$ – наименее отрицательная или наиболее положительная за период измерений мгновенная разность потенциалов между сооружением и медно-сульфатным электродом сравнения;

$U_{\text{с}}$ – стационарный потенциал сооружения.

При отсутствии данных принимают равным (относительно медно-сульфатного электрода сравнения):

- минус 0,70 В – для стали;
- минус 0,48 В – для свинца;
- минус 0,70 В – для алюминия.

В тех случаях, когда наибольший размах колебаний потенциала сооружения, измеряемого относительно медносульфатного электрода сравнения (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 измерений мгновенного положительного смещения потенциала.

Метод 2 (для стальных подземных трубопроводов) – по полярности омического падения потенциала между сооружением и специальным вспомогательным электродом сравнения.

Сущность метода состоит в измерении разности потенциалов между трубопроводом и специальным вспомогательным электродом в моменты разрыва электрической цепи между ними с целью определения полярности омического падения потенциала между трубопроводом и вспомогательным электродом.

Метод не применяется в тех случаях, когда размах колебаний потенциала трубопровода, измеряемого относительно медносульфатного электрода сравнения, не превышает 0,04 В.

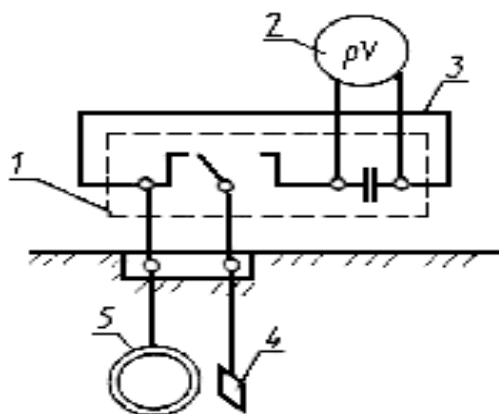


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема определения полярности омического падения потенциала: 1 – прерыватель тока с запоминающей ёмкостью; 2 – вольтметр; 3 – переключатель между зажимами С и ИЭ (измерительный электрод); 4 – вспомогательный электрод; 5 – трубопровод

Аппаратура, материалы

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы.

Прерыватель тока с запоминающей ёмкостью (например, типа ПТ-1).

Вольтметр с прерывателем тока (например, прибор типа 43313).

Вспомогательный электрод, представляющий пластину, изготовленную из Ст. 3 размером 25x25 мм, толщиной 1,5- 2,0 мм.

К электроду припаян изолированный проводник. Сторона крепления проводника к электроду изолирована (например, эпоксидной смолой).

Подготовка измерений

Для проведения измерений вспомогательный электрод (ВЭ) устанавливают в специальном шурфе, расположенном над трубопроводом. Место шурфа выбирают на участке трассы без дорожного покрытия.

Подготовку шурфа и установку ВЭ производят в следующем порядке:

- в намеченном пункте измерений с помощью трассоискателя или по привязкам на плане трассы трубопровода определяют месторасположение трубопровода;

- над трубопроводом делают шурф глубиной 300-350 мм и диаметром 150-170 мм.

ВЭ устанавливают таким образом, чтобы его рабочая (неизолированная) поверхность была обращена к трубопроводу. Предварительно из взятой со дна шурфа части грунта, контактирующего с ВЭ, должны быть удалены твердые включения размером более 3 мм. Над ВЭ устанавливают груз массой 0,8-1,0 кг. При наличии атмосферных осадков предусматривают меры против увлажнения грунта и попадания влаги в шурф.

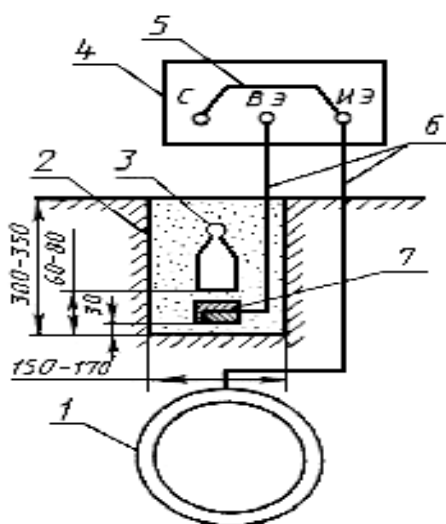


Рисунок 2.5 – Схема для определения полярности омического падения потенциала:
 1 – трубопровод; 2 – шурф; 3 – груз; 4 – прибор для измерения поляризационных потенциалов или прерыватель тока с вольтметром; 5 – переключатель; 6 – контрольные проводники от трубопровода и вспомогательного электрода;
 7 – вспомогательный электрод

Проведение измерений

Измерения с использованием прибора, содержащего прерыватель тока, например, прибора типа 43313, выполняют в определенной последовательности:

- включают прибор, устанавливают переключатели в положения, соответствующие режиму измерения поляризационного потенциала;
- устанавливают переключатель диапазонов измерений в положение «2В»;
- присоединяют контрольный проводник от трубопровода к зажиму С, контрольный проводник от вспомогательного электрода – к зажиму ВЭ, между зажимами С и ИЭ устанавливают переключатель.

