

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры ТГС
16 ноября 2007 г.

Методические указания к практическим занятиям по курсу:

«ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ГАЗОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ»

Часть 1

**Профессия: МОНТЕР ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ОТ КОРРОЗИИ**

Ростов - на- Дону
2008

УДК 622.692.4:620.197.5

Методические указания к практическим занятиям по курсу «Противокоррозионная защита газопроводных систем». Ч.1. МОНТЕР ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2008. – 32 с.

Изложены требования к профессии и перечень работ, выполняемых монтером по защите подземных трубопроводов от коррозии исходя из положений ЕТКС. Приведен регламент обслуживания и ремонта электрохимической защиты трубопроводов с учетом современных нормативных требований к защите от коррозии газопроводных систем.

Предназначены для студентов специальности 2907 (специализация проектирование и эксплуатация систем газоснабжения).

Составитель: доцент

Г.Г. Винокурцев

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Иванов

Редактор Т.М. Климчук

Темплан 2008 г., поз. 232

Подписано в печать 04.04.08. Формат 60x84/16

Бумага писчая. Ризограф. Уч.-изд. л. 3,0 Тираж 100 экз. Заказ 565

Редакционно-издательский центр

Ростовского государственного строительного университета

344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2008

КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОНТЕР ПО ЗАЩИТЕ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Профессия - монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии.

Квалификация – 4- 6-й разряд.

Должен знать:

- Основы коррозии и защиты подземных трубопроводов
- Методы оценки коррозионной опасности по отношению к стальным подземным трубопроводам по ГОСТ 9.602-2005 и ГОСТ Р 51164-98
- Требования к изоляционным покрытиям (ИП) трубопроводов
- Требования к технологической системе электрохимической защиты трубопроводов: ТС-ЭХЗ – катодная, дренажная, протекторная
- Требования к средствам контроля коррозии (СКК) трубопроводов (КИП с датчиками потенциала, коррозии и наводораживания)
- Регламент и периодичность технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) средств ЭХЗ,
- Конструкцию, принцип действия оборудования станций катодной и дренажной защиты (СКЗ, СДЗ) и коррозионно - измерительных приборов
- Методы определения омической и поляризационной составляющих защитного потенциала и методику электрометрических измерений на трубопроводах с оценкой эффективности средств ЭХЗ (УКЗ, УДЗ, УПЗ, ИФС)
- Методы оценки защищенности по протяженности и защищенности по времени на участках трубопроводов и сетей сооружений промплощадок
- Приварку катодных выводов ЭХЗ к трубопроводу и изоляцию мест контактных устройств

Характеристика выполняемых работ:

- Порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту средств ЭХЗ трубопровода
- Определение удельного сопротивления грунта в полевых условиях
- Определение мест повреждений изоляции приборным методом
- Оценка состояния изоляции трубопроводов методом катодной поляризации на строящихся и действующих трубопроводах
- Оценка времени работы (простоя) установок катодной защиты и системы ЭХЗ в целом
- Определение технологических параметров ЭХЗ (сила тока, зона защиты) и эффективности устройств электрохимической защиты
- Оформление производственно - эксплуатационной документации по ЭХЗ (паспорта, журналы, схемы, потенциальные диаграммы и др.).

Работы по обслуживанию и ремонту средств ЭХЗ выполняют монтеры по защите подземных трубопроводов от коррозии (ПТК), которые должны иметь третью группу допуска в электроустановках до 1000 В.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА РАБОЧИХ

При выполнении работ необходимо руководствоваться Правилами технической эксплуатации, Правилами безопасности и должностными производственными инструкциями (по видам работ и профессиям).

Рабочее место монтера ПТК представляет часть рабочей зоны, оснащенной необходимыми материально-техническими средствами труда, где постоянно и периодически находятся рабочие при выполнении технологических операций.

Монтеры ПТК осуществляют контроль за техническим содержанием средств электрохимической защиты (ЭХЗ), проводят текущий ремонт (ТР) устройств ЭХЗ, выполняют электрометрические измерения (ЭИ) на трассе газопровода и объектах, контролируют состояние изоляционных покрытий и коррозионное состояние подземных металлических сооружений в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Контроль за работой технологического оборудования ЭХЗ проводится периодическим обслуживанием и ремонтом, а оценка надежности газопроводных систем осуществляется с помощью электрометрических измерений. Основными измерениями, выполняемыми монтером ПТК при техническом обслуживании и ремонте средств ЭХЗ, являются измерения, проводимые в процессе строительно – монтажных работ (СМР), пуско - наладочных работ (ПНР) и при длительной эксплуатации газопроводных систем.

Задачей эксплуатационных организаций является обеспечение защищенности по времени по длине сооружений с определением участков неустойчивых в коррозионном отношении.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА МОНТЕРА ПТК ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

К работе по обслуживанию и ремонту устройств ЭХЗ допускаются лица не моложе 18 лет, предварительно прошедшие медицинский осмотр, обучение безопасным методам и приемам труда предусматривающих: вводный инструктаж; первичный инструктаж на рабочем месте; производственное (теоретическое и практическое) обучение безопасным методам и приемам труда под руководством преподавателя (мастера); проверку знаний. Работы по обслуживанию и ремонту устройств ЭХЗ могут выполнять монтеры ПТК, сдавшие экзамен на знание Межотраслевых правил по охране труда, правил безопасности при эксплуатации электроустановок в объеме должностной инструкции и имеющие 3 группу по электробезопасности в электроустановках до 1000 В, допущенные к самостоятельной работе.

К опасным и вредным производственным факторам при выполнении работ по защите газопроводов от коррозии относятся: опасность поражения электрическим током; повышенная (пониженная) температура воздуха; недостаточная освещенность; движущиеся машины и механизмы; опасность падения с высоты; опасность удушья при работах в шурфах и замкнутых пространствах; опасность получения ожогов при выполнении термитной приварки, падение деревьев при прорубке лесополос. Для проведения работ выдаются средства индивидуальной защиты и спецодежда согласно "Типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи спецодежды, обуви и других средств индивидуальной защиты".

Требования пожарной безопасности и взрывобезопасности: пожарная безопасность устройств ЭХЗ должна обеспечиваться исправным техническим состоянием оборудования, укомплектованностью средств пожаротушения, соблюдением правил пожарной безопасности. Загорания в электроустановках устраняют при

помощи углекислотных огнетушителей, запрещается применять пенные огнетушители и воду для тушения электрооборудования, кабелей, находящихся под напряжением; разлившуюся горючую жидкость тушат песком, пенным огнетушителем, кошмой; производить во взрывоопасных помещениях профилактический осмотр и ремонт электрооборудования можно только при отсутствии загазованности среды в помещении.

Устройства ЭХЗ должны отвечать требованиям безопасности: установка катодной защиты (УКЗ) должна оборудоваться заземляющим контуром в соответствии с требованием ПУЭ; сопротивление защитного заземления не должно превышать 4 Ом; при эксплуатации установок ЭХЗ должны проводиться периодические наблюдения за состоянием защитных заземлений путем вскрытия и осмотра заземляющих устройств, измерение сопротивления защитного заземления необходимо производить не реже одного раза в год. Персоналу, снимающему показания приборов (операторы ГРС), запрещается производить работы в шкафах установок, устройства катодной защиты должны иметь ограждения, предупредительные плакаты и закрываться на замок.

В соответствии с ГОСТ Р 51164-98 в состав УКЗ входит источник электропитания (ЛЭП-ТП) и устройство ЭХЗ (СКЗ) с элементами и средствами контроля коррозии (СКК) на участках трубопроводов.

Контроль за работой технологического оборудования ЭХЗ проводится с помощью специальных электрометрических измерений, а оценка надежности трубопроводных систем осуществляется с помощью коррозионных измерений.

Основными измерениями, выполняемыми монтером ПТК при техническом обслуживании (ТО) и ремонте (ТР) средств ЭХЗ, являются измерения, проводимые в процессе строительно - монтажных работ (СМР) – контроль качества изоляции методом катодной поляризации, пуско - наладочных работ (ПНР) - определение тока и зоны защиты установок катодной защиты и при длительной эксплуатации газопроводных систем – электрометрическая диагностика газопроводов и сетей сооружений промплощадок.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Электрический ток – это упорядоченное движение электрически заряженных частиц. За единицу количества электричества принимают заряд электрона (е). Количество электричества измеряют в кулонах (Кл). Один Кл равен $6,25 \cdot 10^{18}$ е.

Для количественной оценки тока служит понятие силы тока. За единицу силы тока принят ампер (А). А – это такая сила тока, при которой через поперечное сечение проводника за каждую секунду проходит 1 Кл.

Электрический ток бывает постоянным, т.е. не меняющимся во времени как по величине, так и по направлению, или переменным – меняющимся во времени как по величине, так и по направлению.

Свойства вещества проводить электрический ток называется электрической проводимостью. В зависимости от проводимости вещества делятся на проводники, диэлектрики (изолирующие материалы) и полупроводники.

Из данных о строении вещества известно, что электроны, расположенные на внешней оболочке атомов металла слабо связаны с их ядрами и поэтому перемещаются между атомами, создавая электронное облако. Эти электроны называют свободными. Однако, если в электрическое поле внести металлический проводник, то свободные электроны под действием сил поля начнут перемещаться, создавая электрический ток. Таким образом, электрический ток в проводниках – это результат направленного (упорядоченного) движения электронов.

В электрической цепи электроны движутся от отрицательного полюса источника энергии к положительному, т.е. от минуса («-») к плюсу («+»). Однако, до

объяснения электрических явлений с точки зрения электронной теории полагали, что ток создается перемещением положительно заряженных частиц, т.е., что он протекает от положительного полюса источника к отрицательному. Чтобы не менять исторически принятого положения приняли, что ток проходит от плюса к минусу. В проводнике свободные электроны при движении сталкиваются с атомами и ионами вещества, из которого выполнен проводник, и передают им часть своей энергии, при этом энергия частично рассеивается в виде тепла, нагревающего проводник. Ввиду того, что электроны, сталкиваясь с частицами вещества, преодолевают некоторое сопротивление движению, принято говорить, что проводники обладают омическим сопротивлением. Это сопротивление выражается в Ом. Сопротивлением в 1 Ом обладает проводник, по которому проходит ток в 1 А при разности потенциалов на его концах (напряжении), равном 1 В. Величина обратная сопротивлению называется проводимостью (сименс). Удельное электрическое сопротивление проводника зависит от материала, длины и площади поперечного сечения.

