**Российский Государственный Университет**

**нефти и газа имени И.М. Губкина**

Факультет проектирования, сооружения и эксплуатации

систем трубопроводного транспорта

Кафедра «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и хранилищ»

**Курсовая работа**

на тему: «Протекторная защита магистральных трубопроводов от коррозии»

Вариант 20

Выполнила: студентка группы ТС-04-5

 Шаповалова Т.С.

 Проверил: Орехов В.В.

**Москва**

**2007 г.**

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc184996753)

[Почвенная коррозия 3](#_Toc184996754)

[1. Условия применения и принцип действия протекторной защиты магистральных трубопроводов от коррозии 5](#_Toc184996755)

[2. Протекторные установки 7](#_Toc184996756)

[2.1. Металлы и сплавы, применяемые для изготовления протекторов 7](#_Toc184996757)

[2.1.1. Магниевые сплавы 8](#_Toc184996758)

[2.1.2. Алюминиевые сплавы 12](#_Toc184996759)

[2.1.3. Цинковые сплавы 13](#_Toc184996760)

[2.2. Заполнители 16](#_Toc184996761)

[2.3. Конструкция протекторов 16](#_Toc184996762)

[2.4. Устройство протекторной установки 19](#_Toc184996763)

[3. Монтаж протекторных установок 21](#_Toc184996764)

[4. Эксплуатация протекторных установок. Пусконаладочные работы на средствах и установках протекторной защиты 26](#_Toc184996765)

[5. Расчет протекторной защиты 27](#_Toc184996766)

[6. Контроль качества работ 30](#_Toc184996767)

[7. Мероприятия по охране окружающей среды 33](#_Toc184996768)

[Список литературы 36](#_Toc184996769)

# Введение

Одно из самых опасных разрушающих явлений для стального трубопровода является – коррозия, в некоторых зонах она может достигать 2-4 мм/год. В связи с этим строительство магистрального трубопровода обязательным образом включает в себя мероприятия по защите сооружения от коррозии, а именно – его изоляции. Изоляция трубопровода бывает пассивная (нанесение изоляционного покрытия на заводе или на трассе) и активная (электрохимическая защита). Причем пассивная изоляция действует с начала эксплуатации трубопровода, а активная включается через некоторое время в зависимости от агрессивности почвы.

В данной курсовой работе подробно рассмотрен один из способов электрохимической защиты трубопровода от почвенной коррозии, - протекторная защита.

# Почвенная коррозия

Под коррозией металлических трубопроводов понимается самопроизвольное разрушение их под действием различных факторов химического или электрохимического характера, определяемых окружающей трубопровод средой.

Химическая коррозия – самопроизвольное окисление металла под воздействием окружающей среды токонепроводящей среды. При этом продукты коррозии образуются непосредственно на участке поверхности металла, подвергающегося разрушению.

Электрохимическая коррозия – коррозия металлов в электолитах, сопровождающаяся образованием электрического тока. При этом взаимодействие металла с окружающей средой разделяется на анодный и катодный процессы, протекающие на различных участках поверхности раздела металла и электролита.

Почвенная коррозия относится к электрохимической коррозии, однако ей присущи особенности:

1) связь влаги с окружающей средой:

- физико-механическая связь (свободная вода в порах грунта);

- физико-химическая связь (влага адсорбированная на поверхности грунта или металла);

- химическая (гидратированная) влага, входящая в химическое соединение Fe∙nH2;

2) неоднородность структуры и состава грунта, как в микро-, так и в макромасштабах;

3) почти полное отсутствие перемешивания твердой фазы грунта (замедление процесса коррозии во времени);

4) неодинаковый доступ кислорода воздуха к поверхности металла.

**Основные причины возникновения коррозионных элементов на трубопроводе**

Условия возникновения коррозии являются:

- наличие разнородности грунтовых участков, имеющих различные потенциалы;

- наличие разнородных грунтовых участков;

- наличие средств проводящих электрический ток.

Причины возникновения коррозионных элементов на трубопроводе:

1) микронеоднородность состава металла (присутствие механических примесей в металле труб).

2) Наличие окалины на поверхности металла (микронеоднородность состояния поверхности металла).

3) Наличие продольных и поперечных сварных швов, являющихся наиболее опасными участками в трубопроводах.

4) Различные напряженные состояния поверхности металла (растянутые участки имеют менее отрицательный потенциал).

5) Различная глубина заложения трубопровода.

6) Чередование грунтов с различными физико-химическими свойствами.

7) Температура. С увеличением температуры происходит увеличение протекания анодных процессов, т.е. увеличивается скорость коррозии.

# 1. Условия применения и принцип действия протекторной защиты магистральных трубопроводов от коррозии

Протекторные установки предназначены:

- для защиты от почвенной коррозии участков большой протяженности, удаленных от источников электроснабжения, где нецелесообразно применение катодной защиты внешним током;

- на участках, защищенных СКЗ, - в местах неполной защиты, для обеспечения необходимого защитного потенциала;

- для защиты от почвенной коррозии патронок (кожухов) на переходах через железные и автомобильные дороги;

- на участках блуждающих токов – в качестве земляных микродренажей.

Протекторы также устанавливают на изолирующих фланцах для снятия анодных зон, на электрических перемычках при совместной защите подземных сооружений для устранения электрохимического взаимодействия между ними, для защиты металлических подземных емкостей и др.

Средний срок службы протектора – 5-10 лет.

Таким образом, положительные стороны данного способа ЭХЗ:

- эффективность;

- простота устройства;

- удобность эксплуатации;

- автономность.

Отрицательные стороны – снижение эффективности при значительном удельном сопротивлении грунта, окружающего протектор, и использование дефицитных материалов.