Первые показания прибора снимают не ранее, чем через 10 мин. после подключения к прибору контрольных проводников от трубопровода и ВЭ и установки переключателя. Снятие показаний прибора производят через каждые 5 с.

При использовании прерывателя тока, например, типа ПТ-1, в комплекте с регистрирующим прибором, например, типа Н-399, измерительные работы проводят в такой последовательности:

- подсоединяют контрольные проводники от трубопровода и ВЭ соответственно к зажимам Т и Д, между зажимами Т и ЭС устанавливают переключатель, включают прерыватель тока;
- устанавливают переключатель диапазона измерений в положение 0,25 В и скорость движения диаграммной бумаги 600 мм/ч, при замкнутых выводах прибора на диаграммной бумаге фиксируют нулевую линию в течение 1 мин.;

- к клеммам прерывателя тока «Прибор», подключают прибор Н-399, при этом к клемме «+» подключают положительный вывод прибора, а к клемме «-» отрицательный вывод. Показания прибора учитывают не ранее, чем через 10 мин. после подключения к прибору контрольных проводников от трубопровода и ВЭ и перемычки.

При определении опасного действия блуждающих токов по полярности омического падения потенциала на трубопроводах в зоне влияния блуждающих токов трамвая продолжительность измерений должна быть не менее 10 мин. Измерения производят в часы утренней или вечерней пиковой нагрузки электротранспорта. В случаях прокладки трубопроводов в зоне влияния блуждающих токов электрифицированных железных дорог период измерений должен охватывать пусковые моменты и время прохождения электропоездов в обе стороны между двумя ближайшими станциями.

По окончании измерительных работ и извлечении из шурфа ВЭ и груза шурф засыпают грунтом. В целях обеспечения повторных измерений в данном пункте на плане прокладки трубопровода делают соответствующие привязки.

Для определения характера влияния блуждающих токов на подземные трубопроводы производят обработку результатов измерений по формуле

$$\Delta U = 0,03 - U_{\text{п}}, \text{ В}, \quad (2.5)$$

где ΔU – омическое падение потенциала между трубопроводом и вспомогательным электродом, В;

$U_{\text{п}}$ – показания прибора 43313 (с учётом знака);

$U_{\text{п}}$ В (при использовании прерывателя тока типа ПТ-1 в комплекте с прибором типа Н-399 – максимальные по абсолютной величине отрицательные значения и минимальные по абсолютной величине положительные значения потенциала за период измерения).

Если среди полученных значений ΔU имеются значения со знаком «+», то фиксируется наличие опасности коррозии.

2.4 Методика определения наличия блуждающих токов в земле

1. Сущность метода

Сущность метода заключается в измерении на трассе проектируемого сооружения разности потенциалов между двумя точками земли через каждые 1000 м по двум взаимно перпендикулярным направлениям при разносе измерительных электродов на 100 м для обнаружения блуждающих токов.

2. Аппаратура

Вольтметры с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы с пределами измерений:

- 0,5-0-0,5 В;

- 1,0-0-1,0 В;

- 5,0-0-5,0 В или другими близкими к указанным пределам.

Медносульфатные электроды сравнения.

3. Проведение измерений

Измерительные электроды располагают параллельно будущей трассе сооружения, а затем перпендикулярно к оси трассы.

Показания вольтметра снимаются через каждые 5-10 с в течение 10-15 мин. в каждой точке.

Если наибольший размах колебаний разности потенциалов (абсолютной разности потенциалов между наибольшим и наименьшим значениями) превышает 0,50 В, это характеризует наличие блуждающих токов.

2.5 Методика определения наличия тока в подземных сооружениях связи

1. Сущность метода

Сущность метода заключается в измерении падения напряжения между двумя находящимися на некотором расстоянии друг от друга точками брони (оболочки) кабеля и в определении сопротивления брони (оболочки) между этими точками.

2. Аппаратура

Милливольтметр с внутренним сопротивлением 1 МОм на 1 В шкалы и пределами измерений: 1-0-1 мВ и 10-0-10 мВ.

Электроды стальные или свинцовые.

3. Проведение измерений

Контакт измерительных проводников с броней (оболочкой) кабеля осуществляется при помощи стальных или свинцовых электродов.

