

**МИНИСТЕРСТВО ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР**  
**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ (ВНИИГАЗ)**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ**  
**ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

**Том I**

РАЗРАБОТАНО во ВНИИГАЗе в развитие ранее изданного и утвержденного в 1977 году на основе отечественного и зарубежного опыта, с учетом новых разработок, принятых ГОСТов, ОСТов и других нормативных документов, а также замечаний и пожеланий, полученных от эксплуатационных организаций отрасли.

СОГЛАСОВАНО Начальником Отдела защиты от коррозии газопромыслового и газотранспортного оборудования Мингазпрома А.С.Мельситдиновым 11.11.85.

УТВЕРЖДЕНО Начальником Технического Управления Мингазпрома А.Д.Седых 13.11.85, директором ВНИИГАЗа А.И. Гриценко.

В новой редакции Руководства приведены подробные сведения о практическом применении катодной дренажной и протекторной защиты, технологии и техники измерений при ЭХЗ подземных сооружений. Впервые рассмотрена электрохимическая защита промплощадок и промыслов, а также особенности к ее применению в условиях Севера.

В приложениях даны рекомендации по использованию новых методов определения поляризационных потенциалов газопроводов, практическому применению протяженно-распределенных анодов, рекомендуемой структуре служб защиты от коррозии в системе Мингазпрома, приводятся формы технической документации и табель оснащения служб защиты от коррозии (Том II).

**ВВЕДЕНИЕ**

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года поставлена задача увеличить добычу газа в 1,6-1,8 раза, существенно увеличить строительство газотранспортных систем.

В СССР в настоящее время действуют такие крупные газотранспортные системы как: Бухара - Урал, Средняя Азия - Центр, Западная Сибирь - Центр - Госграница, Украинская и другие. Их общая протяженность на сегодня превышает 160 тыс. км, а их стоимость достигает 70% стоимости основных фондов отрасли. Характерной особенностью XI пятилетки было строительство газотранспортных систем больших диаметров на повышенное давление из районов Западной Сибири.

В процессе эксплуатации газопромысловое и газотранспортное оборудование, расположенное в различных почвенно-климатических зонах страны, подвергается воздействию природных и технологических факторов, различных сред, содержащих агрессивные компоненты, блуждающих токов, механическому давлению грунта, перепаду низких и высоких температур, что ведет к коррозионному разрушению и сокращению нормативного срока службы газопроводов и оборудования. Долговечность и надежность подобных сооружений непосредственно зависит от уровня развития и качества применяемых средств противокоррозионной защиты.

Придавая важное значение проблеме борьбы с коррозией, ВНИИГАЗом в 1977 году было впервые разработано "Руководство по эксплуатации средств электрохимической защиты магистральных газопроводов", которое было направлено на усиление контроля за качеством строительства и эксплуатации магистральных газопроводов.

В новой редакции "Руководства..." на основании обобщения передового отечественного и зарубежного опыта сделана попытка осветить современное состояние этой проблемы. За истекший период произошли существенные изменения в технике защиты от коррозии подземных сооружений, разработаны новые методы и средства защиты, приборы контроля за качеством строительства и эксплуатации систем ЭХЗ и защитных покрытий магистральных газопроводов. Разработана нормативно-техническая документация, направленная на повышение качества на этапах разработки новых технических средств защиты, приборов контроля, проектирования, строительства и эксплуатации систем ЭХЗ.

В настоящее время по объему производства аппаратуры, оборудования и материалов для катодной, дренажной и протекторной защиты наша страна занимает одно из первых мест в мире. Выпускаются сетевые катодные станции ручного и автоматического регулирования тока и потенциала, унифицированные по мощности и напряжению, в единичном блочно-комплектном исполнении, автономные источники тока, поляризованные электродренажные установки, анодные заземлители из коррозионно-стойких материалов, магниевые протекторы. Применяются средства контроля коррозионного состояния и защищенности трубопроводов - электроизмерительные и коррозионно-измерительные приборы, полевые электроисследовательские лаборатории электрохимической защиты, контрольно-измерительные пункты, переносные и стационарные неполяризующиеся медносульфатные электроды сравнения и другое оборудование и приборы.