**Рис.1. Принципиальная схема протекторной установки:**

**1 – трубопровод; 2 – точка дренажа; 3 – изолированный соединительный провод;**

**4 – протектор; А – анод; К – катод.**

Протекторная защита трубопроводов основана на принципе работы гальванических пар. При защите подземных металлических объектов с помощью протекторных установок к трубопроводу подключают протектор (анодный электрод), имеющий более низкий электрохимический потенциал, чем потенциал металла трубы. Создаются условия, при которых трубопровод выступает в качестве катода, а электрод (протектор) в качестве анода, в результате добиваются прекращения коррозионного разрушения трубопровода за счет интенсивного разрушения протектора.

При устройстве протекторной защиты к стальному трубопроводу подключают металлический протектор. В результате этого образуется гальванический элемент «труба-протектор», в котором трубопровод является катодом, протектор – анодом, а почва – электролитом.

Таким образом, протекторная защита имеет те же основы, что и катодная защита. Разница заключается в том, что необходимый для защиты ток создается крупным гальваническим элементом, поэтому протекторную защиту иначе называют защитой гальваническими анодами. При этом положительный полюс находится на защищаемой поверхности, а отрицательный – на разрушаемом аноде, то есть в порядке, обратном порядку при катодной защите с наложенным током от внешнего источника.

# 2. Протекторные установки

## 2.1. Металлы и сплавы, применяемые для изготовления протекторов

 Требования, предъявляемые к материалу протектора:

- материал протектора должен иметь более отрицательный потенциал, чем потенциал трубопровода;

- на поверхности протектора не должны образовываться плотные окисные пленки (материал протектора должен иметь малую анодную поляризуемость);

- материал протектора должен иметь высокий КПД, т.к. происходит самокоррозия протектора;

- материал протектора должен иметь высокую удельную токоотдачу, то есть g → max [А∙час/кг];

- количество электроэнергии с единицы веса (токоотдача) должна быть максимальной при минимальной стоимости.

В качестве материалов протекторов используют алюминий, цинк и магний, а так же сплавы на их основе.

Таблица 1

**Физико-химические свойства металлов,**

**используемых в качестве протекторов**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Магний | Цинк | алюминий |
| Относительная молекулярная масса | 24,32 | 65,38 | 26,97 |
| Валентность | 2 | 2 | 3 |
| Электрохимическийэквивалент, кг/(А∙год) | 3,97 | 10,7 | 2,94 |
| Токоотдача, (А∙час)/кг | 2200 | 820 | 2980 |
| Равновесный электродный потенциал по нормальному водородному электроду, В | -2,34 | -0,76 | -1,67 |

### 2.1.1. Магниевые сплавы

Магний, относится ко второй группе периодической системы эле­ментов Д. И. Менделеева. Металлы этой группы характеризуются относительно высокой химической и электрохимической активно­стью. Интенсивность коррозии металлов этой группы во многом за­висит от растворимости их гидроокисей. Более умеренная по срав­нению с другими металлами коррозия магния в ряде случаев связана с плохой растворимостью окисных и гидроокисных пленок, обра­зующихся на его поверхности.

Технический и даже чистый магний хорошо растворяется в водных растворах кислот, бурно выделяя водород и значительное коли­чество тепла. Так как гидроокись магния не обладает амфотерными свойствами, то скорость коррозии этого металла в водных растворах щелочей не увеличивается, а уменьшается.

В воде магний корродирует медленно, причем скорость коррозии повышается с увеличением содержания в воде солей.

В нейтральных водных средах основным продуктом коррозии магния является гидроокись, в растворах же кислот образуются соли магния. Наиболее растворимыми солями магния (по степени убывания растворимости) являются хлорид, бромид, иодид, суль­фат, хромат и нитрат. К плохо растворимым соединениям этого ме­талла относятся сульфид, карбонат, фторид, борат, фосфаты, гидро­окись. Гидроокись магния осаждается из водного раствора при рН = 8—11 (в зависимости от концентрации ионов магния).

Потенциал магния в нейтральных водных электролитах и особенно в щелочных растворах оказывается более положительным, чем в ки­слотных растворах, т. е. растворение в кислых средах окисной пленки приводит к сдвигу электродного потенциала магния в область более отрицательных значений. Образование нерастворимых продуктов коррозии на металле частично или полностью тормозит анодную реакцию и этим смещает электродный потенциал магния в область более положительных значений.

Следовательно, поляризационные характеристики магниевого электрода в значительной мере зависят от состава окружающей среды. В случае, когда к металлу поступают анионы хлора (С1-) или анионы серной кислоты (SO42-), образующие растворимые магниевые соли, анодная поляризация магниевого электрода оказывается небольшой. Ионы же, образующие на поверхности магниевого электрода нерас­творимые соединения, способствуют более сильной анодной поляри­зации. В природных условиях такие анионы, как фтор (F-) и фосфор­ной кислоты (РО43-), встречаются в небольших количествах.

Окисные и гидроокисные пленки, образующиеся на магниевом электроде, при наличии воды или влажного воздуха оказываются легко проницаемыми для ионов хлора и сульфат-ионов. По этой при­чине магниевые электроды не подвергаются сильной поляризации.

Продукты коррозии, образующиеся на протекторах, обогащаются анионами, находящимися в окружающей среде, поэтому вокруг про­текторов создается токопроводящий слой, т. е. своеобразный акти­ватор. Иногда такой слой оказывается более эффективным, чем ис­кусственно созданный.

Стационарный потенциал магния примерно на один вольт оказы­вается положительнее его нормального потенциала. В нейтральных или слабощелочных электролитах сдвиг потенциала магниевого электрода в область более положительных значений зависит от на­личия на его поверхности сплошной пленки, способствующей замед­лению анодной реакции. Поэтому потенциал магниевого анода в вод­ных электролитах зависит прежде всего от солевого состава и в мень­шей степени от концентрации собственных ионов, которые и опре­деляют стационарный потенциал магниевого электрода. Вещества, способствующие снятию окисной пленки или увеличивающие ее про­ницаемость, как правило, облегчают течение анодной реакции и сдви­гают потенциал в область более отрицательных значений. Наоборот, вещества, создающие защитную пленку, тормозят анодную реакцию и сдвигают потенциал магниевого электрода в область более поло­жительных значений. Первый случай наблюдается при наличии в среде ионов хлора Cl- и серной кислоты SO42-, способных легко про­никать через пленку; второй случай — в щелочных средах или в при­сутствии ионов, образующих нерастворимые соединения магния.