О направлении тока судят по отклонению стрелки прибора от нуля шкалы, исходя из того, что стрелка прибора отклоняется в сторону зажима, имеющего более высокий потенциал.

Среднюю величину тока, протекающего по кабелю (оболочке и броне), вычисляют по формуле:

$$I_{\text{ср}} = \frac{\Delta U_{\text{ср}}}{Rl}, \text{ А}, \quad (2.6)$$

где U_{cp} – среднее значение падения напряжения на соединённых между собой броне и оболочке (на голой свинцовой оболочке), В;

R – сопротивление 1 м свинцовой оболочки или соединённых между собой свинцовой оболочки и брони, Ом/м;

l – расстояние между точками измерения, м.

При проведении строительных работ, монтаже и ремонте муфт измерение тока, протекающего по оболочке и броне кабеля, может быть осуществлено непосредственным включением амперметра в разрыв оболочек и брони.

2.6 Методика определения опасного действия переменного тока

1. Сущность метода

Сущность метода заключается в определении смещения среднего значения разности потенциалов между трубопроводом и медносульфатным электродом сравнения.

2. Требования к образцам

Образцами для измерения являются участки стальных трубопроводов, на которых зафиксированы значения напряжения переменного тока между трубопроводом и землёй, превышающие 0,3 В.

3. Аппаратура, материалы:

- Вольтметр для измерения постоянного и переменного напряжений с входным сопротивлением не менее 10 МОм (например, типа В7-41).

- Конденсатор ёмкостью 4 мкФ.

- Переносной насыщенный медносульфатный электрод сравнения (МЭС).

- Вспомогательный электрод.

4. Подготовка к измерениям

4.1. Вспомогательный электрод (ВЭ) зачищают шкуркой шлифовальной (ГОСТ 6456) зернистостью 40 и меньше, обезжиривают ацетоном, промывают дистиллированной водой.

ВЭ и МЭС устанавливают в специальном шурфе над трубопроводом. ВЭ устанавливают таким образом, чтобы его рабочая (неизолированная) поверхность была обращена к трубопроводу. Предварительно из части грунта, контактирующего с ВЭ, должны быть удалены твердые включения размером более 3 мм. Грунт над ВЭ утрамбовывают с усилием 3-4 кг на площадь ВЭ. При наличии атмосферных осадков предусматривают меры против попадания влаги в грунт.

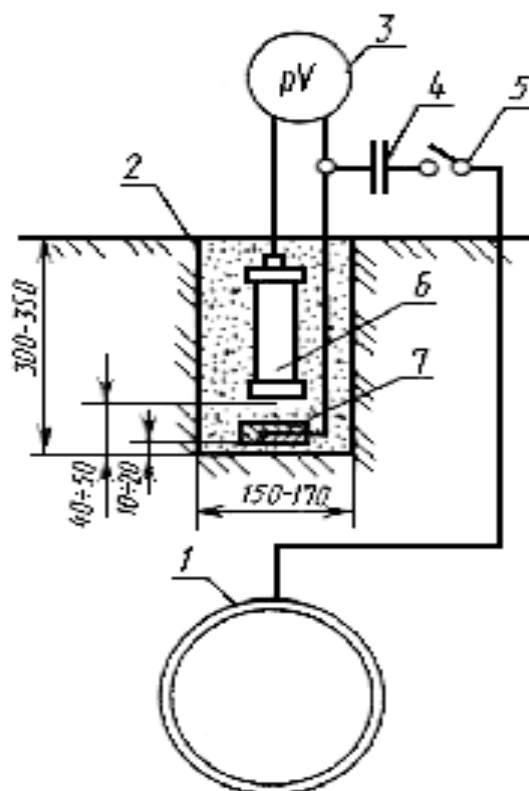


Рисунок 2.6 – Схема измерений смещения потенциала трубопровода:
 1 – стальной трубопровод; 2 – шурф; 3 – вольтметр; 4 – конденсатор; 5 – выключатель;
 6 – медносульфатный электрод сравнения; 7 – вспомогательный электрод

5. Проведение измерений

5.1. Измерения выполняют в следующей последовательности:

- через 10 мин. после установки ВЭ в грунт измеряют его стационарный потенциал относительно МЭС;
- подключают ВЭ к трубопроводу и через 10 мин. снимают первое показание вольтметра. Следующие показания снимают через каждые 5 с. Продолжительность измерения не менее 10 мин.