ОСНОВЫ КОРРОЗИИ

Существуют различные виды связи атомов друг с другом, в результате которых образуются молекулы и физические тела. Например, металлическая связь – это связь, при которой из совокупности ионов металла и электронов образуется кристаллическая решетка, в узлах решетки находятся ион-атомы, т.е. атомы металла, валентные электроны которой принадлежат не только данному атому, но и остальным ион-атомам металла. Физические тела, возникшие в результате этой связи – металлы, особенность которых проявляется в высокой электропроводности. К физическим свойствам металлов относят цвет, плотность, плавкость, электропроводность, теплопроводность, теплоемкость и магнитные свойства. Химические свойства металлов определяют окисляемость, коррозионную стойкость. Металлы легко вступают во взаимодействие с неметаллами, отдавая при этом валентные электроны, которые непрочны связаны с ядром. Эти свойства лежат в основе электрической проводимости. Растворенные в воде соли, кислоты и основания могут электролитически диссоциировать, т.е. часть молекул вещества расщеплять на ионы с противоположным знаком, но с одинаковыми общими электрическими зарядами. Образующиеся в процессе диссоциации ионы являются частями одной и той же молекулы, например, ионы водорода H^+ и гидроксила OH^- – это части молекулы воды H_2O . Коррозией называется разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. По виду коррозионной среды различают: газовую – при высоких температурах (жидкий металл при горячей прокатке); атмосферную – например, ржавление кровли; подземную – коррозия металла в почве (трубопроводы).

ПОЧВЕННАЯ КОРРОЗИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Коррозия металлов в электролитах протекает по электрохимическому механизму. Особенностью коррозии является разделение взаимодействия металла со средой на два локальных процесса: анодный — переход металла в раствор с последующим образованием малорастворимых продуктов коррозии; катодный — присоединение освободившихся электронов каким-либо деполяризатором электролита грунта. Коррозионное разрушение металла проявляется преимущественно на анодных (более электроотрицательных) участках. Средой, контактирующей с подземными металлическими сооружениями, является почва или грунт, которые представляют собой гетерогенный электролит. Почвенная коррозия — электрохимическое разрушение подземных сооружений, вызванное действием окружающей

среды (почв, грунтов, грунтовых вод). Коррозионные разрушения стальных трубопроводов при почвенной коррозии на участках повреждения изоляции носят местный характер (пятна, каверны, язвы). Так как большинство почв и грунтов имеют нейтральную реакцию, то процесс коррозии подземных металлических сооружений протекает с кислородной деполяризацией. Скорость коррозии металла в почве зависит от воздухопроницаемости, электропроводности, наличия растворенных солей, влажности, pH, температуры среды. Однозначной зависимости коррозионной активности грунта от отдельных факторов не наблюдается. Величина удельного сопротивления грунта зависит от его влажности. С увеличением влажности удельное сопротивление грунта снижается, что облегчает протекание коррозионных процессов. Однако при очень высокой влажности воздухопроницаемость уменьшается, что тормозит коррозионный процесс. Коррозионное разрушение стали в почве является следствием работы макро- и микрокоррозионных пар. Причиной возникновения макрокоррозионных элементов являются структурная неоднородность почвы, неравномерная аэрация отдельных участков подземных металлических сооружений (рис.1).

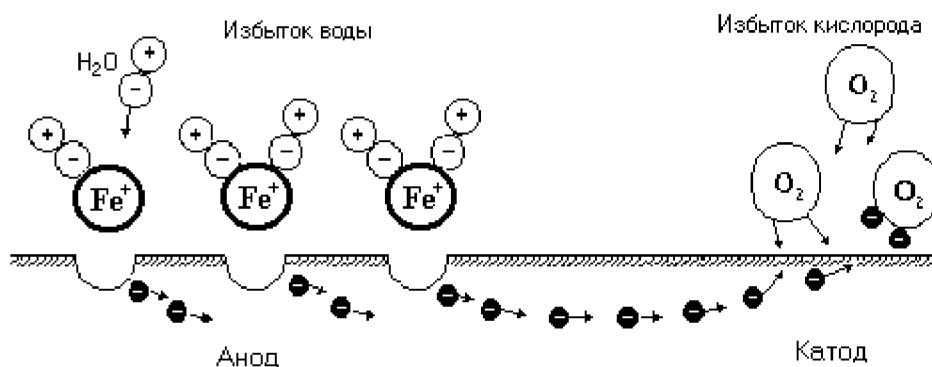


Рис.1. Образование гальванической пары на поверхности трубопровода

Для подземных сооружений удельное сопротивление грунтов является обобщающим показателем их коррозионной активности по отношению к стали. Стальной трубопровод в местах повреждения изоляции обладает стационарным (естественным) потенциалом по отношению к земле. При этом потенциал ток, идущий на растворение металла на анодных участках, полностью компенсируется током, идущим на восстановление кислорода на катодных участках. Величина естественного потенциала стали в среднем составляет минус 0,55 В по МСЭ. В зависимости от состояния изоляционных покрытий, состава и влажности грунтов эта величина может колебаться на $\pm 0,2$ В (от минус 0,3 В в сухих песках до минус 0,75 В во влажных солончаках).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Обеспечить коррозионную устойчивость подземного трубопровода можно изоляцией поверхности металла от почвы (**пассивная защита**) и поддержанием устойчивого энергетического состояния металла трубы катодной поляризацией (**активная защита**). В отличие от подземных распределительных и городских газовых сетей (по ГОСТ 9.602–2005) защита магистральных газопроводов (МГ) должна осуществляться независимо от величины удельного сопротивления грунта (по ГОСТ Р 51164–98).

ЗАЩИТА ИЗОЛЯЦИОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

В процессе строительства на трубопроводы наносят изоляционные покрытия (ИП), как правило, на битумной или полимерной основе. Покрытия должны быть технологичными и обладать изначально высокими защитными свойствами (переходными сопротивлениями). В связи с этим к покрытиям трубопроводов предъявляются жесткие требования. Они должны иметь большое сопротивление изоляции, хорошую адгезию (прилипаемость) к металлу трубы, обладать небольшим водопоглощением, противостоять проникновению хлоридов, сульфатов и других ионов, ускоряющих коррозию стали, обладать высокой механической прочностью, биологической и химической стойкостью, не менять защитных свойств при отрицательных температурах в зимнее время и высоких температурах в летний период. Материалы и компоненты, входящие в состав покрытия, должны быть недефицитными, а само покрытие недорогим и долговечным.

По области применения различают два метода определения сопротивления ИП – лабораторный и трассовый. Лабораторный метод используют при определении качества изоляционного материала в конструкции покрытия, нанесенного на стальную поверхность. Это сопротивление измеряют между металлом и трехпроцентным водным раствором поваренной соли при температуре 20 °С и называют переходным сопротивлением.

При трассовых методах измерения, используемых по окончании строительства, требования к качеству изоляции устанавливают в зависимости от материала покрытия (в пределах $3 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$). Снижение сопротивления изоляции относительно нормативного уровня свидетельствует о расширении оголенности подземного трубопровода, приводящей к повышению вероятности коррозионных повреждений и дополнительному расходу электроэнергии на электрохимическую защиту.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

Принцип электрохимической защиты заключается в создании избытка электронов на подземном металлическом сооружении. Считается, что при достижении минимального защитного потенциала с помощью электрозащитных устройств техническая скорость коррозии не превышает 0,01 мм/год, при этом допустимой скоростью коррозии, определяющей нормативный срок службы трубопровода, является 0,1 мм/год. **Опасными повреждениями считают коррозию глубиной более 30 % от толщины стенки трубы.**

Защита трубопроводов от коррозии может быть осуществлена при помощи технологической системы (ТС-ЭХЗ): катодной, протекторной, дренажной. **Катодная защита** – это защита внешним током. **Установка катодной защиты** – электротехническое сооружение. При катодной защите к трубопроводу подключают отрицательный полюс (катод) источника постоянного тока (станции катодной защиты – СКЗ). Положительный полюс источника тока подключают к удаленному от трубопровода на 50 – 400 м анодному заземлению (АЗ), на который функционально переносится коррозионный (анодный) процесс разрушения трубопровода. **Протекторная защита** – это защита с помощью магниевых протекторов, которые, являясь анодом, разрушаются с освобождением электронов. Протекторы могут использоваться в качестве временной защиты при задержке ввода газопровода на срок более 3 месяцев для МГ, резервирования УКЗ при нестабильной поляризации на участках повышенной коррозионной опасности (ВКО и ПКО), токоотводов на изолирующих фланцевых соединениях (ИФС) и защитных заземлений оборудования КС, ГРС. **Электродренажная защита** – это организованный отвод блуждающих токов обратно в рельс с электрифицированной железной дороги, трам-

вая, метро с помощью установок дренажной защиты (УДЗ). **Совместная** защита – это защита нескольких трубопроводов одной УКЗ с применением блоков совместной защиты (БДР).

Защищенность подземных металлических сооружений от коррозии оценивается по косвенному критерию –разности потенциала труба-земля (U_3), измеренной относительно земли с помощью неполяризующегося медно-сульфатного электрода сравнения (МСЭ). По величине поляризационного потенциала U_n (потенциала без омической составляющей $\Delta U_{ом}$) судят о степени защищенности трубопроводов от коррозии.

Стандартный метод измерений поляризационных потенциалов U_n (по ГОСТ 9.602–2005) может быть применен только на стационарных СКИП, оборудованных датчиками электрохимического потенциала, которые имитируют модель стали в сквозном дефекте изоляции. При этих измерениях используют специальный прибор, высокоомный мультиметр 43313.1.

Структура защитного потенциала:

$$U_3 = U_e + \Delta U_n + \Delta U_{ом}$$

где,

U_3 – защитный потенциал, В

U_e – естественный потенциал, В

ΔU_n – смещение поляризационного потенциала, В

U_n – поляризационный потенциал ($U_e + \Delta U_n$) = U_n , В

$\Delta U_{ом}$ – омическая составляющая, В

Омическая составляющая ($\Delta U_{ом}$), обусловленная протеканием тока в грунте и порах ИП, по сути не определяет эффективность ЭХЗ. По величине U_3 производится оценка (расчет) длины защитных зон УКЗ – защищенность участков газопроводов по протяженности. Установлено, что величина омической составляющей ($\Delta U_{ом}$) в общем смещении защитного потенциала зависит от удельного сопротивления грунта (ρ_r) и места приложения нагрузки (табл. 1):

$\Delta U_{омн} = (0,60 \pm 0,15) \Delta U_3$ (в начале зоны защиты)

$\Delta U_{омк} = (0,30 \pm 0,10) \Delta U_3$ (в конце зоны защиты)

- в конце защитной зоны:

А) в низкоомных грунтах (ρ_r до 20 Ом·м, знак минус) $\Delta U_{омк} = 0,20 \Delta U_3$;

Б) в высокоомных грунтах (ρ_r более 100 Ом·м, знак плюс) $\Delta U_{омк} = 0,45 \Delta U_3$;

- в начале защитной зоны (ТД):

В) в низкоомных грунтах (ρ_r до 20 Ом·м) в точке дренажа: $\Delta U_{омн} = 0,45 \Delta U_3$

Г) в высокоомных грунтах (ρ_r более 100 Ом·м) в точке дренажа: $\Delta U_{омн} = 0,75$

ΔU_3

Величина U_e зависит от удельного сопротивления грунта ρ_r и может изменяться по трассе от минус 0,35 В (в высокоомных грунтах) до минус 0,75 В (в низкоомных грунтах). Величина минимального защитного потенциала U_n – минус 0,85 В по МСЭ; максимальный поляризационный потенциал – минус 1,15 В по МСЭ.