При подключении магниевого и других протекторов к защи­щаемой конструкции их потенциал меняется. При прочих равных условиях скорость растворения магниевых электродов пропорцио­нальна плотности анодного тока. Чем больше отдача электрической энергии, приходящаяся на единицу веса протектора, тем интенсив­нее его растворение. С увеличением плотности тока в растворах, со­держащих гидроксильные, карбонатные, фторидные, боратные или фосфатные ионы в значительных количествах, потенциал магниевого анода быстро понижается.

Высокая поляризация магниевых и других протекторов наблю­дается в сухих почвах.

Таким образом, поведение магниевых протекторов во многом зависит от состава и концентрации в окружающей среде ионов различных солей, а также от кислотности и щелочности среды, т. е. от концентрации водородных ионов и влажности почвы.

Несмотря на отмеченные положительные свойства магния как материала для протекторов, чистый магний все же не рекомендуется применять для изготовления протекторов из-за значительной самокоррозии этого металла.

Магниевые сплавы с добавками цинка имеют меньшую скорость самокоррозии. Введение в сплав алюминия позволяет также сместить потенциал протектора в область более отрицательных значений.

Наличие в протекторе примесей, особенно таких, как никель, железо и медь, имеющих сравнительно небольшое перенапряжение водорода, обычно способствует увеличению самокоррозии. Поэтому количество таких примесей должно быть минимальным.

Например, при исключении из магниевого сплава примесей железа КПД магниевого протектора может быть увеличен на 20%. Однако получение такого сплава связано с технологическими трудностями. Марганец при определенных условиях может являться полезной примесью, так как он способствует уменьшению вредного влияния железа, содержащегося в сплаве протектора.

Литейные сплавы магния с цинком и алюминием, такие как МЛ-3 — МЛ-6, могут быть использованы для изготовления протекто­ров. Однако более лучшими сплавами являются МЛ-4 и МЛ-5. Протек­торы из них имеют значительный отрицательный электродный по­тенциал, небольшую поляризуемость, способность растворяться с образованием рыхлых продуктов коррозии, что и определяет высо­кую эффективность работы этих протекторов.

Магниевые протекторы МГА (ВНИИСТа) из сплава МЛ-5 широко применяют при защите магистральных трубопроводов и других кон­струкций от почвенной коррозии.

В магниевом сплаве сумма загрязнений должна быть не больше 0,6 *%*, в том числе железа не больше 0,15 *%.* Стальной сердечник, уста­навливаемый в кокиль, должен иметь чистую поверхность, без следов окалины и коррозии.

К сплаву должно плотно прилегать не менее 80% поверхности сердечника. Это можно определять визуально при рассмотрении шлифов.

Поверхность протектора также должна быть чистой. В отливках не допускается трещин и флюсовых включений.

В случае длительного хранения протекторы подвергаются кон­сервации.

Сернокислый магний и сернокислый натрий образуют легко растворимые соединения с продуктами растворения протектора, чем обеспечивают постоянство его потенциала и уменьшают сопротивле­ние растеканию протектора.

Сернокислый магний и сернокислый натрий представляют собой соли, растворимые в воде. Сернокислый кальций — мелкокристал­лический порошок (либо строительный гипс или алебастр), в отличие от указанных двух солей, имеет значительно меньшую раствори­мость в воде, благодаря чему в заполнителе поддерживается по­стоянная концентрация сульфат-ионов.

### 2.1.2. Алюминиевые сплавы

Алюминий относится к третьей группе периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Известно, что его электрохимический потенциал в нейтральных и кислых электролитах небольшой, в щелоч­ных же растворах, наоборот, значительный. На алюминиевом электроде не устанавливается потенциал, близкий к значению равновес­ного, определяемого из термодинамических данных. Объясняется это тем, что алюминий в водных электролитах покрывается окисной пленкой. В щелочных средах защитные окисные пленки на алюминиевом электроде не образуются вследствие их растворения, поэтому алюминий в этих условиях находится в активном состоянии.

Сравнительно небольшой молекулярный вес алюминия, а также его высокая валентность приводят к тому, что он оказывается спо­собным отдать значительное количество электроэнергии на единицу его веса. Однако образование плотных окисных пленок па поверх­ности алюминиевого протектора с последующей поляризацией и сме­щением его потенциала примерно до потенциала незаполяризованной стальной конструкции пока не позволило применить протекторы из чистого алюминия. Поэтому были исследованы двойные сплавы на основе алюминия с добавкой цинка и тройные сплавы на основе алюминия с добавкой цинка и магния.

Алюминиевый сплав с добавками цинка даже в нейтральных электролитах имеет потенциал, смещенный в область более отрица­тельных значений. В щелочных средах потенциал такого сплава из­меняется на небольшую величину.

Исследования показали, что такие сплавы имеют ряд преиму­ществ. Так, например, испытания сплавов алюминия с 1 и 6,5% цинка показали, что в глинистой почве сплав алюминия с 6,5% цинка дает лучшие результаты по сравнению с первым сплавом. На еди­ницу количества электрической энергии этого сплава требуется меньше по сравнению с другими сплавами и металлами. Сплав алю­миния с цинком в глинистой среде имеет достаточно высокий отри­цательный потенциал. Алюминиевые протекторы в среде из смеси песка, хлористого натрия и извести в первое время работы показы­вают высокую эффективность.