Среднее значение смещения потенциала ВЭ за период измерений вычисляют по формуле:

$$\Delta U_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} - U_c, \text{ мВ}, \quad (2.7)$$

где $\sum_{i=1}^n U_i$ – сумма мгновенных значений потенциала ВЭ при подключении

ВЭ к трубопроводу, мВ;

U_c – стационарный потенциал ВЭ, мВ;

n – общее число измерений.

2.7 Методики измерения поляризационных потенциалов подземных стальных трубопроводов и оболочек бронированных кабелей связи при электрохимической защите

1. Методика измерения поляризационных потенциалов подземных стальных трубопроводов

1.1. Поляризационный потенциал стальных трубопроводов измеряют на специально оборудованных контрольно-измерительных пунктах (КИП) двумя методами:

Метод 1 – при помощи стационарного медносульфатного электрода сравнения с датчиком электрохимического потенциала.

Метод 2 – при помощи переносного медносульфатного электрода сравнения и датчика электрохимического потенциала.

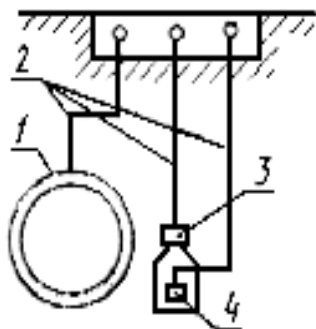


Рисунок 2.7 – Схема контрольно-измерительного пункта со стационарным электродом сравнения:
1 – трубопровод; 2 – контрольные проводники; 3 – медносульфатный электрод; 4 – датчик потенциала

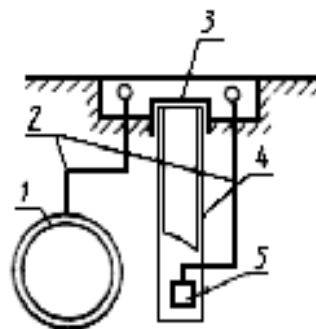


Рисунок 2.8 – Схема контрольно-измерительного пункта с применением переносного электрода сравнения:
1 – трубопровод;
2 – контрольные проводники;
3 – заглушка; 4 – труба для установки переносного электрода сравнения;
5 – датчик потенциала

1.2. Требования к образцам

Образцами для измерения являются участки подземных трубопроводов, расположенные в зоне действия средств электрохимзащиты.

1.3. Аппаратура и материалы

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы и пределы измерения 1-0-1, 3-0-3.

Прерыватель с запоминающей ёмкостью (типа ПТ-1).

Прерыватель тока обеспечивает попеременную коммутацию цепей «датчик-трубопровод» и «датчик-электрод сравнения». Продолжительность коммутации

цепи «датчик-электрод сравнения» должна быть в пределах 0,2-0,5 мс, продолжительность коммутации цепи «датчик-трубопровод» – в пределах 5-10 мс.

Вольтметр с прерывателем тока (типа 43313).

Стационарный медносульфатный электрод сравнения длительного действия с датчиком потенциала.

Переносной медносульфатный электрод сравнения.

Асбестоцементная труба для установки электрода сравнения диаметром 100-120 мм.

Датчик потенциала представляет собой стальную пластину размером 25x25 мм, изолированную с одной стороны и укрепленную этой стороной на электроде сравнения или на специальной трубе.

1.4. Подготовка измерений

1.4.1. Для проведения измерений по методу 1 стационарный электрод с датчиком потенциала устанавливают на КИП так, чтобы дно корпуса и датчик находились на уровне нижней образующей трубопровода и на расстоянии 50-100 мм от его боковой поверхности, при этом плоскость датчика должна быть перпендикулярна оси трубопровода. Если трубопровод проложен выше уровня промерзания грунтов, то электрод длительного действия устанавливают таким образом, чтобы дно корпуса электрода находилось на 100-150 мм ниже максимальной глубины промерзания грунтов. Перед проведением измерений собирают схему.

1.4.2. Для проведения измерений по методу 2 трубу и датчик устанавливают так, чтобы нижний торец трубы и датчик находились на уровне нижней образующей трубопровода и на расстоянии 50-100 мм от его боковой поверхности, при этом плоскость датчика должна быть перпендикулярна оси трубопровода. В трубу опускают укрепленный на специальной штанге электрод сравнения до соприкосновения с грунтом.

1.5. Проведение измерений

1.5.1. Измерение поляризационных потенциалов проводят при помощи прерывателя тока и вольтметра или измерительного прибора, содержащего прерыватель тока.

1.5.2. Измерение поляризационного потенциала при помощи прерывателя тока проводят следующим образом: к соответствующим клеммам прерывателя тока присоединяют контрольные проводники от трубопровода, датчика, электрода сравнения и вольтметр; включают прерыватель тока; через 10 мин. после включения прерывателя тока измеряют потенциал через каждые 5 с.