Эффективность использования этого оборудования, приборов и материалов - важная задача газодобывающих и газотранспортных предприятий отрасли. В новой редакции "Руководства..." по новому расположены отдельные главы, устаревшие разделы исключены, дополнительно включены многие новые вопросы. Приведены подробные сведения о применяемых преобразователях для катодной защиты и анодных заземлениях, дренажных устройствах и установках протекторной защиты.

В главах и разделах, посвященных электрическим измерениям, детально освещены вопросы электрометрических исследований, в том числе в зонах блуждающих токов. Особое внимание уделяется новым методам определения поляризационных потенциалов газопроводов. Заново написана глава по эксплуатации средств электрохимической защиты. Практика электрохимзащиты, как показывает опыт, значительно сложнее ее теоретических основ, поэтому значительное внимание уделено вопросам повышения эксплуатационной надежности систем ЭХЗ. Отдельным разделом представлен дистанционный контроль за работой установок катодной защиты. Впервые рассмотрены вопросы ЭХЗ промплощадок и промыслов, а также особенности применения ЭХЗ в условиях Севера. Существенно дополнены разделы техники измерений. Приведены технические описания новых приборов контроля: ВВ-I, УДИП-IM, Крона-I и др. Рассмотрена новая технологическая схема ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами.

В приложениях даны рекомендации по практическому применению новых критериев ЭХЗ, определению вредного влияния катодной защиты на соседние сооружения и его устранению, обнаружению макрогальванопар на действующих газопроводах и др. Приводится рекомендуемая структура организации службы ЭХЗ в производственных подразделениях Мингазпрома, формы отраслевой технической документации, порядок и периодичность их заполнения и прохождения.

Практическая направленность "Руководства+", его тесная связь с ГОСТом, правилами технической эксплуатации и другими нормативными документами открывает возможность для широкого и эффективного его применения на предприятиях отрасли. "Руководство+" предназначено для служб защиты от коррозии подземных сооружений Мингазпрома при осуществлении ими задач, изложенных в главе 8 ПТЭ и в "Положении о службе защиты от коррозии подземных металлических сооружений в системе Мингазпрома", рекомендуемом к внедрению в производственных объединениях отрасли.

Руководство разработано сотрудниками лаборатории электрохимической защиты газопроводов ВНИИГАЗа кандидатами технических наук Н.А.Петровым, А.С.Соколовым, инженерами П.И.Данилиным, Ю.Н.Щелкуновым, В.Д.Сулиминым, Б.В.Сидоровым.

Часть материалов представлена для включения в "Руководство..." специалистами ВНИИГАЗа,

ВНИИСТА, проектных институтов и производственных объединений, за что авторы выражают им свою признательность. Авторы благодарят сотрудников лаборатории электрохимической защиты газопроводов, принимавших непосредственное участие в оформлении и подготовке материалов к изданию.

Все замечания и предложения по "Руководству..." просьба направлять по адресу: 142717, Московская область, Ленинский район, пос. Развилка, ВНИИГАЗ, лаборатория электрохимической защиты газопроводов.

## **1. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ**

### **1.1. Общие положения**

#### **1.1.1. Задачей входного контроля оборудования и материалов является:**

- проверка комплектности, качества и исправности;
- определение соответствия технических характеристик требованиям нормативно-технических и других документов, которые определяют эти характеристики.

Получив оборудование, заказчик (или подрядчик) должен убедиться в том, что тара и упаковка не имеют внешних повреждений. Если обнаружены повреждения оборудования при транспортировке, то заказчик (или подрядчик) обязан предъявить акт-рекламацию транспортной организации.