Преимуществом протекторов на основе алюминия с добавкой маг­ния по сравнению с протекторами из чистого алюминия является то, что на их поверхности образуются менее устойчивые продукты корро­зии. Добавка магния в сплав алюминия с цинком повышает силу тока и увеличивает абсолютное значение отрицательного потенци­ала. Однако поляризация указанных сплавов также значительна.

Изучали возможность получения алюминиевых сплавов, обла­дающих эффектом депассивации и поэтому не требующих активато­ров. В качестве депассиватора использовали кальций. В морской воде алюминиево-кальциевый сплав, содержащий до 4% кальция, быстро пассивируется. Лучшим по силе тока и стабильности потен­циала является сплав, содержащий 7,4% кальция.

### 2.1.3. Цинковые сплавы

Цинк относится ко второй группе периодической системы элемен­тов Д. И. Менделеева, это металл, который характеризуется повы­шенной химической и электрохимической активностью. Его раство­рение в водных растворах зависит от их солевого состава, содержания в них кислорода и от температуры. В чистой воде скорость растворе­ния изменяется в зависимости от температуры.

Растворенный кислород оказывает существенное влияние на растворение цинка в воде. Установлено, что при наличии в воде кислорода в количествах, недостаточных до полного насыщения, растворение цинка протекает неравномерно, с образованием язв. Углекислый газ действует как слабый реагент; аналогичное влияние оказывает сернистый ангидрид. Из этого следует, что состав воды оказывает значительное влияние на скорость растворения цинка.

Прокатный цинк высокой чистоты растворяется в жесткой аэри­руемой воде значительно сильнее, чем в аэрируемой дистиллирован­ной воде. Продукты растворения цинка, образующиеся в электро­лите в присутствии углекислого газа, состоят из основного карбо­ната цинка, причем механизм образования основного карбоната вклю­чает две стадии. Первоначально получается окись или гидроокись цинка, которая затем взаимодействует с углекислым газом. Про­дукты коррозии цинковых протекторов, работающих в сульфатных растворах, состоят из основных сульфатов.

Применение гипса (сульфата кальция) в качестве активатора цинковых протекторов приводит к образованию растворимых про­дуктов, которые облегчают протекание тока. Без гипса образуются твердые пленки, обладающие высоким электрическим сопротивлением.

Кроме основных карбонатов, продукты растворения техниче­ского цинка содержат еще некоторые примеси таких металлов, как свинец и кадмий.

Местные гальванические элементы, возникающие в присутствии этих примесей, оказывают, очевидно, незначительное влияние на скорость растворения цинка в воде, так как в этой среде влияние со­става металла невелико.

Протекторы из цинка различной чистоты ведут себя по-разному и имеют разные КПД. Протекторы из чистого цинка имеют доста­точно высокий КПД; они работают продолжительное время при силе тока, близкой к первоначальной. Очевидно, примеси в опре­деленных условиях оказывают влияние на процесс растворения и на физические свойства продуктов растворения.

Растворение цинка находится в большой зависимости от изменения электрического сопротивления и рН почвы.

КПД цинковых протекторов около 90%. Многие примеси в цинке имеют более положительный потенциал, поэтому они явля­ются катодами по отношению к нему. Накопление на поверх­ности цинкового протектора примесей приводит к смещению электрод­ного потенциала в область более положительных значений. Кроме того, некоторые примеси, особенно железо, уменьшают силу тока. Находящиеся в электролите анионы, особенно фосфаты и карбонаты, вызывают поляризацию цинка.

Карбонаты, видимо, являются причиной уменьшения актив­ности цинковых протекторов. Можно полагать, что наличие гипса препятствует эффекту, вызываемому карбонатами.

Установлено, что продукты коррозии цинковых протекторов в большинстве случаев состоят из карбоната цинка. Это относится к протекторам, работающим в активаторе из глины и из смеси глины с гипсом.

В гипсовом активаторе продукты коррозии цинка имеют более пористую структуру, чем в активаторе, не содержащем гипс.

Добавки алюминия и марганца несколько улучшают свойства цинковых протекторов. Протекторы из сплава цинка и 5% алюминия имеют более отрицательный потенциал и больший выход по току, чем протекторы из цинка.

На поверхности протекторов, изготовленных из этого сплава, образуются более рыхлые продукты коррозии, которые оказывают небольшое сопротивление стеканию тока с протекторов.

Однако некоторые исследователи полагают, что добавки алюми­ния уменьшают КПД цинковых протекторов в результате увеличе­ния самокоррозии.

Из менее чистых сортов для протекторов может быть использован цинк марки Ц-0.

## 2.2. Заполнители

Повышение эффективности действия протекторной установки достигается погружением его в специальную смесь солей, называемую активатором (он же – заполнитель). Непосредственная установка протектора в грунт менее эффективна, чем в активатор.

Назначение активатора следующее:

- снижение собственной коррозии;

- уменьшение анодной поляризуемости;

- снижение сопротивления растеканию тока с протектора;

- устранение причин, способствующих образованию плотных слоев продуктов коррозии на поверхности протектора.

При использовании активатора обеспечивается стабильный во времени ток в цепи «труба-протектор» и более высокое значение КПД (срока службы протектора).

Активатор готовится путем смешения сухих солей и глины с водой до вязкой консистенции по рецептам.

На один протектор необходимо готовить 65-70 кг активатора.

Таблица 2

**Заполнители и электродные потенциалы протекторов**

**из различных материалов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материал протектора | Состав заполнителя | Электродный потенциал,В |
| Ингредиенты | % |
| Магний | MgSO4CaSO4Глина | 252550 | -1,7 |
| Алюминий | Ca(OH)2NaClГлина | 252550 | -1,47 |
| цинк | Na2SO4CaSO4Глина | 252550 | -1,2 |

## 2.3. Конструкция протекторов

Магниевый протектор МГА (ВНИИСТа) представляет собой монолитный цилиндр, в центре которого по продольной оси заплавлен сталной сердечник в виде стержня. Через этот стержень осуществляется электрический контакт протектора с проводником, подключаемым к защищаемому трубопроводу.