1.5.3. Измерение поляризационного потенциала при помощи вольтметра с прерывателем тока проводят следующим образом: к соответствующим клеммам

прибора присоединяют контрольные проводники от трубопровода, датчика и электрода сравнения; включают прибор; через 10 мин. после включения прибора измеряют потенциалы через каждые 5 с.

1.5.4. Продолжительность измерений поляризационных потенциалов устанавливается НТД.

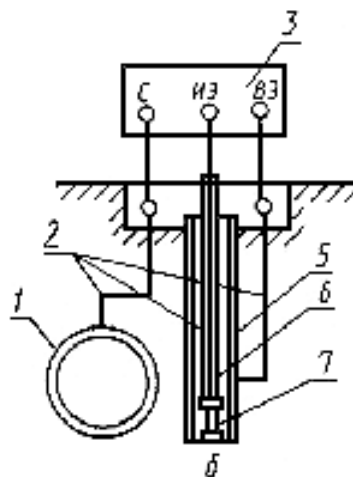
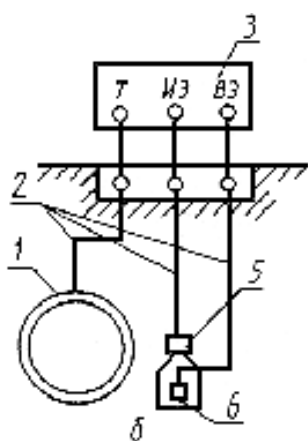
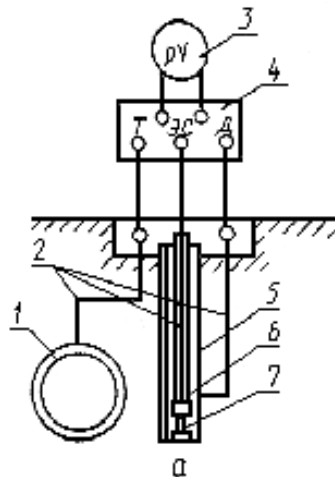
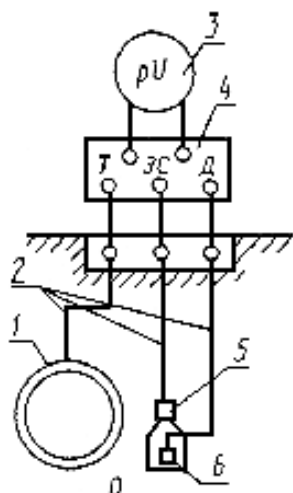


Рисунок 2.9 – Схема измерения поляризационного потенциала с использованием стационарного электрода сравнения:

1 – трубопровод; 2 – контрольные проводники; 3 – вольтметр; 4 – прерыватель тока; 5 – медно-сульфатный электрод сравнения; 6 – датчик потенциала

Рисунок 2.10 – Схема измерения поляризационного потенциала с использованием стационарного электрода сравнения:

1 – трубопровод; 2 – контрольные проводники; 3 – вольтметр; 4 – прерыватель тока; 5 – труба для установки электрода сравнения; 6 – стальная штанга; 7 – медно-сульфатный электрод сравнения

Среднее значение поляризационного потенциала $\varphi_{\text{ср}}$, В, вычисляют по формуле

$$\varphi_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}, \quad (2.8)$$

где $\sum_{i=1}^n \varphi_i$ – сумма мгновенных значений потенциалов за весь период измерений, В;

n – общее число измерений.

2. Измерение поляризационного потенциала оболочки бронированных кабелей связи (не имеющих перепайки между оболочкой и броней)

2.1. Сущность метода

Сущность метода заключается в измерениях разности потенциалов между оболочкой кабеля и землей и между броней кабеля и землей (при отсутствии перепайки между оболочкой и броней).

2.2. Требование к образцам

Образцами для измерения являются участки бронированных кабелей связи (не имеющих перепайки между оболочкой и броней) и расположенных в зоне действия электрохимической защиты.

2.3. Аппаратура

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы; не поляризующийся электрод сравнения.

2.4. Проведение измерений

2.4.1. Измерение разности потенциалов между оболочкой кабеля и землей и между броней кабеля и землей должно проводиться при включенной электрохимической защите.

2.4.2. Измерение стационарного потенциала брони проводится перед включением электрохимической защиты.

2.4.3. При защите от коррозии, вызываемой блуждающими токами, измерения разности потенциалов между оболочкой кабеля и землей и броней кабеля и землей должны проводиться синхронно.