Таблица 1

Критерии защищенности газопроводов

Тип грунта	Естественный потенциал, U_e , В по МСЭ	Омическая составляющая $\Delta U_{ом} / \Delta U_z$		Защитный потенциал $U_z = (U_{п} + \Delta U_{ом})$	
		точка дренажа	конец зоны защиты	точка дренажа	конец зоны защиты
Низкоомные $\rho < 20 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	0,5÷0,75	0,45	0,20	1,6	0,90
Песчано-глинистые $\rho < 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	0,4÷0,5	0,60	0,30	2,0	0,90
Высокоомные $\rho > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$	0,3÷0,4	0,75	0,40	3,5	0,90

Пример расчета защитных потенциалов в различных условиях эксплуатации приведен в таблицах 2,3.

Таблица 2

Для низкоомных грунтов (например, $\rho=10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $U_e=0,60 \text{ В}$ по МСЭ)

	В конце зоны защиты	В начале зоны защиты (ТД)
	$\Delta U_z = (\Delta U_{п} + \Delta U_{ом}) = (U_{п} - U_e) + \Delta U_{ом}$	
1	$\Delta U_z = (0,85 - 0,60) + \Delta U_{ом} = 0,25 + 0,20$ ΔU_z $\Delta U_z - 0,20 \quad \Delta U_z = 0,25$ $0,8 \quad \Delta U_z = 0,25$ $\Delta U_z = 0,25 / 0,8 = 0,3$	$\Delta U_z = (1,15 - 0,60) + \Delta U_{ом} = 0,55 + 0,45$ ΔU_z $\Delta U_z - 0,45 \quad \Delta U_z = 0,55$ $0,55 \quad \Delta U_z = 0,55$ $\Delta U_z = 0,55 / 0,55 = 1$
2	$U_z = U_e + \Delta U_z = 0,60 + 0,3 = 0,90 \text{ В}$	$U_z = U_e + \Delta U_z = 0,60 + 1 = 1,60 \text{ В}$

Таблица 3

Для высокоомных грунтов (например, $\rho=100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $U_e=0,40 \text{ В}$ по МСЭ)

	В конце зоны защиты	В начале зоны защиты (ТД)
	$\Delta U_z = (\Delta U_{п} + \Delta U_{ом}) = (U_{п} - U_e) + \Delta U_{ом}$	
1	$\Delta U_z = (0,85 - 0,40) + \Delta U_{ом} = 0,45 + 0,40$ ΔU_z $\Delta U_z - 0,40 \quad \Delta U_z = 0,45$ $0,6 \quad \Delta U_z = 0,45$ $\Delta U_z = 0,45 / 0,6 = 0,75$	$\Delta U_z = (1,15 - 0,40) + \Delta U_{ом} = 0,75 + 0,75$ ΔU_z $\Delta U_z - 0,75 \quad \Delta U_z = 0,75$ $0,25 \quad \Delta U_z = 0,55$ $\Delta U_z = 0,75 / 0,25 = 3$
2	$U_z = U_e + \Delta U_z = 0,40 + 0,75 = 1,15 \text{ В}$	$U_z = U_e + \Delta U_z = 0,40 + 3 = 3,40 \text{ В}$

ЭКСПЛУАТАЦИЯ УКЗ И КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТС-ЭХЗ ГАЗОПРОВОДОВ

Деятельность газотранспортных и газоснабжающих предприятий регламентируют «Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов» (ПТЭМГ-2000*) ВРД 39-1.10-006-2000*, «Правила безопасности при эксплуатации магистральных газопроводов (ВНИИГАЗ, М., 1985)¹, «Правила технической эксплуатации газораспределительных систем» ОСТ 153-39.3-051-2003 (ПТГС-2003) и «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления» ПБ 12-529-03.

Общие требования к защите МГ установлены ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные», СНиП 2.05.06-85* «Нормы проектирования», СНиП III-42-80* «Правила производства и приемки работ». Оценка ресурса газопроводных систем должна проводиться в соответствии с «Положением о порядке продления ресурса магистральных газопроводов ОАО «Газпром» ВРД 39-1.10-043-2001, «Инструкцией по проведению диагностического обследования (паспортизации) подземных технологических трубопроводов промплощадок компрессорных станций». (Оргэнергогаз, М., 2000) и «Инструкцией по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов» РД 12-411-01. Однако отдельные требования в указанных документах, созданных в различное время, оказались не увязанными по критериям оценки надежности средств комплексной противокоррозионной защиты (ПКЗ). Так, например, в «Инструкции по защите городских подземных трубопроводов от коррозии» РД 153-39.4-091-01, ГОСТ 9.602-2005 и «Правилах безопасности» ПБ 12-529-03 не учтены требования «Инструкции по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов» РД 12-411-01 в части методологии расчета защищенности сетей по времени.

Концепция ГОСТ Р 51164-98 (ранее ГОСТ 25812-83) не изменилась, при этом ужесточились требования к нормативу качества изоляционных покрытий (ИП) и контролю эффективности электрохимической защиты (ЭХЗ) по поляризационному потенциалу. Появились новые технические средства и технологии по исследованию состояния МГ (интенсивные измерения, внутритрубная инспекция, коррозионный мониторинг). Однако эксплуатационные подразделения и организации по обследованию технического состояния ПКЗ продолжают традиционно использовать затратные технологии с ручными регулировками оборудования ЭХЗ. Не унифицирована производственно-эксплуатационная и отчетная документация, в частности форма 15 –год ОАО «Газпром» (ранее 25 –ГАЗ) «Методических указаний составления отчетов о состоянии противокоррозионной защиты трубопроводов в газодобывающих, газотранспортных и газоперерабатывающих предприятиях» (Оргэнергогаз, М., 2000).

Надежность электрохимической защиты (ЭХЗ) рассчитывают как в статике по ГОСТ 9.602-2005 (защищенность по протяженности K_L), так и в динамике по ГОСТ Р 51164-98 и РД 12-411-01 (защищенность по времени K_T), при этом ГОСТ Р 51164-98 правомерно ограничивает время простоя установок катодной защиты (УКЗ) ($T_{пр}=10$ сут./год), полагая исключение аварийности по причине наружной коррозии за амортизационный срок службы. Требованиями РД 12-411-01 установлена предельная защищенность по времени ($K_T \leq 95\%$) на городских и распределительных подземных газовых сетях (ПГС). Однако коррозионная устойчивость газопроводов продолжает оставаться низкой, что связано с нестабильной работой

¹ В 2007 г. внесен на рассмотрение проект ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

средств ЭХЗ. Ввод «Типовых технических требований на проектирование компрессорных станций, ДКС и КС ПХГ» ВРД 39-1.8-055-2002, ВСН 39-1.8-008-2002 и ВСН 39-1.22-007-2002 по проектированию и применению вставок электроизолирующих (ВЭИ) на МГ позволяет ставить вопрос о принципиальном изменении ТС-ЭХЗ объектов магистрального транспорта газа.

Срок службы подземных газопроводов (по ГОСТ Р 51164-98) контролируется надежностью ЭХЗ защищаемых участков ($K_n = K_L \cdot K_\tau$), поэтому оценка скорости кор

розии служит основой ранней технической диагностики газопроводов с применением АРМ-ЭХЗ технологии энергосбережения, позволяющей оптимизировать работу УКЗ в режиме реального времени.

Уровень телемеханизации оборудования (телеконтроль) ЭХЗ в отрасли не высок (менее 10%), телеуправление УКЗ с помощью средств линейной телемеханики (СЛТМ) не развито, а неучет защищенности по времени приводит к субъективным выводам о техническом состоянии труб. В условиях неразвитой телеметрии и слабо развитых компьютерных технологий энергосбережения ЭХЗ наметился разрыв между штатной оценкой технического состояния МГ и возможностью реализации коррозионного мониторинга.

Определяющая роль по оценке параметров надежности принадлежит эксплуатационным организациям, осуществляющим проведение регламентных работ по обслуживанию средств ЭХЗ, базирующихся на проектных данных. Правилами технической эксплуатации предусмотрен жесткий регламент обслуживания и ремонта средств ЭХЗ с контролем эффективности защиты. Однако здесь методически не учтен основной принцип автоматизации оборудования и оценки надежности подземных трубопроводов по ГОСТ Р 51164-98, заключающийся в том, что **ЭХЗ сооружений от коррозии следует осуществлять системно, оптимизируя для всего сооружения в целом ее параметры.** Эти требования могут быть выполнены лишь с применением программного продукта АРМ-ЭХЗ технологии энергосбережения **при раздельной защите МГ и совместной защите площадочных сетей сооружений (ПП).**

РЕГЛАМЕНТ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Принцип противокоррозионной защиты (ПКЗ) заключается в сочетании изоляционных покрытий (ИП) и ТС-ЭХЗ газопроводных систем исходя из требований ГОСТ Р 51164-98 на защиту от коррозии. Правила технической эксплуатации при проведении работ по ремонтно-техническому обслуживанию ТС-ЭХЗ регламентируют объемы и сроки проведения планово-предупредительного ремонта (ППР). Отраслевыми нормативами (таблица 4) предусмотрена **двухразовая в месяц** периодичность обслуживания и ремонта средств ЭХЗ с **двухразовым в год** контролем эффективности ЭХЗ, осуществляемым измерениями защитных потенциалов во всех запроектированных точках.

Так как техобслуживание (ТО), текущий ремонт (ТР) и контроль эффективности работы установок катодной защиты (УКЗ) проводятся несинхронно в течение отчетного периода (месяц, квартал, полугодие, год), то защищенность по протяженности зависит от электрических характеристик газопроводов, при этом защищенность по времени участков сетей в оптимизированной системе, определяется по показаниям счетчиков времени наработки (СВН) УКЗ за контролируемый период.