Для лучшей изоляции внешней части вывода стального сердечника в протекторе имеется воронка. Изоляция вывода необходима для исключения возможности образования гальванопары сердечник – сплав протектора.

Протекторы могут быть с выводами сердечника в обоих торцах. Такая конструкция позволяет осуществлять их монтаж в случае применения нескольких протекторов в виде гирлянд с вертикальной или горизонтальной установкой.

В зависимости от размеров протекторы разделяют на несколько марок, приведенных в таблице 3.

Таблица 3

**Магниевые протекторы МГА**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Стальной сердечник |
| Марка | Диаметр, мм | Высота, мм |  |  |  |  |
| протектора |   |  | Вес, кг  | форма | диаметр | выводыс торца |
| МГА-1 | 110 | 600 | 10,36 | Спиральная | 3 | одного |
| МГА-2 | 110 | 600 | 10,36 | То же | 3 | Обоих |
| МГА-3 | 85 | 500 | 5,20 | » | 3-4 | Одного |
| МГА-4 | 85 | 500 | 5,20 | »  | 3-4 | Обоих |
| МГА-5 | 110 | 600 | 10,36 | Стержня | 4—5 | Одного |
| МГА-6 | 110 | 600 | 10,36 | То же | 4-5 | Обоих |
| МГА-7 | 85 | 500 | 5,20 | » | 3-4 | Одного |
| МГА-8 | 85 | 500 | 5,20 | » | 3-4 | Обоих |

Магниевые протекторы (электроды) типа ПМ (таблица 4) представляют собой удлиненный блок D-образного сечения. В верхнем торце протектора имеется воронка с выводом стального сердечника, служащего для подключения соединительного проводника к протектору. Место соединения проводника с протектором изолируется битумной мастикой путем заливки ее в воронку протектора. Потенциал «протектор-грунт» для этих сплавов (при разомкнутой цепи «протектор – труба») практически равен -1,6 В по медно-сульфатному электроду сравнения.

Таблица 4

**Техническая характеристика электродов ПМ**

**и комплектных протекторов ПМ-У**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатели | Тип электрода | Тип комплектных протекторов |
| ПМ-5 | МП-10 | ПМ-20 | ПМ5У | ПМ10У | ПМ20У |
| Размеры, ммвысотав планедиаметр | 50075х100- | 600100х130- | 610155х175- | 580-165 | 700-200 | 710-270 |
| Масса,кг | 5 | 20 | 20 | 16 | 30 | 60 |

Прутковые (ленточные) магниевые протекторы применяют при защите магистральных трубопроводов от коррозии в грунтах с удельным электрическим сопротивлением грунта (ρгр) до 300 Ом∙м. Их изготавливают из Mg-95, содержащего 99,95% этого металла.

При изготовлении магниевые прутки наматывают на кабельные барабаны. Строительная длина прутка – 1км.

В середине прутка запрессован стержень из стальной оцинкованной проволоки, используемой для армирования и обеспечения контакта (таблица 5).

**Рис. 2. Конструкция пруткового магниевого протектора**

Таблица 5

**Типы и размеры магниевых прутковых протекторов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип протектора  | Вид сечения | Площадь, м2 | Размеры, мм | Масса 1м протектора, кг |
| а | б | в |
| ПМП 20х10 |  аb | 200 | 20 | 10 | - | 0.35 |
| ПМП 30х15 | 450 | 30 | 15 | - | 0.78 |
| ПМП 20 |  d | 310 | - | - | 20 | 0.70 |
| ПМП 30 | 700 | - | - | 30 | 1.30 |
| ПМП 40 | 1250 | - | - | 40 | 2.70 |

## 2.4. Устройство протекторной установки

Основными элементами протекторных установок являются протектор, активатор и проводник, предназначенный для подключения протектора к трубопроводу. Для измерения электрических параметров контрольных протекторных установок предусматриваются контрольно-измерительные пункты.

Защиту трубопроводов от почвенной коррозии можно осуществлять одиночными протекторами или группами протекторов, в соответствии с этим существует две схемы устройства протекторной установки (рис.3 и рис.4).

**Рис. 3. Одиночная протекторная установка.**

1- трубопровод; 2-точка дренажа; 3-изолированный провод; 4- протектор; 5-заполнитель;

6-насыпной грунт; h**-**глубина промерзания грунта, 0,3 м.

**Рис. 4. Групповая протекторная установка.**

1-трубопровод; 2-протектор; 3- соединительные кабеля; 4- кабель подключения трубопровода;

5-контрольно измерительный пункт; 6- перемычка, 7- точка дренажа.

Если состояние изоляционного покрытия трубопровода хорошее, применяют одиночные протекторные установки (ОПУ), которые располагают на расстоянии 3÷7 м от трубопровода. Глубина установки от поверхности земли до верха протектора должны быть не менее 2м и ниже промерзания грунта на 0,2м.

ОПУ устанавливают без измерительной колонки. Для отыскания протектора на трассе ставят опознавательный знак.

Групповые протекторные установки (ГПУ) применяют при защите участков трубопроводов с плохой изоляцией или неизолированных патронов на переходах трубопроводов через шоссейные и железные дороги для увеличения срока службы. Число протекторов в группе зависит от состояния изоляционного покрытия, диаметра трубопровода, удельного сопротивления грунта. ГПУ размещают на расстоянии 10-12м от оси трубопровода. Расстояние между протекторами в группе – 15м. Рекомендуется ГПУ располагать через 500-1000 м.

ГПУ имеют контрольно-измерительные колонки, в которые выводят изолированные провода и дренажный провод от трубопровода наличие в измерительной колонке перемычек позволяет соединять протекторы между собой и трубопроводом, а при необходимости контроля – подключать контрольно-измерительные приборы.

Протекторы располагают по одну сторону от защищаемого трубопровода. Если защищают две параллельные нитки труб, протекторы устанавливаются с внешней стороны каждого трубопровода.