Поляризационный потенциал металлической оболочки кабеля $U_{\text{об}}$ вычисляют по формуле

$$U_{\text{об}} = U_{\text{изм.об}} - U_{\text{изм.бр}} + U_{\text{ст.бр}}, \quad (2.9)$$

где $U_{\text{изм.об}}$ – измеренная разность потенциалов между оболочкой кабеля и землёй, В;

$U_{\text{изм.бр}}$ – измеренная разность потенциалов между броней кабеля и землёй, В;

$U_{\text{ст.бр}}$ – стационарный потенциал брони, В.

2.8 Методика определения средних значений потенциалов подземных сооружений по отношению к электроду сравнения

1. Сущность метода

Сущность метода заключается в определении средних за период измерений значений потенциалов подземных сооружений по отношению к неполяризуемому электроду сравнения для определения эффективности работы установок электрохимической защиты.

2. Требования к образцам

Образцами для измерений являются участки подземных сооружений, расположенные в зоне действия электрохимической защиты и оборудованные контрольно-измерительными пунктами, колодцами и т. д.

3. Аппаратура

Вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 20 кОм на 1 В шкалы, регистрирующий или показывающий.

Неполяризующиеся электроды сравнения (медносульфатные, свинцовые).

4. Проведение измерений

4.1. Измерения выполняются в контрольно-измерительных пунктах, колодцах, шурфах контактным методом с применением регистрирующих или показывающих приборов.

4.2. Продолжительность измерения определяется НТД.

5. Обработка результатов измерений

При определении защищенности подземных сооружений по разности потенциалов между сооружением и электродом сравнения подсчет средних значений потенциалов проводят по формуле:

$$U_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i, \text{ В}, \quad (2.10)$$

где U_i – мгновенные значения измеренной разности потенциалов;

n – общее число отсчётов.

2.9 Методика выявления преимущественного влияния источника блуждающих токов на подземное сооружение

1. Сущность метода

При наличии нескольких источников блуждающих токов (например, электрифицированная железная дорога постоянного тока, трамвай, метрополитен) необходимо установить конкретный источник блуждающих токов, оказывающий влияние на подземное сооружение.

Сущность метода состоит в построении взаимной зависимости потенциалов «сооружение-земля» и «рельс-земля» для каждого источника.

2. Аппаратура

- Двухкоординатный графопостроитель (например, типа Н-306).

3. Проведение измерения

На один вход графопостроителя подаётся напряжение «сооружение-земля», на второй вход – напряжение «рельс-земля» поочередно каждого источника блуждающих токов. Каждое измерение продолжается 10-15 мин. При этом никаких ограничений на работу источников не вводится.

Графопостроитель регистрирует взаимные зависимости для каждого источника.

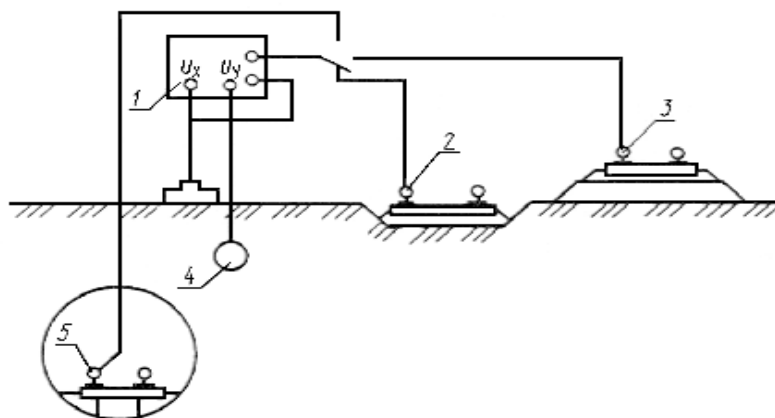


Рисунок 2.11 – Схема подключения двухкоординатного графопостроителя:

- 1 – графопостроитель; 2 – рельсы трамвая; 3 – рельсы железной дороги;
- 4 – подземное сооружение; 5 – рельсы метрополитена

4. Обработка результатов

Если при изменении многократно повторяются изменения напряжения, т. е. прослеживается на графике функциональная (не обязательно линейная) связь этих напряжений, делается вывод о наличии влияния этого источника. Если такой связи не прослеживается, а график представляет хаотическое изменение одной величины при изменении другой, то влияние отсутствует.

Двухкоординатные регистрограммы записей потенциалов и метрополитена (а) и трамвая (б).