Таблица 4

**Технологический регламент обслуживания и ремонта средств ЭХЗ
на газопроводных системах**

ПТЭГС-2003, Инструкция РД 153-39.4-091-01		ПТЭМГ-2000*, РЭсПКЗ - 2004, СТО Газпром 2-3.5- 051-2006 НТП МГ
I.	Периодичность обслуживания ЭХЗ	
	УКЗ - 2 раза в месяц	УКЗ - 2 раза в месяц
	УДЗ-4 раза в месяц	УДЗ и УКЗ на КС - 4 раза в месяц
	УПЗ- 1 раз в полгода	УПЗ- 1 раз в полгода
	ИФС- 1 раз в год	ИФС (ВЭ) - 1 раз в год
	Футляры переходов - не регламентируется	Футляры переходов (ФП) - 1 раз в квартал
II	Журнальный учет параметров работы оборудования СКЗ	
	1. Напряжение на выходе, В	
	2. Сила тока на выходе, А	
	3. Показание электросчетчика, кВт-ч	
	Не предусмотрено учетной формой	
	4. Показание счетчика времени наработки (СВН), час.	
	Не предусмотрено учетной формой	
	5. Зона защиты, м	
	Не предусмотрено учетной формой	
	6. Потенциал на КИП в точке дренажа УКЗ, В (по МСЭ)	
III	Допустимое нормами время простоя УКЗ, сут. в год	
	До 14	До 10
IV	Защищенность газопровода по времени, %	
	Не предусмотрено учетной формой	
		97,3
V	ТЕЛЕКОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭХЗ	
	Не предусмотрено учетной формой ГРО	
		На участках умеренной кор- розионной опасности (УКО) – телеконтроль , на участках высокой (ВКО) и повышенной коррозионной опасности (ПКО) – телерегулирование УКЗ

Под объектами магистрального транспорта газа понимают подземные сооружения, которые включают в себя: **магистральные газопроводы** (МГ) и отводы от них (ОМГ); **объекты** (сети коммуникаций – трубопроводы КС и ГРС; промышленные объекты – обсадные колонны скважин и трубопроводы подземных хранилищ газа (ПХГ) и **прочие сооружения**. Защищенность коммуникаций ПП и параметры ЭХЗ на них оценивают при измерении потенциалов по точкам, при этом **городские подземные газовые сети рассматриваются как площадочные сети**. Исследованиями установлено, что коррозионная устойчивость газопроводов определяется взаимодействием многих факторов, среди которых существенное влияние оказывают параметры катодной поляризации.

Под **эффективностью ЭХЗ** понимают способность системы обеспечивать катодную поляризацию подземного сооружения на всем его протяжении, соответ-

ствующую нормативным требованиям при минимальных энергетических затратах, т. е. ЭХЗ эффективна при $|U_{\min}| \leq |U_3| \leq |U_{\max}|$.

Защищенность по протяженности (K_L) – это совокупность защищаемых участков от единовременно функционирующих УКЗ в технологической системе (ТС) за контролируемый период времени.

Защищенность по времени (K_t) участков трубопровода – это функция от числа суток простоев УКЗ, системно определяемая по показаниям счетчиков времени наработки (СВН) за контролируемый период времени (T). K_t распространяют на оперативную (за месяц) совокупность защищаемых участков.

Показатели надежности ЭХЗ (K_L, K_t, K_n) рассчитывают оперативно (за месяц) и накопительным итогом (с начала года). Эти показатели взаимодействуют системно и календарно непрерывно, их **ежемесячно сохраняют в базе данных электронного журнала АРМ-ЭХЗ**.

Защищенность от коррозии определяет степень торможения коррозии (Z_k) при функционировании ТС – ЭХЗ, которую выражают как функцию от K_t . ЭХЗ будет эффективна при нормативном простое УКЗ не более 10 сут/год ($K_t \rightarrow 0,973$).

Поэтому при эксплуатации достаточно определять по соответствующей методике **переходные сопротивления на участках МГ** (от УКЗ до УКЗ) и **коэффициенты μ, ϕ** для ПП, что позволяет оперативно оптимизировать параметры работы действующих УКЗ с расчетом защищенности газопроводов по времени.

Под защищенностью понимают степень торможения коррозионных процессов при функционировании ТС–ЭХЗ: $Z_k = (K_\phi - K_3) / K_\phi \cdot 100$,

Надежность газопроводов зависит: от состояния ИП ($K_{ип}$): $K_{ип} = (R_n - R_k) / R_n$, и от надежности ТС– ЭХЗ (K_n): $K_n = K_L \cdot K_t$, которые контролируются временем поляризации (K_t) по всей длине (K_L) сооружения. $K_t = (T - T_{пр}) / T = T_p / T$

Надежность газопроводов зависит от степени защиты от коррозии (Z_k) или фактической скорости коррозии (K_ϕ). Так как параметры технического состояния трубопроводов определяются, с одной стороны коррозией, а с другой стороны защитой, то:

$$K_\phi = K_{\max}(1 - K_t)(1 - K_{ип}), Z_k = (K_{\max} - K_\phi) / K_{\max} = (K_\phi - K_d) / K_\phi = [1 - (1 - K_t)(1 - K_{ип})]$$

Устойчивость изолированных трубопроводов зависит не только от времени простоев ($T_{пр}$) УКЗ, но и от числа их отключений (n). Так, за календарный год ($T=365$ сут.) при среднем времени деполяризации газопровода одни сутки ($T_{деп}=24$ час) и числе отключений $n \rightarrow 20$ раз/ год, $Z_k = 96 - 0,74 T_{пр}$

Вероятная скорость коррозии при защите определяется максимальной скоростью коррозии и реальной степенью защиты газопровода: $K_3 = K_{\max} (1 - Z_k / 100)$

где $T, T_{пр}, T_p$ – время контроля, простоя, работы УКЗ, сут;

R_n, R_k – переходные сопротивления, текущее, конечное, Ом м²;

$K_\phi, K_{\max}, K_d$ – скорость коррозии фактическая, максимальная, допустимая, мм/год;

Z_k – степень защиты от коррозии, %;

K_L, K_t – защищенность по протяженности, по времени (диагностические коэффициенты);

$K_{ип}$ – надежность ИП (диагностический коэффициент).

Таким образом, критические дефекты ИП и коррозионно – опасные отказы (длительные простои) ТС–ЭХЗ неизбежно приводят к снижению надежности газопроводов и выходу их из строя.

ХАРАКТЕР ПОЧВЕННОЙ КОРРОЗИИ ГАЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАБИЛЬНОЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

Исследования одного из участков городских сетей показали следующее. Участок газопровода построен в 1957г.

Время эксплуатации газопровода $T=48$ лет. Удельное сопротивление грунта $6 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. $D=168 \times 8$ (рис.2).

Сквозная коррозия: $\delta_t = \delta_k = 8 \text{ мм}$. Скорость коррозии фактическая

$$K_{\phi} = \frac{\delta_K}{T} = \frac{8}{48} = 0,17 \text{ мм/год}$$

Опасная коррозия

$$\delta_K = 0,3 \cdot \delta_T = 0,3 \cdot 8 = 2,4 \text{ мм}$$

Скорость коррозии допустимая по нормативному сроку службы газопровода

$$K_D = \frac{\delta_K}{40} = \frac{2,4}{40} = 0,06 \text{ , мм/год}$$

Степень защиты от коррозии фактическая

$$Z_K = \frac{(K_{\phi} - K_D)}{K_{\phi}} \cdot 100 = \frac{(0,17 - 0,06)}{0,17} \cdot 100 = 65 \text{ , \%}$$

Номинальная степень защиты от коррозии, контролируемая временем поляризации

$$Z_K = 96 - 0,74 \cdot \tau_{np} \text{ , \%}$$

Время простоя ЭЗУ

$$\tau_{np} = \frac{(96 - Z_K)}{0,74} = \frac{(96 - 65)}{0,74} = 41,9 \text{ , сут/год}$$

Защищенность по времени

$$K_{\tau} = \frac{(T - \tau_{np})}{T} = \frac{(365 - 41,9)}{365} = 0,89 \text{ (} Z_{\tau}=89\%)$$

При этом предельная защищенность по времени (по РД 12-411-01) установлена $Z_{\tau} = 95\%$

Можно полагать, что эффективная защита по времени на этом участке отсутствовала, при этом коррозия газовых сетей усиливалась ввиду нестабильной поляризации, создаваемой действующими УКЗ. Это делает актуальным необходимость осуществления ранней технической диагностики подземных газопроводов исходя из учета системных простоев УКЗ и критерия защищенности по времени по всей длине сооружения. Аналогичные результаты получены на МГ (рис. 3).



Рис.2. Сквозная коррозия на городской сети Д 168х8 (Т=47 лет)

Установлено, что на одном из газопроводов – отводов Ростовского УМГ диаметром $D=219 \times 7$, время эксплуатации $T=32$ г., скорость коррозии фактическая $K_f=0,26$ мм/год, при допустимой скорости коррозии по сроку службы $[K]_d = 0,1$ мм/год (рис.2), расчетная степень защиты от коррозии здесь была снижена до 58 %.



Рис.3. Коррозия одного из участков газопровода-отвода (Т=32 года)

**ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ
СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ
ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ УКЗ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

1. **Технический осмотр (ТО)** – это внешний осмотр, проверить наличие заземляющего контура оборудования СКЗ, открыть шкаф СКЗ, снять напряжение пакетником, осмотреть контактные соединения, узлы и детали, собрать измерительную схему, включить пакетник, произвести штатные измерения, снять показания вольтметра, амперметра, электросчетчика и счетчика времени наработки, измерить потенциал в точке дренажа (суммарный, на КИП), поляризационный (на (СКИП), оформить датой записи в полевом журнале, закрыть шкаф СКЗ, поправить плакаты безопасности.

2. **Текущий ремонт (ТР)** – к объему ТО добавляется отключить СКЗ, подтянуть болтовые соединения, почистить разъемные контакты, устранить мелкие повреждения, при необходимости заменить неисправные блоки, осмотреть линию постоянного тока (ЛПТ), очаг анодного заземления (АЗ) и контактного устройства (КУ), обновить знаки безопасности, произвести при необходимости окраску нетоковедущих частей, включить УКЗ с выводом на технологический режим, произвести уборку площадки.

3. **Эксплуатация и ремонт** проложенных в земле **кабельных линий** постоянного тока (КЛПТ). **ТО** - наружный осмотр трассы, очистка трассы от посторонних предметов, контроль контактов. **ТР** – к объему ТО добавляется очистить от грязи контактные устройства (КИП, КУ), проверить и подтянуть крепежные элементы, провести электрические измерения на обрыв.

4. **Эксплуатация и ремонт контрольно- измерительных пунктов** (КИП). **ТО** - наружный осмотр конструктивных элементов КИП, электрические измерения на обрыв. **ТР** – к объему ТО добавляется очистить от грязи контактные устройства, проверить и подтянуть крепежные элементы, провести электрические измерения на обрыв, смазать контакты техническим вазелином, окрасить стойки.

5. **Эксплуатация и ремонт узла подключения на анодном заземлении**. **ТО** - наружный осмотр КУ. **ТР** – к объему ТО добавляется очистить от грязи контактные устройства, проверить и подтянуть крепежные элементы, провести электрические измерения на обрыв, смазать контакты техническим вазелином, окрасить стойки.

6. **Эксплуатация и ремонт анодного заземления (АЗ)**. **ТО** - проверка целостности контактов в КУ с ЛПТ. **ТР** – к объему ТО добавляется очистить от грязи контактные устройства, проверить и подтянуть крепежные элементы, провести электрические измерения на обрыв, смазать контакты техническим вазелином, окрасить стойки и кондукторы глубинных АЗ (ГАЗ).

7. **Эксплуатация и ремонт контура защитного заземления**. Осмотр места видимого присоединения шины заземления к ограждению и контакта шины с оборудованием СКЗ. Измерение сопротивления защитного заземления. Выбор точки измерения, забивка измерительных электродов, сборка измерительной схемы, производство измерений с помощью измерителя сопротивления заземления, запись в журнал, демонтаж измерительной схемы (работы проводит специализированная организация с выдачей протокола испытаний -ПИ).