Протекторы могут устанавливаться вертикально в пробуренные скважины или горизонтально в общей траншее. Соединительный провод протектора присоединяют к трубопроводу термитной сваркой, а затем изолируют и засыпают.

# 3. Монтаж протекторных установок

Сооружение протекторной защиты рекомендуется производить из протекторов, упакованных с порошкообразным активатором, состоящих из активатора и гальванического анода с проводником, подключенным к стальному стержню.

Подготовительные работы при сооружении протекторной защиты включают в себя:

- ознакомление с проектом и условиями участка трассы;

- разметку участка, предназначенного для установки протекторов;

- доставку на место проведения работ инструментов, материалов и оборудования;

- уточнение места расположения трубопровода, кабельной линии связи и других сооружений, расположенных в непосредственной близости от участка установки протекторов;

- выбор места участка складирования материалов, инструмента и оборудования.

В процессе монтажа протекторных установок ведут журнал, в который вносят данные:

- порядковый номер и дату монтажа установки;

- привязку места установки протектора к трассе;

- марку протектора и вид установки;

- глубину заложения защищаемого трубопровода и протектора;

- удельное электрическое сопротивление грунта;

- уровень грунтовых вод на время установки протекторов;

- фактическое расстояние между протекторами для групповой установки, расстояние между протекторами и защищаемым трубопроводом;

- зону действия и ток протекторной установки;

- исполнительную схему протекторной установки.

Оборудование, изделия и материалы, применяемые при монтаже установки должны соответствовать спецификации проекта, государственным стандартам или техническим условиям и иметь соответствующие сертификаты, технические паспорта, удовлетворяющие качество оборудования, изделий и материалов.

Монтаж установки преимущественно выполняют с помощью механизированных методов с применением укрупненных узлов. При этом должны быть предусмотрены:

- высокая степень готовности монтажных конструкций и узлов, которые собирают и изготовляют в монтажно-заготовительных мастерских, исключая доводочные операции при монтаже и установке этих конструкций и узлов в проектное положение;

- применение при монтаже механизированного инструмента, специальных приспособлений, машин, механизмов;

- рациональное совмещение строительных и монтажных работ;

Работы по сооружению протекторных установок осуществляют в две стадии. В первой стадии выполняют следующие работы:

- разметку трасс, подготовку строительной площадки;

- разработку грунта под монтаж оборудования;

- прокладку подземных кабелей;

- монтаж катодных и контрольных электрических выводов от трубопровода;

- доставку или закладку в сооружаемые фундаменты несущих опорных конструкций, подставок, рам для монтажа оборудования.

Работы первой стадии ведут одновременно с основными строительными работами на линейной части магистральных трубопроводов. Во второй стадии осуществляют работы по установке оборудования, подключению к нему электрических кабелей, проводов и индивидуальное опробование электрических коммуникаций и установленного оборудования. Работы во второй стадии выполняют, как правило, после окончания основных видов строительных работ и одновременно с работами специализированных организаций, осуществляющих пуск и опробование установок по совмещенному графику.

Части установок, которые размещены под землей, засыпают только после того, как они освидетельствованы, получено письменное согласование на их засыпку от представителей заказчика и оформлен акт на открытые работы. Разметку мест установки протекторной защиты (если они не указаны в проекте) осуществляют заказчик и проектная организация при участии организации, монтирующей протекторные установки в сроки, согласованные заинтересованными сторонами.

При сооружении протекторной установки следует соблюдать требования к монтажу отдельных видов оборудования электрозащиты, установленные в технической документации заводов-изготовителей оборудования, в технических условиях и других нормативных документах, утвержденных в установленном порядке.

Упакованные протекторы следует доставлять к месту проведения работ в заводской упаковке в крытых машинах.

Хранить протекторы, монтажные узлы, детали, метизы, инструмент, приспособления и материалы на участке производства работ следует в одном месте, обеспечив защиту от атмосферных осадков.

Разгрузку протекторов и их установку в проектное положение необходимо выполнять подъемно-транспортным механизмом.

Разработку грунта под устройства протекторной защиты и засыпку их по завершении монтажа оборудования следует осуществлять землеройной техникой.

Протекторы должны быть установлены в траншею или в скважины, размеры и расположение которых должны соответствовать техническому проекту и рабочим чертежам.

Перед установкой упакованные протекторы необходимо освободить от бумажных мешков.

При горизонтальной установке протекторов должны быть выполнены следующие строительно-монтажные работы:

- укладка протекторов в траншею;

- укладка в траншею магистрального кабеля;

- соединение проводников протектора с магистральным кабелем;

- подключение соединительного кабеля к трубопроводу;

- изоляция мест соединений проводников протекторов с магистральным кабелем и магистрального кабеля с трубопроводом;

- установка контрольно-измерительного пункта в подсоединение к нему кабелей;

- заливка кабелей битумной мастикой;

- заливка протекторов водой из расчета 0,05 м3 на каждый протектор.

При вертикальной установке протекторов необходимо выполнить следующие строительно-монтажные работы:

- разработать траншею для укладки кабелей;

- пробурить скважины под установку протекторов;

- установить протекторы в скважинах с центровкой и фиксацией их грунтом;

- уложить в траншеи магистральный кабель;

- подсоединить проводники от протекторов к магистральному кабелю;

- подключить магистральный кабель к трубопроводу;

- изолировать места соединений;

- проверить качество изоляции мест соединений искровым дефектоскопом напряжением 20 кВ;

- установить контрольно-измерительный пункт с подсоединением к нему кабеля;

- залить кабели битумной мастикой;

- залить полностью скважины жидким глинистым раствором.

Диаметр скважины должен обеспечивать свободное опускание в нее протектора и послойное трамбование грунта при засыпке.

До установки контрольно-измерительного пункта на его подземную часть необходимо нанести антикоррозионное покрытие, а надземную часть окрасить в соответствии с проектом.