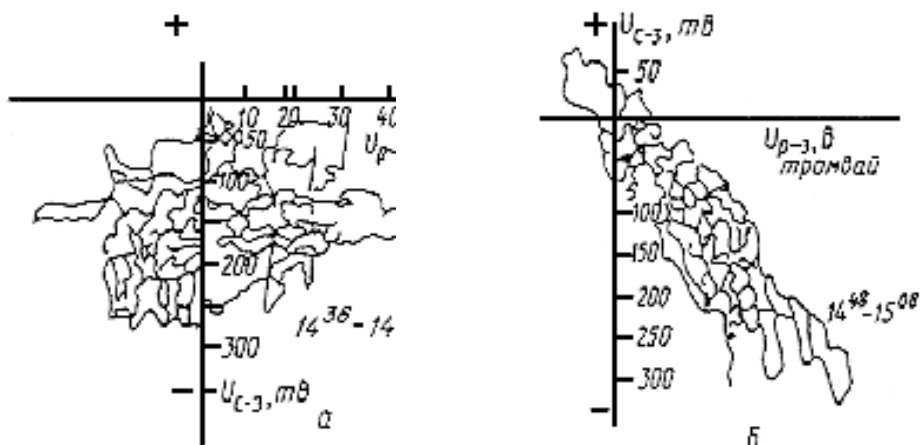


Рисунок 2.12 – Двух координатные регистрограммы записей потенциалов U_{c-3} и U_{p-3} метрополитена (а) и трамвая (б)

3. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ, ВЫДЕЛЕННЫХ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Задание 1. Дайте определение явлениям коррозии. Где и когда они проявляются? Какие материалы подвержены коррозионным процессам? По каким механизмам протекают коррозионные процессы? Общие характеристики и различия между ними.

Задание 2. Перечислите внешние факторы коррозии. Дайте объяснение. Перечислите внутренние факторы. Какие из них являются определяющими? Дайте определение понятию потенциалы на границе раздела разнородных фаз (металл-среда). Что такое стационарные и нестационарные потенциалы? Дайте объяснение понятию «ряд активности металлов».

Задание 3. Виды коррозионных повреждений. Как различаются повреждения при различных механизмах коррозионного процесса? Способы определения скорости коррозионных процессов. Массовые, объёмные показатели. Способы определения коррозионных потерь в трассовых условиях.

Задание 4. Назовите признаки электрохимического механизма коррозии. Как развиваются анодные и катодные процессы? Как они взаимосвязаны? Какие элементы среды называются деполяризаторами? Как развиваются процессы при наличии в коррозионной среде кислорода и водорода?

Задание 5. Перечислите способы защиты от коррозии. Что относится к активным способам защиты? Их особенности. Что относится к пассивным способам? Перечислите варианты активных методов защиты и приведите их особенности? Что является общим и какие различия между анодными, катодными и протекторными способами защиты?

Задание 6. Дайте определение понятию ингибиторной защиты. Средства и порядок её применения. Дайте определение понятиям аддитивности, антагонизма и синергизма при использовании ингибиторной защиты. Механизмы действия ингибиторов. Анодные, катодные, смешанного типа, разьясните разницу между этими ингибиторами. Какие вещества могут использоваться как ингибиторы?

Задание 7. Механизмы катодной защиты. Когда можно использовать вариант катодной защиты? Приведите схему и опишите назначение элементов схемы катодной защиты.

Задание 8. Механизмы анодной защиты. Возможность её применения, материалы, среды, температурные условия, предельные значения анодных потенциалов. Приведите схему и опишите элементы схемы анодной защиты.

Задание 9. Когда и при каких условиях возможен вариант протекторной защиты? Приведите схему и опишите элементы протекторной защиты.

Задание 10. Что такое блуждающие токи? Стандартные и нестандартные источники блуждающих токов. Их влияние на коррозионное поведение металлических объектов в почвенных условиях. Способы и схемы защиты от блуждающих токов.

Задание 11. Способы защиты от коррозии изоляционными покрытиями. Виды изоляционных покрытий, способы нанесения. Старение, дефектность и способы контроля изоляционных покрытий.

Вопросы к экзамену (зачёту) (для студентов очной и заочной формы обучения)