8. **Замена оборудования СКЗ**. Отключение электропитания, отсоединение питающих проводов и кабелей постоянного тока, демонтаж СКЗ с металлоконструкциями, установка нового оборудования производится в обратном порядке. Для СКЗ типа УКЗТ (НТП «Дон- Инк»), смонтированных на штатном постаменте производится только смена фартуков необходимого номинала в шкафу единого размера без выполнения СМР.

9. **Регулировка режимов работы УКЗ.** Сборка измерительной схемы (установка переносного электрода сравнения на поверхности земли, подключение проводников к прибору), измерение разности потенциалов ТЗ, выбор и установка оптимального режима исходя из перекрытия зон защиты на участке газопровода на опорных точках, запись результатов в журнал (предпочтительно применение АРМ-ЭХЗ). Оценка эффективности ЭХЗ по наличию защиты в точках.

10. **Измерение сопротивления цепи УКЗ.** При снятии напряжения и отключении СКЗ, отсоединение анодных и катодных кабелей от клемм СКЗ (**технологически возможно только на УКЗТ типа «Дон»**), сборка измерительной схемы, измерения сопротивления прибором М-416, демонтаж измерительной схемы, подключение кабелей, включение СКЗ, сверка данных по приборам (вольтметру и амперметру), вывод на режим, запись в журнале.

11. Построение графиков, диаграмм, производство вычислений. Проведение необходимых расчетов, составление таблиц, графиков, потенциальных диаграмм с использованием стандартных методик (предпочтительно применение АРМ-ЭХЗ).

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение **суммарных** и **поляризационных** потенциалов на КИП с применением переносных приборов. Подключение измерительного прибора осуществляется на КИП. При измерениях **суммарного потенциала** с поверхности земли используют переносные медносульфатные электроды сравнения (Рис.). МСЭ представляет сосуд, наполненный насыщенным раствором медного купороса, внутрь сосуда помещают медный стержень. Дно сосуда является пористым для осуществления электрического контакта трубопровода с грунтом.

А) Подготовка схемы измерений, которая учитывает использование переносного электрода сравнения (КИП), устанавливаемого на поверхности земли для измерения суммарного потенциала прибором 43313. Свертывание измерительного комплекса. Запись показаний в журнале.

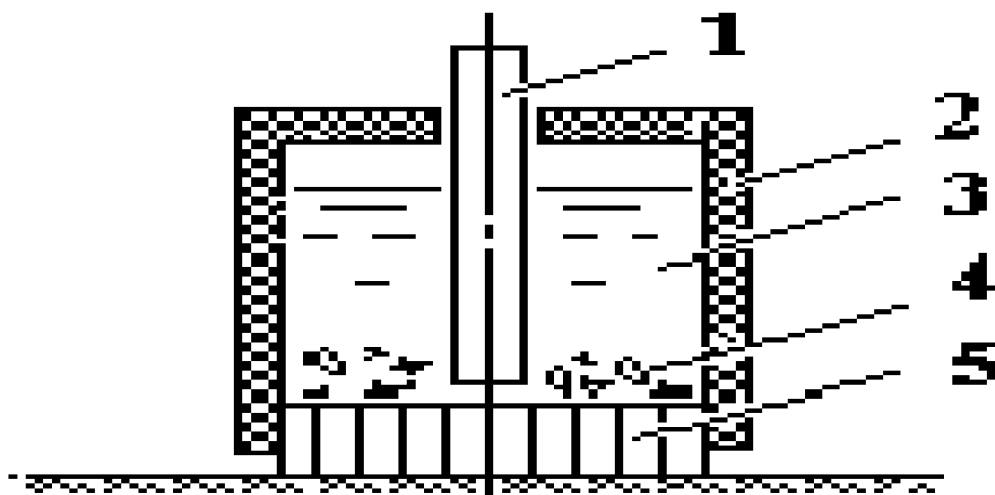


Рис.4. Медносульфатный электрод сравнения (МСЭ)

1 – медный стержень, 2- корпус, 3-4- насыщенный раствор медного купороса, 5- пористое дно

Б) Подготовка схемы измерений, которая учитывает использование стационарного электрода сравнения длительного действия (**СКИП**) для измерения поляризационного потенциала прибором 43313.1. Свертывание измерительного комплекса. Запись показаний в журнале.

Основными коррозионно-измерительными multifunctional приборами являются: высокоомный вольтметр (мультиметр 43313.1.) и измеритель сопротивления заземления (М-416).

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Поляризационный (электрохимический) потенциал определяет кинетику электродных реакций и характеризует истинную защищенность от коррозии подземного сооружения. В практике противокоррозионной защиты поляризационный потенциал называют потенциалом без омической составляющей. Непосредственно измерить поляризационный потенциал прибором в трассовых условиях не представляется возможным. Поэтому существует ряд методов косвенного измерения поляризационного потенциала с исключением омической составляющей. Стандартный метод заключается в измерении потенциала отключения вспомогательного образца – датчика (имитирующего дефект изоляции трубы) в момент его отключения от трубы.

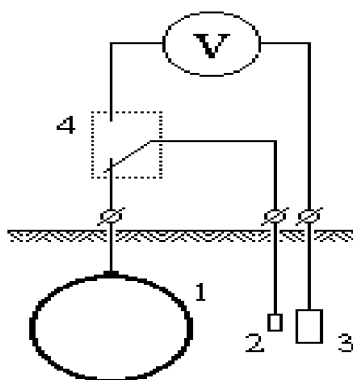


Рис.5. Схема измерения поляризационного потенциала на СКИП:
1- сооружение; 2- вспомогательный образец (датчик); 3- электрод сравнения;
4- коммутирующее устройство (прерыватель тока)

Измерения выполняются высокоомным вольтметром (приборы: мультиметр 43313.1; ПКО; ПКИ-02), которые совмещают в себе вольтметр и коммутирующее устройство. При измерениях используют электроды сравнения длительного действия.

Вспомогательный электрод представляет собой стальную пластину размером 25х25 мм. Одна из сторон пластины изолируется. Плоскость датчика при установке должна быть ориентирована перпендикулярно оси трубы. Важно, чтобы датчик находился в максимальном приближении к трубе. Для измерения поляризационного потенциала должны быть сооружены специальные контрольно-измерительные пункты (СКИП), которые оснащаются стационарным электродом сравнения с датчиком потенциала (рис.5). На щитке колонки должны быть устройства для замыкания проводов от вспомогательного электрода и контрольного вывода. Вспомогательный электрод должен быть постоянно соединен с защищаемым сооружением и отсоединяться от него только во время измерений.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Удельное электрическое сопротивление грунта определяют непосредственно на местности по трассе подземного сооружения. Прибор измеритель сопротивления заземления М-416. Стальные электроды длиной 250-350 мм диаметром 15-20 мм. Вертикальное электрозондирование грунта (ВЭЗ) проводят по четырех-электродной схеме (рис.6). Электроды размещают по одной линии, которая для проектируемого сооружения должна совпадать с осью трассы, а для уложенного в землю 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.

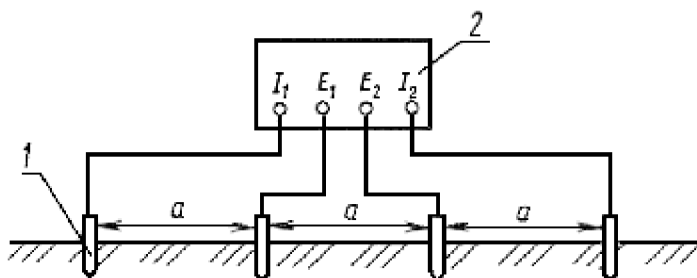


Рис.6. Схема определения удельного сопротивления грунта:
1- электрод; 2 - прибор

Величину удельного электрического сопротивления грунта ρ , Ом·м вычисляют по формуле: $\rho = 2\pi Ra$, где R - измеренное по прибору сопротивление, Ом;
 a - расстояние между электродами, принимаемое одинаковым и равным глубине прокладки подземного сооружения, м.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОЛЯЦИИ НА ЗАКОНЧЕННЫХ СТРОИТЕЛЬСТВОМ УЧАСТКАХ ГАЗОПРОВОДОВ

Сущность метода состоит в катодной поляризации построенного и засыпанного участка трубопровода и определения качества защитного покрытия по смещению потенциала с омической составляющей и силе поляризующего тока, вызывающей это смещение. Сила тока определяется исходя из регламентированного сопротивления изоляции данного типа, длины участка и диаметра трубопровода. Для определения сопротивления изоляции используют аккумуляторы автомобиля, аппаратуру и приборы, которые должны быть электрически подключены по схеме (рис.7). Определение сопротивления ИП осуществляют программой «POLAR».

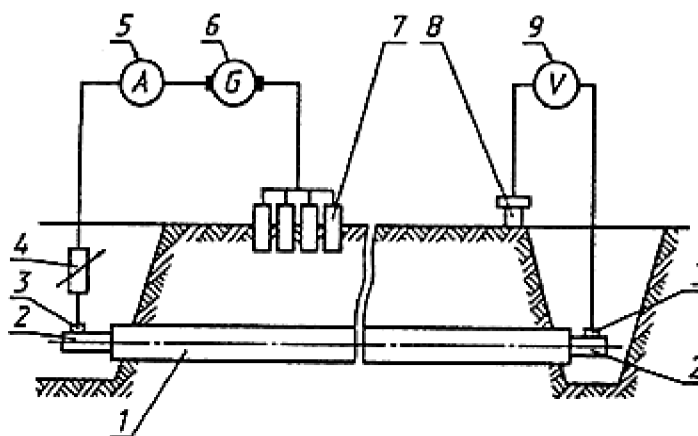


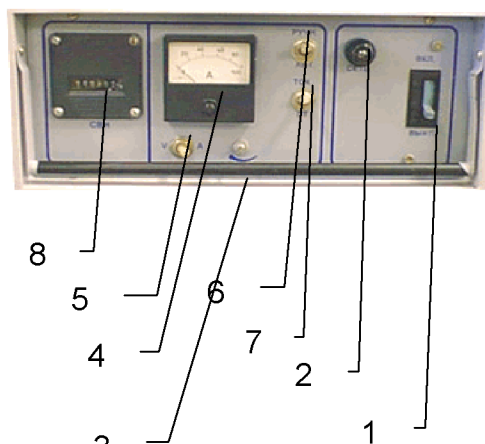
Рис.7. Схема проверки изоляции катодной поляризацией:
1 - трубопровод; 2 - неизолированный конец трубопровода; 3 - контакты; 4 - резистор; 5 - амперметр; 6 - источник постоянного тока; 7 - временное анодное заземление; 8 - МСЭ; 9 - вольтметр

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ

Оборудование станций катодной защиты (СКЗ) различаются по значению номинальной выходной мощности. Наиболее распространенные значения мощностей СКЗ: 0,3; 0,6; 1,0; 1,2; 2,0; 3,0 и 5,0 кВА. Одним из многофункциональных преобразователей катодной защиты является СКЗ типа «Дон». Устройство и внешний вид автоматического преобразователя (г.Ростов на-Дону, НТП «Дон-Инк») показано на рис.8, а расположение органов управления – на рис.9. Преобразователи УКЗТ-А представляют собой регулируемый однофазный выпрямитель, собранный по двухполупериодной схеме с двумя регулирующими тиристорами. Конструктивно преобразователи размещаются в металлическом корпусе, внутри которого расположено откидывающееся шасси с основными элементами преобразователя. Внутри корпуса расположены элементы коммутации и защиты от перегрузок.