1.1.2. После того, как тара вскрыта и оборудование распаковано в присутствии представителя транспортной организации, необходимо убедиться в том, что доставленное оборудование:

- а) комплектно;
- б) не имеет повреждений и дефектов;
- в) сохранена окраска и консервация покрытий.

1.1.3. В случае, если полученное оборудование некомплектно или имеет дефекты и повреждения, заказчик (или подрядчик) обязан предъявить акт-рекламацию предприятию-изготовителю (приложение 2).

1.1.4. Прежде чем проверить электрические характеристики доставленного оборудования, необходимо тщательно протереть поверхность узлов и деталей и визуально определить, нет ли на них повреждений, а также обрывов электрических цепей.

1.1.5. К входному контролю оборудования допускают лиц, которые изучили сопроводительную документацию этого оборудования и прошли соответствующий инструктаж.

1.1.6. Входной контроль доставленного оборудования осуществляет заказчик в присутствии представителя строительной организации.

1.1.7. Если оборудование принято, то его транспортируют на приобъектный склад и передают подрядчику по акту (см. приложение 3).

1.1.8. Оборудование должно быть передано подрядчику в полной исправности и в срок, предусмотренный договором.

1.1.9. Подрядчик несет ответственность за оборудование до тех пор, пока оно не будет смонтировано и принято рабочей комиссией.

### **1.2. Входной контроль автоматических станций катодной защиты типа ПАСК-М, ТДЕ-9, АРТЗ.**

#### **1.2.1. Проверку электрических параметров станций катодной защиты осуществляют в**

соответствии со схемами (рис.1.1 ÷ 1.2). Питание катодных станций от сети осуществляется через регулятор напряжения с пределами регулирования 150-250 В на ток не ниже 50 А.

1.2.2. В качестве измерительных приборов во внешней цепи схемы могут быть использованы приборы типа М-231 и Ц4314. Для расширения пределов измерения тока можно применить наружный шунт.

1.2.3. Как нагрузочные сопротивления могут быть использованы включаемые параллельно: сопротивления СД-210; ползунковые реостаты типа РСРС; обычные лампы накаливания. Корпус катодной станции необходимо заземлить. Сечение соединительных проводов должно быть не менее  $30 \text{ мм}^2$ .

1.2.4. При входном контроле проверяется работа станции в неавтоматическом и автоматическом режимах.

Проверка работы станций (ПАСК-М, ТДЕ-9) в ручном режиме должна производиться при сопротивлениях нагрузки  $R_H$  и напряжении питания 220 В. Устанавливается сопротивление

$$R = \frac{U_H}{J_H};$$

где:  $U_H$  - номинальное значение напряжения КС, В;

$J_H$  - номинальное значение силы тока КС, А.

Выводы вторичной обмотки трансформатора силового блока и обмотки дросселя включены на верхнее значение номинального выпрямленного напряжения. Включается агрегат в ручном режиме при установке переключателя в положение "Ручное". Вращением ручки "Ручное" выходное напряжение изменяется в пределах от 10 до 100% от  $U_H$ . При этом выходной ток также изменяется от  $0,1 J_H$  до  $J_H$ . Проверка повторяется при переключении выводов вторичной обмотки силового трансформатора и обмотки дросселя на нижнее значение выпрямленного напряжения при сопротивлении нагрузки  $R_H$ , равному 25% от первоначального. При проверках показания вольтметров и амперметров, установленных в преобразователях, не должны отличаться от показаний приборов рV2 и рА более чем на 5% (рис. 1.1).