1. Дайте определение коррозии. Какие материалы способны корродировать?
2. От каких факторов зависит способность материалов корродировать?
Что такое водородная деполяризация? Кислородная деполяризация?
3. Перечислите способы защиты от коррозии. Где и как они применяются?
4. Перечислите характеристики коррозионного процесса, протекающего по химическому механизму? Когда возможна реализация коррозии по химическому механизму?
5. Перечислите характеристики коррозионного процесса, протекающего по электрохимическому механизму?
6. Какие факторы определяют скорость коррозии в почвенных условиях? В атмосферных? В водных средах? В электролитах?
7. Что такое ингибиторы коррозии, принципы действия ингибиторов, когда и как они применяются? Могут ли ингибиторы быть универсальным средством защиты от коррозии?
8. Объясните значение терминов «аддитивности», «синергизма», «антагонизма»? Как их можно применить при оценке действия ингибиторов
9. Где и когда применяют катодную защиту? Схема катодной защиты. Элементы системы катодной защиты?
10. Перечислите способы защиты от коррозии. Где и как они применяются?
11. Когда можно применять анодную защиту? Элементы системы анодной защиты?
12. Перечислите виды антикоррозионных покрытий. Где и как они применяются? Перечислите требования к покрытиям.
13. Как готовят поверхность металлических объектов к нанесению покрытий?
14. Что такое коррозионная усталость? Коррозионное растрескивание? Коррозия при трении? Кавитационная коррозия? Эрозия?
15. Что следует понимать под термином «стандартный электродный потенциал»? Перечислите виды стандартных электродных потенциалов.
16. Как измеряются электродные потенциалы объектов в почвенных электролитах?
17. Дайте определение пассивирующимся металлам? Как влияет состав сплава на коррозионную активность?
18. По каким механизмам развиваются коррозионные процессы?

19. Какой характер разрушения поверхности вам известен?
20. Как можно оценить скорость коррозии при равномерной и неравномерной коррозии?
21. Что следует понимать под поляризационными кривыми, какую информацию они нам дают?
22. Что такое водородная деполяризация? Кислородная деполяризация?
23. Что следует понимать под терминами «анодный процесс», «катодный процесс»?
24. Протекторная защита. Условия применения. Параметры протекторной защиты.
25. Где и когда применяют катодную защиту? Схема катодной защиты. Элементы системы катодной защиты?
26. Когда можно применять анодную защиту? Элементы системы анодной защиты?
27. Когда и как применяют дренажную защиту? Перечислите виды дренажной защиты
28. Что следует понимать под термином «стандартный электродный потенциал»? Перечислите виды стандартных электродных потенциалов.
29. Как измеряются электродные потенциалы объектов в почвенных электролитах?
30. От каких факторов зависит скорость коррозии? Перечислите внутренние и внешние факторы коррозии
31. Дайте определение пассивирующимся металлам?
32. Перечислите характеристики коррозионного процесса, протекающего по электрохимическому механизму?
33. Какие факторы определяют скорость коррозии в почвенных условиях? В атмосферных? В водных средах? В электролитах?
34. Перечислите способы борьбы с коррозией. От чего зависит выбор способов защиты?
35. Что следует понимать под термином «стандартный электродный потенциал»? Перечислите виды стандартных электродных потенциалов.
36. Что такое блуждающие токи? Стандартные и нестандартные источники блуждающих токов. Их влияние на коррозионное поведение металлических объектов в почвенных условиях.
37. Способы и схемы защиты от блуждающих токов.
38. Способы защиты от коррозии изоляционными покрытиями. Виды изоляционных покрытий, способы нанесения.

39. Старение, дефектность и способы контроля изоляционных покрытий.
40. Виды коррозионных повреждений. Как различаются повреждения при различных механизмах коррозионного процесса?
41. Способы определения скорости коррозионных процессов. Массовые, объёмные показатели. Способы определения коррозионных потерь в трассовых условиях.
42. Назовите признаки электрохимического механизма коррозии. Как развиваются анодные и катодные процессы? Как они взаимосвязаны?
43. Какие элементы среды называются деполяризаторами? Как развиваются процессы при наличии в коррозионной среде кислорода и водорода?
44. Перечислите способы защиты от коррозии. Что относится к активным способам защиты. Их особенности. Что относится к пассивным способам?
45. Перечислите варианты активных методов защиты и приведите их особенности? Что является общим и какие различия между анодными, катодными и протекторными способами защиты?
46. Дайте определение понятию ингибиторной защиты. Средства и порядок её применения. Дайте определение понятиям аддитивности, антагонизма и синергизма при использовании ингибиторной защиты.
47. Механизмы действия ингибиторов. Анодные, катодные, смешанного типа, разъясните разницу между этими ингибиторами. Какие вещества могут использоваться как ингибиторы?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплинский, Ю. А. Коррозионная повреждаемость подземных трубопроводов / Ю. А. Теплинский, Н. И. Мамаев. – СПб. : Инфо-да, 2006. – 406 с.
2. Агинец, Р. В. Противокоррозионная защита газонефтепроводов : учеб. пособие. Ч. 1 : Электрохимические методы защиты / Р. В. Агинец, А. С. Кузьбожев, Ю. В. Александров. – Ухта : УГТУ, 2009. – 235 с.
3. Александров, Ю. В. Коррозия газонефтепроводов. Электрохимические методы защиты / Ю. В. Александров. – СПб. : Недра, 2011. – 420 с.