При строительстве и монтаже контрольно-измерительных пунктов должны быть выполнены работы в такой последовательности:

- отрыть котлован для установки пункта;

- отрыть крышку пункта;

- протянуть кабели или провода в полость стойки пункта, предусмотрев их резерв длиной 0,4 м;

- установить неполяризующийся медно-сульфатный электрод длительного действия;

- присоединить измерительный контрольный кабель (провода) к защищаемому трубопроводу;

- установить стойку в котлован вертикально;

- выполнить подсоединения кабелей или проводов к клеммам клеммной панели;

- выполнить маркировку кабелей (проводов) и клемм, соответствующую схеме соединений;

- нанести на верхнюю часть стойки масляной краской порядковый номер пункта по трассе трубопровода;

- закрепить грунт вокруг пункта в радиусе 1 м смесью песка со щебнем фракцией до 30 мм.

# 4. Эксплуатация протекторных установок. Пусконаладочные работы на средствах и установках протекторной защиты

Пуск, опробование и наладку средств и установок электрохимической защиты проводят с целью проверки работоспособности как отдельных средств и установок ЭХЗ, так и системы электрохимической защиты, ввода ее в действие и установления режима, предусмотренного проектом для обеспечения электрохимической защиты участка подземного трубопровода от внешней коррозии, в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

Пуск и опробование упакованных протекторных установок локального действия (одиночных и групповых) следует выполнять в приведенной последовательности:

- проверить по актам на скрытые работы соответствие выполненных работ проектным решениям;

- проверить правильность маркировки проводов в контрольно-измерительном пункте. С этой целью провода от трубопровода и протекторной установки разъединяют и высокоомном вольтметром измеряют потенциалы проводов относительно неполяризующегося медно-сульфатного электрода сравнения, установленного на грунт над трубопроводом возле контрольно-измерительного пункта. Потенциал провода от протекторной установки должен иметь более отрицательное значение, чем потенциал провода от трубопровода;

- измерить естественную разность потенциалов “труба-земля" при отключенных протекторной установке и соседних установках катодной защиты.

- подключить протекторную установку к трубопроводу и измерить разность потенциалов “труба-земля" в точке дренажа. При подключении протекторной установки должно наблюдаться смещение разности потенциалов "труба-земля" в отрицательную сторону;

- измерить разность потенциалов "труба-земля" в точке дренажа спустя не менее 24 ч после подключения протекторной установки;

- выключить протекторную установку локального действия для проведения пуска и опробования системы электрохимической защиты участка трубопровода.

# 5. Расчет протекторной защиты

Исходные данные

Диаметр трубопровода – 1020 мм;

тип протектора – ПМ-5У;

высота протектора – 580 мм;

диаметр протектора – 165 мм;

переходное сопротивление изоляционного покрытия – 1000 Ом∙м2;

удельное сопротивление грунта, окружающего протектор – 20 Ом∙м;

глубина установки протектора – 2,0 м;

число протекторов в группе – 5 штук;

удельное сопротивление активатора – 0,2 Ом∙м;

коэффициент, учитывающий взаимодействие экранирования протекторов – 0,525;

коэффициент использования протекторов – 0,95;

теоретический электрохимический эквивалент материала протектора – 3,95 кг/А∙год;

потенциал протектора до подключения его к трубопроводу *Еп* = -1,6 В;

минимальный защитный потенциал *Езащ.min* = -0,85 В;

естественный потенциал трубопровода до включения защиты

*Еест* = -0,55 В.

**Рис.5. Принципиальная схема протекторной защиты:**

1 - трубопровод; 2 - контрольно-измерительная колонна; 3 - соединительные провода;

4 - протектор; 5 - активатор

Расчет

**1) Сопротивление растеканию тока с протекторной установки**

,

где  - удельное сопротивление грунта, окружающего протектор;

  - удельное сопротивление активатора;

 - высота столба активатора, окружающего протектор;

N – число протекторов в группе;

h – глубина установки протектора (от поверхности земли до середины протектора);

 - коэффициент, учитывающий взаимное экранирование вертикальных протекторов в группе;

 - диаметр столба активатора, окружающего протектор:

 - диаметр протектора.

Тогда

.

**2) Протяженность защитной зоны протекторной установки:**

,

Где (Ом/м ) – сопротивление изоляции трубопровода на единицу длины.

Тогда

.

**3) Сила протекторной установки:**

.

**4) Анодная плотность тока:**

.

**5) Срок службы протекторной установки:**

,

где  - вес протекторной установки;

 - теоретический электрохимический эквивалент материала протектора;

 - коэффициент использования протектора;

 - КПД протектора, зависящий от анодной плотности тока (таблица 6).

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ja, (мА/дм2) | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 |
|  | 0,51 | 0,54 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,582 | 0,592 | 0,600 |

Тогда

.

# 6. Контроль качества работ

Сдача системы протекторной защиты заказчику допускается только после окончания опробования всех средств защиты. К работам по сдаче системы протекторной защиты комиссия приступает не позднее чем через 3 рабочих дня после окончания опробования системы на данном участке.

Эксплуатация оборудования на объекте, не принятом приемочной комиссией, не допускается.

После включения объекта под напряжение и бесперебойной работы его в течение 24 часов председатель приемочной комиссии обязан оформить акт сдачи-приемки объекта заказчику.

Система протекторной защиты данного участка может быть принята заказчиком при соблюдении следующих условий:

1) минимальная разность потенциалов трубопровод – земля на протяжении всего участка должна быть не ниже проектной величиы.

2) исключено вредное влияние на другие сооружения.

Сдачу системы ЭХЗ оформляют актом о приемке системы ЭХЗ участка трубопровода.

**Инструментальный контроль при сооружении ЭХЗ**

Значения контролируемых параметров ЭХЗ зависят от фактического состояния изоляционного покрытия трубопровода и окружающих условий (гидрогеологических, климатических и др.). Допустимые погрешности измерений контролируемых параметров ЭХЗ не должны превышать суммарных погрешностей измерений пассивной защиты.