Рис. 8. Внешний вид преобразователя УКЗТ-А



1. Автоматический выключатель предна-

Рис.9 .Органы управления преобразователем УКЗТА

значен для включения, выключения и защиты преобразователя от перегрузок преобразователя.

2. Индикатор «Сеть» предназначен для индикации включенного состояния преобразователя.

3. Регулятор выходного тока (напряжения) преобразователя.

4. Измерительный прибор предназначен для измерения как выходного тока (А), так и напряжения (V) преобразователя.

5. Переключатель режима (напряжение – V; ток - А) измерительного прибора.

6. Переключатель режимов работы преобразователя (ручной или автоматический)

7. Переключатель режимов автоматики (стабилизация тока или стабилизация защитного потенциала через ЕНЕС). **Предпочтителен режим стабилизации защитного тока.**

8. Счетчик времени наработки (СВН) для учета времени работы УКЗ.

Принципы сбора и обработки информации по ЭХЗ известны, однако реализовать их на практике не удавалось из-за недостаточного развития технологических задач (АРМ-ЭХЗ). **В 1996г. появились устройства УКЗТ-АТ с функциями дистанционного управления параметрами посредством СЛТМ. Это позволило реализовать АРМ-ЭХЗ как систему коррозионного контроля и поддержания надежности ЭХЗ газопроводов. В качестве обратной связи при реализации энергосберегающей технологии на объектах следует использовать систему телеметрии с помощью аппаратно-программного комплекса «СТЭЛ-К».**

Комплекс предназначен для автоматизации управления УКЗТА по каналам GSM/GPRS в режимах передачи данных и SMS. Функциональные возможности комплекса: дистанционный контроль состояния и управление режимами работы оборудования в ручном и автоматическом режимах; тревожная сигнализация о выходе параметров УКЗ за допустимые пределы, а также несанкционированном доступе к ним; архивирование основных параметров оборудования с глубиной ведения архивов два месяца на станциях и два года в диспетчерском центре; протоколирование событий системы и всех запросов пользователей; формирование базы данных с автоматическим восстановлением информации в случаях перерывов в работе комплекса; представление данных в удобном для анализа виде (графики, таблицы, отчеты), документирование информации.

Состав комплекса: программное обеспечение диспетчерского центра (ДЦ) (службы ЭХЗ); GSM-модем ДЦ (модемный пул на 4, 8 или 12 модемов для ускорения сбора данных при большом количестве УКЗ; контроллеры «Катрон-1» по количеству станций. Программное обеспечение ДЦ осуществляет сбор информации о состоянии УКЗ, управление ими в различных режимах, обработку и архивирование данных. Контроллер «Катрон-1» является встроенным цифровым блоком управления УКЗТ-А нового поколения с интегрированными функциями телеметрии. Включение станции в состав комплекса производится путем дооснащения контроллера «Катрон-1» GSM-модемом.

В автоматическом режиме работы контроллер осуществляет стабилизацию выходного тока станции, ведет почасовой архив глубиной два месяца основных параметров ЭХЗ (выходной ток, напряжение, значение защитного потенциала, потребленная мощность, время работы УКЗ), а также архив нештатных ситуаций (вскрытие шкафа, пропадание сетевого напряжения, выход параметров за установленные пределы).

При возникновении нештатных ситуаций контроллер передает информацию о случившемся ДЦ. Аппаратно-программный комплекс «Стел-К» входит в состав многофункционального комплекса верхнего уровня «Стел», являющегося центральной частью автоматизированной системы контроля и учета газа. В октябре 2006 г. комплекс прошел приемочные испытания и рекомендован к применению на объектах ОАО «Газпром».

В условиях отсутствия надежной защиты газопроводных объектов, АРМ-ЭХЗ технология энергосбережения в сочетании с телеметрическим комплексом «СТЭЛ-К» является разработкой практической направленности, которая позволяет снизить периодичность обслуживания средств ЭХЗ при осуществлении коррозионного мониторинга газопроводов по каналам сотовой связи.

Система «СТЭЛ-К» является автономной и независимой и устанавливается на компьютер непосредственно в службе ЭХЗ.

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

Автоматическое устройство катодной защиты типа **УКЗТ-АУ ОПЕ ТМ** предназначено для катодной защиты подземных металлических сооружений от коррозии. **Эта модификация устройства предназначена для работы в составе системы телемеханики «СТЭЛ».** Устройство может эксплуатироваться в полевых условиях в районах с умеренным климатом при температуре окружающего воздуха от минус 45°C до плюс 45°C с относительной влажностью воздуха 98% при температуре плюс 25°C.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Устройство представляет собой регулируемый однофазный выпрямитель, собранный по мостовой двухполупериодной схеме с двумя регулирующими тиристорами. Преобразователь состоит из металлического корпуса, внутри которого на откидывающейся панели размещены трансформаторы, контроллер устройства «КАТРОН-1» с модулем GSM связи и источником бесперебойного питания, диодный мост, панель управления. Дверь корпуса закрывается замками. Охлаждение устройства воздушное, естественное. Охлаждающий воздух через отверстия в основании поступает снизу, обтекает тепловыделяющие элементы и выходит через воздушные зазоры, расположенные между верхней крышкой и корпусом устройства.

Ввод силового кабеля производится через патрубки в основании корпуса (для удобства монтажа в комплект поставки входят гибкие переходные кабели для соединения с дренажным кабелем в постаменте).

Силовая часть включает в себя:

- а) размыкатель сети КА, позволяющий обесточить устройство для проведения ремонтных и профилактических работ;
- б) автоматический выключатель QP, предназначенный для включения устройства и защиты его от перегрузок и коротких замыканий;
- в) трансформатор Т1 (силовой), обеспечивающий гальваническую развязку цепей питания и нагрузки, понижающий входное напряжение.

Изменение режимов номинального выпрямленного напряжения (тока) достигается путём последовательного (режим 2) или параллельного (режим 1) включения вторичных обмоток силового трансформатора Т1.

г) выпрямительный мост на диодах VD1, VD2 и тиристорах VT1, VT2, формирующих выпрямленное напряжение, которое регулируется импульсами запуска платы управления.

д) фильтр А, предназначенный для сглаживания пульсаций напряжения на выходе устройства; устанавливается, если необходимо исключить наведение помех на коммуникации связи (в комплект поставки не входит, поставляется совместно с устройством по согласованию сторон)

Контроллер «КАТРОН-1», питается от трансформатора Т2 предназначен для регулировки выходного напряжения двухполупериодного тиристорного выпрямителя, для измерения выходных параметров устройства с последующей возможностью передачи измеренных значений по каналам GSM связи на компьютер оператора.

Функции и режимы работы, обеспечиваемые контроллером «КАТРОН-1» - управление выходным током устройства;

- управление выходным напряжением устройства;
- стабилизация выходного тока устройства;
- стабилизация защитного потенциала на защищаемом сооружении, относительно медно-сульфатного электрода сравнения.
- ведение электронного журнала устройства с записью текущих значений

измеряемых параметров, с дискретностью 1 час;

- при установленном модуле GSM связи, передача измеренных значений выходного тока, выходного напряжения, защитного потенциала (если подключен медно-сульфатный электрод сравнения длительного действия), счетчиков времени наработки моточасов и работы в заданном режиме, показаний счетчика электроэнергии (если установлен счетчик с функцией передачи телеметрической информации);
- последовательное отображение на дисплее значений выходных тока и напряжения устройства, значения защитного потенциала, общее время работы устройства и время работы в режиме.
- передача и прием данных по последовательному порту RS485.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Двумя ключами одновременно открыть дверь устройства и за ручку фартука потянуть фартук на себя, до принятия им горизонтального положения и фиксации.

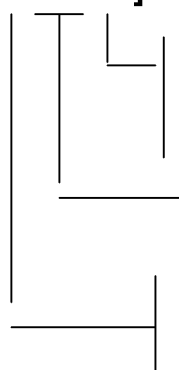
Придерживая фартук за ручку, расфиксировать его, повернув крючок фиксатора, находящегося в глубине корпуса справа. Возвратить фартук в первоначальное положение.

Включается устройство, автоматическим выключателем сети. Должен загореться индикатор сети.

На дисплее контроллера должно высветиться текущее значение режима работы устройства.

Структура отображения информации на дисплее контроллера:

[A. 35.7 A]



Индицируемый параметр:

A – ВЫХОДНОЙ ТОК;

U – выходное напряжение;

УП – защитный потенциал.

Значение параметра

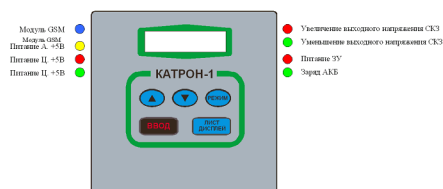
Режим работы устройства:

А – автоматический;

Р - ручной



- 1 - автоматический выключатель
- 2 - индикатор питающей сети переменного тока
- 3 - гнезда для подключения контрольного измерителя защитного потенциала
- 4 - контроллер "КАТРОН-1"
- 5 - световые индикаторы контроллера
- 6 - кнопка включения сигнализации открытия двери.



Внешний вид устройства, органы управления и световая индикация контроллера.

АНОДНЫЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ДЛЯ УКЗ

Недавно введена в действие Инструкция по проектированию электрохимической защиты магистральных газопроводов СТО Газпром 1-3.5-047-2006, регламентирующая требования к АЗ УКЗ. Предложено использовать магнетит - в грунтах удельного сопротивления (ρ_r) менее 10 Ом·м; при $\rho_r = 15 - 40$ Ом·м – применять высококремнистый чугун; а в коксовой засыпке при $\rho_r = 10 - 60$ Ом·м – графитосодержащие материалы. При этом сопротивление растеканию тока АЗ не должно превышать 0,5 Ом в грунтах сопротивлением до 10 Ом·м; 1,0 Ом - при $\rho_r = 10 - 50$ Ом·м; 1,5 Ом - при $\rho_r = 50 - 100$ Ом·м; 3 Ом - при $\rho_r = 100 - 500$ Ом·м, и 10,0 Ом - при ρ_r более 500 Ом·м.

В качестве соединительных элементов следует применять только кабель с медными жилами с полиэтиленовой или полипропиленовой изоляцией. Так как выход из строя АЗ контролируется повреждением контактных соединений, то их срок службы не превышает 5-7 лет и зависит от качества монтажа контактных узлов. По результатам исследований ВНИИГАЗа разработал конструкцию электродов с кабельным выводом полной заводской готовности по ТУ 1916-053-27208846-2005. Результаты двухлетних трассовых испытаний свидетельствуют о том, что электроды АЗ следует размещать в коксовой засыпке, иначе срок их службы может оказаться небольшим.