1.2.5. Проверка станций (ПАСК-М, ТДЕ-9, АРТЗ) в автоматическом режиме производится следующим образом. Станции подключаются в соответствии со схемами рис. 1.1, 1.2 при напряжении питающей сети 220 В. Переключатель SA1 (ПАСК-М и ТДЕ-9) устанавливается в положение "Автомат". Станции включаются и ручкой "Автомат" (ПАСК-М, ТДЕ-9) и "Защитный ток" (АРТЗ) устанавливаются  $J_H$  при сопротивлении нагрузки  $R_H$ . Резистором  $R_H$  (рис. 1.1) устанавливаются показания вольтметра рV2 в пределах  $1 \div 3,5$  В. Изменяется напряжение питания от 180 до 240 В для ПАСК-М, ТДЕ-9 и от 165 до 242 для АРТЗ. При этом показания амперметров РА должны оставаться без изменений. Напряжение питания устанавливается равным 220 В.

1.2.6. Входной контроль преобразователей ПСК-М.

Контроль производится по схеме рис.1.2.

Выводы вторичной обмотки трансформатора силового блока и обмотки дросселя устанавливаются на верхнее значение номинального выпрямленного напряжения, преобразователь включается и ручкой потенциометра "Ручное" проверяется возможность регулирования выпрямленного напряжения в пределах от  $0,1 J_H$  до  $J_H$  при напряжении питающей сети 180 и 240 В соответственно. При этом выпрямленный ток также изменяется в пределах от  $0,1 J_H$  до  $J_H$ . Проверка производится при сопротивлении нагрузки  $R_H$ . Проверка повторяется при переключении

выводов вторичной обмотки силового трансформатора и дросселя на нижнее значение выпрямленного напряжения.

При этом сопротивление нагрузки  $R_H$  равно 25% первоначального. При проверках показания вольтметра и амперметра, установленных в преобразователе, не должны отличаться от показаний приборов PV2 и RA (рис.1.2) более чем на 5%.

1.2.7. Если характеристики катодной станции не соответствуют данным, приведенным в технических описаниях, необходимо отправить рекламацию на завод-изготовитель или вызвать представителя завода-изготовителя для ремонта станций.

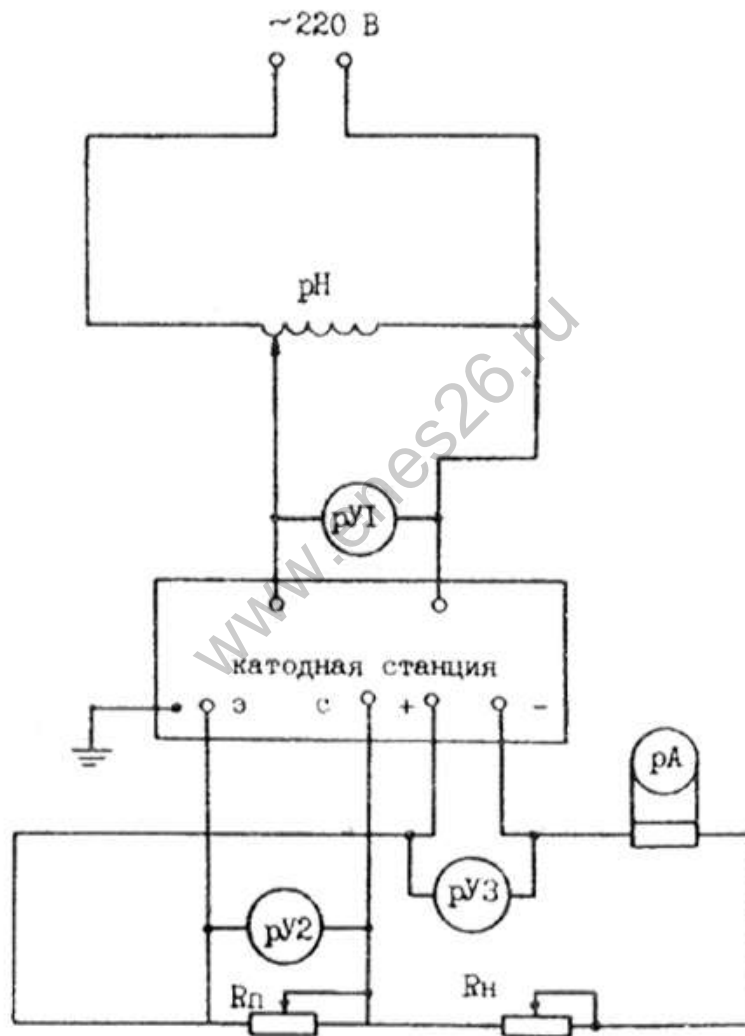


Рис. 1.1. Схема подключения приборов и оборудования при проверке катодной станции с автоматическим поддержанием защитного потенциала