Характеристика контролируемых параметров ЭХЗ магистральных трубопроводов приведена в таблице 7.

Таблица 7

**Контролируемые параметры ЭХЗ трубопроводов**

|  |  |
| --- | --- |
| Контролируемыйпараметр | Пределы измерения |
| минимальный | максимальный |
| Сила тока в цепи труба-земля для изолированного трубопровода, А | 0,5∙10-3 | 20 |
| Разность потенциалов труба-земля, В | 0,5 | 10 |
| Удельное электросопротивление грунта, Ом∙мм2/м | 0,1 | 100∙103 |

**Техническая оснащенность контроля.**

Рассмотрим кратко технические характеристики основных средств измерений и контроля параметров, используемых для контроля качества ЭХЗ.

Прибор КАГ-2 предназначен для определения коррозионной активности грунтов по отношению к углеродистой стали в зависимости от плотности поляризующего тока. Все операции (определение времени пропускания поляризующего тока через образец, извещение оператора звуковой и световой сигнализацией о насыщении грунта током, фиксация результатов разности потенциалов в момент разрыва поляризующей цепи ”электронной памятью”) осуществляются автоматически.

Комплекс “Луч-1” предназначен для бесконтактного измерения и регистрации относительных изменений удельного сопротивления грунтов. Этот прибор применяют при комплексном обследовании подземных магистральных газопроводов для обнаружения участков грунтов с резким изменением удельного сопротивления, что весьма важно при оценке вероятности возникновения коррозионных макропар на подземных участках газопровода.

Прибор ИПВК-1 – высокоомный измеритель защитных потенциалов предназначен для измерения разности потенциалов “труба - земля” на подземных магистральных трубопроводах. Прибор позволяет проводить и другие электрометрические работы на магистральных трубопроводах, расположенных в различных климатических и почвенных условиях, включая грунты с высоким удельным электрическим сопротивлением. Рассчитан на работу в лабораторных и полевых условиях.

Интегратор блуждающих токов ИТБ-1 – разработан на основе последних достижений молекулярной электроники, предназначен для определения средних значений потенциалов при электрохимических коррозионных измерениях, позволяющих прогнозировать и оценивать состояние магистральных трубопроводов в зависимости от коррозионных повреждений, а также для контроля работы средств ЭХЗ. Принцип действия интеграторов блуждающих токов основан на раздельном интегрировании положительных и отрицательных составляющих тока. Интегратор состоит из корпуса, на котором смонтирована электрическая схема, и двух ртутно-капиллярных кулометров. Интегратор блуждающих токов отличается от приборов электромеханического типа многофункциональностью, малыми габаритами и массой, долговременной памятью, надежностью, простотой конструкции и малой стоимостью.

# 7. Мероприятия по охране окружающей среды

Сооружение установок протекторной защиты трубопроводов от коррозии следует осуществлять в соответствии с ВСН 015-88 “Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Охрана окружающей среды".

Под окружающей средой понимается вся совокупность природных элементов в полосе строительства и прилегающих к ней территорий.

Природоохранные мероприятия должны проводиться в соответствии со специфическими особенностями окружающей среды, характерными для природоохранительной зоны, в пределах которой осуществляется сооружение объектов протекторной защиты.

Природоохранительные мероприятия и рекультивация земель после завершения сооружения протекторной защиты должны носить комплексный характер, или должно обеспечиваться не только сохранение отдельных природных элементов (рельефа, почв, воды, воздуха, растительного и животного мира), но и ландшафтов в целом.

Объем необходимых природоохранительных мероприятий снижается путем сооружения протекторной защиты как единого целостного процесса со строительством трубопровода. Поточность работ позволяет избежать проведения консервационных природоохранительных мероприятий во время перерывов между различными видами работ и в значительной мере ограничить их рекультивационными мероприятиями.

Для уменьшения неблагоприятных воздействий на окружающую среду при сооружении протекторной защиты во всех природоохранительных зонах необходимо всемерно сокращать площади участков строительства, ограничивая их минимальными технологически необходимыми размерами.

При проведении работ по сооружению протекторной защиты следует избегать загрязнений окружающей среды горюче-смазочными, изоляционными материалами, строительными отходами, для чего необходимо на стадии проектирования протекторной защиты предусмотреть способы переработки или захоронения отходов.

На всех этапах сооружения протекторной защиты следует предусмотреть мероприятия, нейтрализующие или предотвращающие неблагоприятные рельефообразующие процессы, возникающие или активизирующиеся вследствие строительства объектов протекторной защиты.

На всех этапах строительства протекторной защиты следует избегать нарушения естественной дренажной сети, восстанавливать ее в близком к существовавшему до начала строительства виде в ходе рекультивационных работ.

При сооружении объектов протекторной защиты необходимо обеспечить соблюдение правил противопожарной безопасности, особенно при работах в пределах лесной зоны и зоны многолетнемерзлых пород в месяцы с положительными среднесуточными температурами воздуха.

#

# Список литературы

1. *Дизенко Е.И., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И., Юфин В.А.* Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. М., изд. «НЕДРА», 1978г.

2. *Ментюков И.В.* Электрохимическая защита магистральных трубопроводов от коррозии. М., ГАНГ, 1996г.

3. *Васильев Г.Г., Орехов В.В., Ментюков И.В.* Противокоррозионная защита трубопроводов. Учебное пособие. М., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001г.

4. *Котик В.Г.* Катодная защита магистральных трубопроводов. М., изд. «НЕДРА», 1964г.

5. *Васильев Г.Г., Орехов В.В., Лежнев М.А.* Сооружение и ремонт магистральных трубопроводов. Учебное пособие для проведения практических занятий. М., РГУ нефти и газа им И.М. Губкина, 2004 г.

6. ВСН 009-98 «Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Средства и установки электрохимзащиты».