СТРУКТУРА ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ ТС-ЭХЗ

Структура отказов УКЗ в ТС-ЭХЗ МГ (1994-2004) свидетельствует о том (табл.5), что основными причинами нерабочего состояния средств ЭХЗ является расхищение оборудования (48,5%) и отсутствие напряжения в сети (23%). В этой связи применение АРМ-ЭХЗ технологии энергосбережения становится определяющим фактором.

Таблица 5а

Структура отказов УКЗ (1994-2004) на газопроводах Ростовского УМГ

Причина отказов УКЗ	Среднее значение за год		
	Всего		из них
	шт.	%	%
Количество отказов	121	100,0	
I.ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ	35	29,0	100,0
1. Выход из строя ВВ разъединителя	2	1,4	4,9
2. Выход из строя ВВ трансформатора	4	3,3	11,4
3. Выход из строя ВВ предохранителя	2	1,4	4,9
4. Не подано напряжение на ЛЭП-ЭХЗ	19	16,1	55,3
5. Отсутствует напряжение на ЛЭП-РЭС	6	4,6	15,8
6. Повреждение (расх.) собственных ЛЭП	3	2,3	7,8
II.ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТА	86	71,0	100,0
1. Выход из строя анодного заземления	6	5,3	7,4
2. Повреждения кабельных ЛПТ-48 В	16	12,9	18,2
3- Повреждения воздушных ЛПТ-48 В	2	1,8	2,5
4. Выход из строя оборудования СКЗ	3	2,5	3,5
5. Расхищение элементов ТС-ЭХЗ	59	48,5	68,4

Структура отказов ЭЗУ на городских газовых сетях ОАО «Ростовгоргаз»

Структура отказов ЭЗУ	Средние значения за год		
	Всего		из них
	шт.	%	%
Количество отказов	132	100,0	
I.ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ	63	47,7	100,0
1-Нет питания в сети	48	36,4	76,2
2- Повреждение питающих ЛЭП	15	11,3	23,8
II.ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТА	69	52,3	100,0
3-Повреждения кабельных ЛПТ	39	29,5	57,4
4- Выход из строя анодного заземления	16	12,9	23,7
5- Неисправность оборудования СКЗ	12	9,1	17,6
6-Расхищение оборудования	2	0,8	1,3

Введены в действие «Типовые структуры управления и нормативы численности служащих ЛПУМГ», «Нормативы численности рабочих ЛПУМГ» и «Нормативы трудоемкости на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту средств ЭХЗ». Как видно (табл.6), в отрасли наметилась тенденция (1983-2004), направленная на резкое и необоснованное снижение количества рабочих по обслуживанию и ремонту средств ЭХЗ на фоне исключительно низкого уровня автоматизации оборудования ЭХЗ.

Таблица 6

Нормативы численности рабочих по обслуживанию и ремонту средств ЭХЗ

№	Наименование оборудования и сооружений	Измеритель	Норматив численности		
			1983	2000	2004
1	Установка катодной защиты	1 УКЗ	0,070	0,055	0,030
2	Установка дренажной защиты	1 УДЗ	0,040	0,030	0,023
3	Установка протекторной защиты	1 УПЗ	0,0004	0,0003	0,00012
4	Трансформаторная подстанция (ТП 6/10 кВ)	1 ТП	0,05	0,03	0,03
5	ЛЭП 1-20 кВ. вне ПП на ж/б опорах	10 км	0,30	0,20	0,10
6	ЛЭП кабельные до 1 кВ	10 км	0,50	0,30	0,15

Требования безопасности при производстве работ по ЭХЗ

Если для охраны труда главным объектом внимания является работник и его рабочее место (с позиций сохранения жизни и здоровья работника), то для промышленной безопасности ключевым понятием является опасный производственный объект. При обследовании и ремонте устройств ЭХЗ следует выполнять только ту работу, которая предусмотрена заданием, не допуская присутствия на рабочем месте посторонних лиц. Выполнение каких-либо работ в устройствах ЭХЗ на токоведущих частях, находящихся под напряжением, а также при приближении грозы не разрешается. Земляные работы на пересечении МГ других подземных коммуникаций разрешается производить только при согласовании с представителями организации, которой принадлежат коммуникации. Перед началом

земляных работ необходимо уточнить место расположения сооружения и глубину его укладки, используя трассоискатели или откапывая шурфы через 50 м. Рыть шурфы (котлованы) на газопроводе, не имеющем утечек газа, можно землеройными машинами. При приближении к газопроводу на 0,5 м работы должны вестись вручную, без применения ударных инструментов, ломов, кирок.

Если при проведении земляных работ обнаружится утечка газа, необходимо немедленно прекратить работы, удалить людей и механизмы из охранной зоны газопровода. Работы могут быть продолжены только после устранения причин появления газа. Котлованы при вскрытии газопровода для ремонта должны иметь размеры, позволяющие свободно работать в них не менее чем двум рабочим, а также иметь два выхода с противоположных сторон при диаметре газопровода до 800 мм и 4 выхода (по два с каждой стороны) при диаметре газопровода 800 мм и более. При рытье шурфов (котлованов) для проверки состояния изоляции и труб, термитной приварке к газопроводу катодных выводов разрешается не снижать давление в газопроводе. Эти работы считаются газоопасными, и для их выполнения должно быть получено письменное разрешение (наряд-допуск).

Вынимаемый грунт во избежание обвалов укладывают на расстоянии не менее 0,5 м от края котлована. Вырытые котлованы в местах прохода людей должны быть ограждены.

ТЕРМИТНАЯ ПРИВАРКА КАТОДНЫХ ВЫВОДОВ ЭХЗ.

К производству сварочных работ допускаются лица службы защиты от коррозии ЛПУМГ (монтеры ПТК), ознакомленные с инструкцией и правилами производства огневых работ на магистральных газопроводах, прошедшие проверку знаний правил техники безопасности.

Монтер, производящий термитную приварку катодных выводов должен быть одет в спецодежду: - брезентовую куртку; брезентовые брюки; защитные очки.

Приварка катодных выводов к действующему газопроводу производится только с письменного разрешения (наряд-допуск) на производство огневых работ.

Лицам, производящие приварку катодных выводов, во время работы запрещается: наблюдать за процессом сварки без защитных очков; передавать сварочные материалы другим, не имеющим прямого отношения к сварке; производить сварку на расстоянии не ближе 50 м от мест хранения горючих жидкостей;

Термитная приварка катодных выводов производится паяльно-сварочными стержнями с применением многоразовой графитовой оправки и разовыми тигель-формами (РТФ). Термитная приварка катодных выводов паяльно-сварочными стержнями с применением многоразовой графитовой оправки проводится следующим образом. Выбрать графитовую оправку исходя из наружного диаметра трубы на основе данных, приведенных в табл. 7.

Выбрать марку стержня исходя из толщины стенки трубы на основе данных приведенных в табл. 8.

Таблица 7

Выбор марки оправки стержня

Наружный диаметр трубы, мм	Марка оправки
До Ду 400	ГО-1
Ду 500-800	ГО-2
Ду >1000	ГО-3

Таблица 8

Диаметр оправки стержня

Марка стержня	Толщина стенки
ЭХЗ-1150	От 4 до 10 мм
ЭХЗ-1152	От 10,1 мм и выше

Место приварки катодных выводов должно располагаться в верхней четверти периметра трубы с допустимым отклонением от зенита $\pm 10^\circ$, на расстоянии не ближе 50 мм от продольного, спирального или кольцевого сварных швов трубопровода. Удаляется изоляционное покрытие с поверхности трубопровода и производится очистка механическим способом от центра сварки по окружности радиусом не менее 50 мм. Допускается очистка поверхности шлифмашинкой с применением дисковых проволочных щеток, ручной проволочной щеткой, напильником, наждачной бумагой. Вскрытие индивидуальной упаковки и контроль внешнего вида паяльно-сварочного стержня ЭХЗ (ПСС ЭХЗ) (рис.8) должен производиться непосредственно перед его установкой. Подготовку рабочей поверхности графитовой оправки необходимо производить заблаговременно до производства работ с помощью наждачной бумаги, уложенной на трубу. Не допускается наличие следов влаги или конденсата на рабочей поверхности графитовой оправки (рис.9) и поверхности места сварки. Установить графитовую оправку на место сварки, расположив канал катодного вывода по оси трубы. Вставить в центральный канал графитовой оправки ПСС ЭХЗ и вывести огнепроводный шнур наружу через шлакоотводящий канал, противоположный каналу установки катодного вывода. Зафиксировать провод катодного вывода в теплоотводящей трубке (медная или стальная трубка наружным диаметром до 10 мм марки М1 – М3; Ст-20); Приподнять ПСС ЭХЗ на 15-20 мм, ввести теплоотводящую трубку с проводом катодного вывода в канал установки катодного вывода графитовой оправки и опустить ПСС ЭХЗ на трубку таким образом, чтобы конец трубки был расположен по центру зажигательной головки ПСС ЭХЗ; При приварке катодного вывода к трубопроводам, находящимся под рабочим давлением, следует использовать устройство дистанционного поджига (модель Ж46-Р167РЭ) (рис.10).

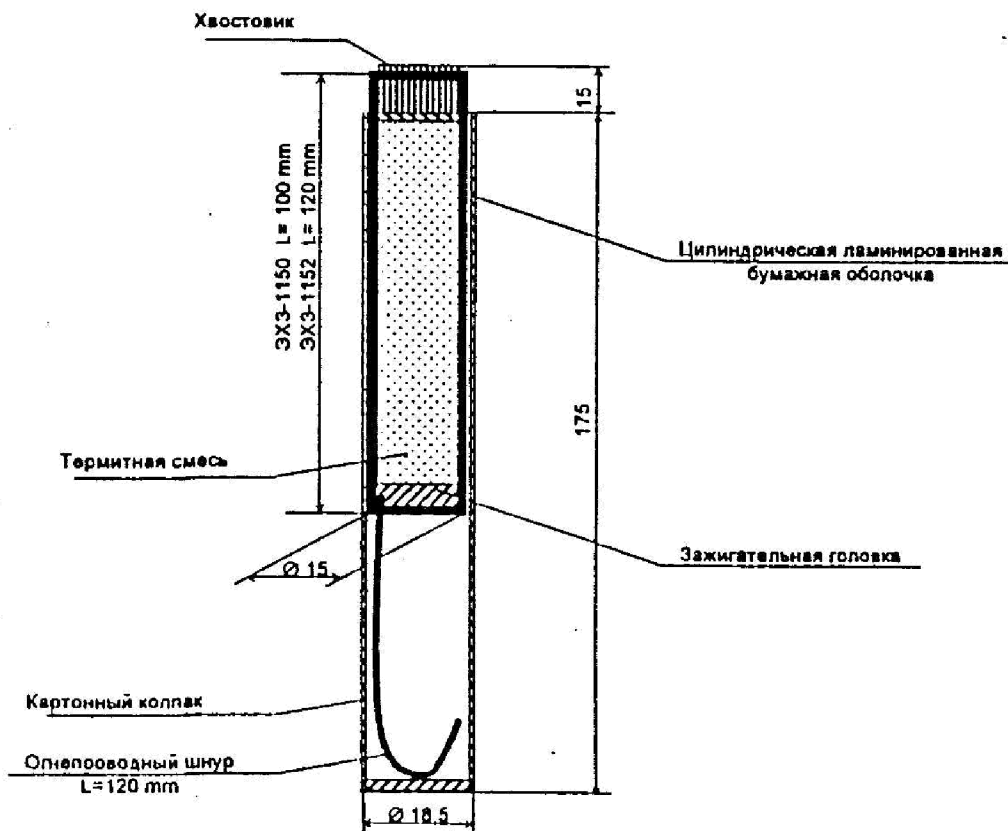


Рис.8. Паяльно-сварочный стержень ЭХЗ-1150, ЭХЗ-1152.

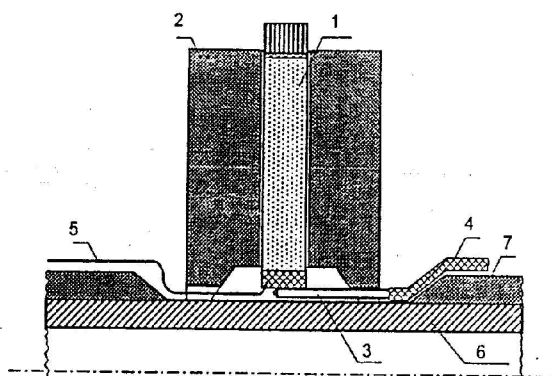


Рис.9. Схема установки оправки и ПСС на трубу

1- ПСС; 2- многоразовая графитовая оправка; 3- теплоотводящая трубка; 4- катодный вывод; 5- огнепроводный шнур; 6- стенка трубы; 7- изоляционное покрытие трубы.

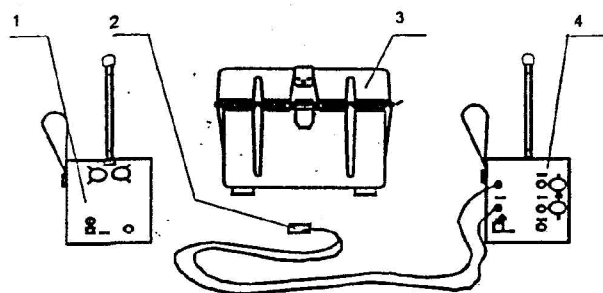


Рис.10. Устройство дистанционного поджига Ж46-Р167РЭ
1. Передатчик; 2- разъем; 3- футляр; 4- приемник.

Для обеспечения гарантированного поджига огнепроводный шнур рекомендуется соединить с запалом с помощью кембрика (кольцо из трубки ПВХ).

Произвести поджиг запала термосмеси ПСС ЭХЗ посредством передатчика и приемника устройства дистанционного поджига в соответствии с руководством по эксплуатации Ж46-Р167РЭ.

Дистанционный поджиг ПСС ЭХЗ должен осуществляться на минимальном безопасном расстоянии от действующего газопровода. По окончании процесса сварки катодных выводов необходимо дать остыть месту сварки в течение не менее 5 мин, после чего снять графитовую оправку легким пошатыванием.

Зачистить металлической щеткой наплавку и место сварки катодного вывода от шлака. Проверить прочность наплавки 3-м кратным изгибом приваренного катодного вывода. При сварке катодных выводов к трубопроводом, не находящимся под рабочим давлением, допускается поджигать огнепроводной шнур источником открытого огня.

Термитная сварка (пайка) катодных выводов ЭХЗ с применением разовых тигель-форм (РТФ) проводится следующим образом. Место сварки катодных выводов должно располагаться в верхней четверти периметра трубы с допустимым

отклонением от зенита $\pm 10^\circ$, на расстоянии не ближе 50 мм от продольного, спирального или кольцевого сварных швов трубопровода.

Удаляется изоляционное покрытие с поверхности трубопровода и производится очистка механическим способом от центра сварки по окружности радиусом не менее 50 мм. Допускается очистка поверхности шлифмашинкой с применением дисковых проволочных щеток, ручной проволочной щеткой, напильником, наждачной бумагой.

Вскрытие индивидуальной упаковки и контроль внешнего вида разовых тигель форм (РТФ) (рис.11) должен проводиться непосредственно перед установкой и применением.

Установить РТФ на место приварки (рис.12), предварительно обезжирив зачищенную поверхность ацетоном.

Вставить до упора катодный вывод в отверстие литниковой камеры.

Подготовку рабочей поверхности РТФ с целью плотного прилегания к поверхности трубы необходимо производить заблаговременно притиранием с помощью наждачной бумаги, уложенной на трубу (элемент) того же диаметра.

Не допускается на рабочей поверхности РТФ и поверхности места приварки наличие влаги или конденсата.

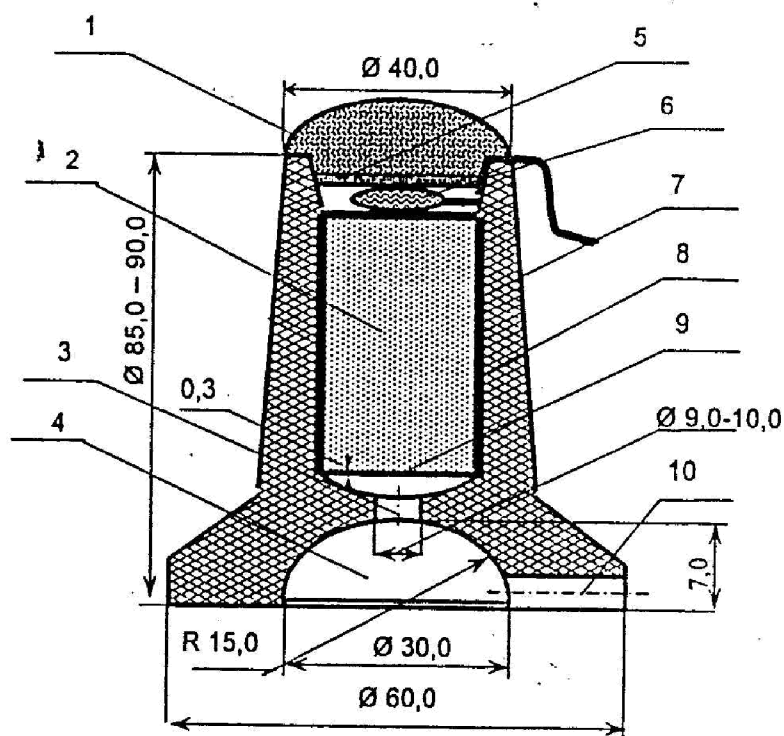


Рис.11. РТФ с термитной смесью в снаряженном виде

1- заглушка; 2- термитная смесь; 3- литник; 4- литниковая камера; 5- прокладка бумажная; 6- запал; 7- корпус РТФ; 8- обмазка (или втулка) графитовая; 9- мембрана медная; 10- канал установки катодного вывода (D 6,0+0,5)

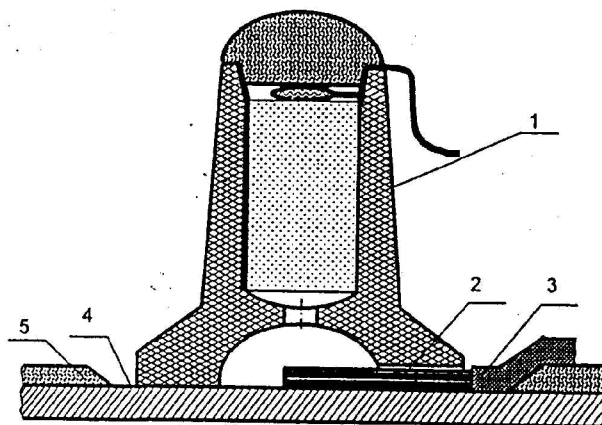


Рис.12. Схема установки РТФ на трубопровод

1. РТФ; 2- защищенный катодный вывод; 3- изоляция провода катодного вывода; 4- стенка трубопровода; 5- изоляционное покрытие трубопровода.

На расстоянии не менее одного метра от места приварки установить приемник устройства дистанционного поджига (модель Ж46-Р167РЭ), состыковывать разъем блока коммутации данного устройства с разъемом РТФ.

Дистанционный поджиг РТФ должен осуществляться на минимальном безопасном расстоянии от действующего газопровода.

Произвести поджиг запала термосмеси в РТФ посредством передатчика и приемника, устройства дистанционного поджига в соответствии с руководством по эксплуатации Ж46-Р167РЭ.

По окончании процесса приварки катодного вывода необходимо дать остыть месту приварки в течение не менее 5 мин., снять РТФ легким пошатыванием и утилизировать.

Зачистить металлической щеткой наплавку и место сварки катодного вывода от шлака.

Проверить прочность наплавки 3-х кратным изгибом приваренного вывода ЭХЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Винокурцев Г.Г., Первунин В.В., Крупин В.А., Винокурцев А.Г. Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений. Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. -124 с.*
2. *Винокурцев Г.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Противокоррозионная защита трубопроводов и сооружений». Часть 1. Анализ нормативной документации по противокоррозионной защите трубопроводов и сооружений. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. -24 с.*
3. *Винокурцев Г. Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Противокоррозионная защита трубопроводов и сооружений». Часть 2. Регламент ремонтно-технического обслуживания технологической системы трубопроводов и сооружений. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. -32 с.*
4. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Слесарь СГО» («Монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии»). Часть 1. Перечень работ, выполняемых монтером ПТК. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. -28 с.*
5. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Слесарь СГО» («монтер по защите подземных трубопроводов от коррозии»). Часть 2. Методики электрометрических измерений на трубопроводах. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. -32 с.*
6. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Основы технической диагностики и надежности систем газоснабжения». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2003. -32 с.*
7. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г., Фатрахманов Ф.К., Муханов В.В. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Электрометрические измерения для оценки эффективности противокоррозионной защиты подземных трубопроводов». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2004. -32 с.*
8. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений». Часть 1. Трубоизоляционные работы на газопроводах систем газоснабжения. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2006. -32 с.*
9. *Винокурцев Г.Г., Винокурцев А.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Защита от коррозии подземных трубопроводов и сооружений». Часть 2. Диагностирование технического состояния газопроводов систем газоснабжения. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2006. -32 с.*
10. *Винокурцев Г.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Противокоррозионная защита газопроводных систем». Часть 1. Трубоизоляционные работы на магистральных газопроводах. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2007. -32 с.*
11. *Винокурцев Г.Г. Методические указания к практическим занятиям по курсу: «Противокоррозионная защита газопроводных систем». Часть 2. Электрохимическая защита газопроводных систем. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2007. -32 с.*