pH - регулятор напряжения;

pV1 - вольтметр переменного тока;

pV2, pV3 - вольтметры постоянного тока;

pA - амперметр постоянного тока;

$R_{\Pi}$ ,  $R_{\text{H}}$  - нагрузочные сопротивления.

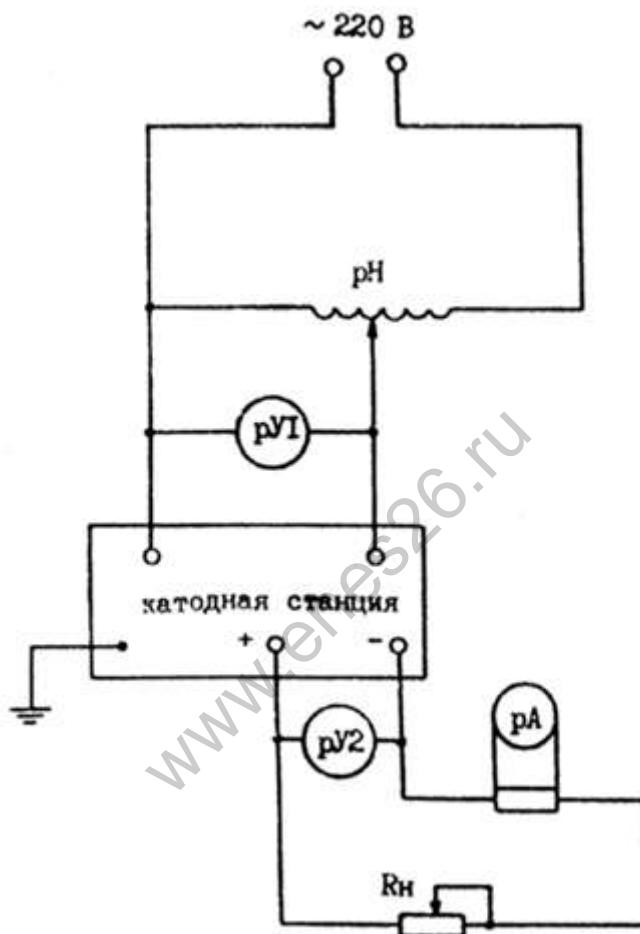


Рис. 1.2. Схема подключения приборов и оборудования при проверке катодных станций с автоматическим поддержанием защитного тока и неавтоматических катодных станций

pH - регулятор напряжения;

pV1 - вольтметр переменного тока;

pV2 - вольтметр постоянного тока;

pA - амперметр постоянного тока;

$R_{\text{H}}$  - нагрузочное сопротивление.

### 1.3. Входной контроль поляризованных дренажей типа ПД-3А и ПГД-200.

1.3.1. Проверка электрических характеристик дренажа ПД-3А производится следующим образом.

При величине регулировочного сопротивления 0,12 Ом на клеммы дренажа подается от источника питания постоянное напряжение 56 В. Необходимо следить за соблюдением полярности при подключении источника питания к дренажу: плюсовую клемму источника питания необходимо соединить с плюсовой клеммой дренажа (клеммой, к которой подключается защищаемое сооружение); минусовую клемму источника питания - с минусовой клеммой дренажа.

Затем путем переключения переключателя необходимо менять величины нагрузочных сопротивлений и следить за показаниями амперметра, ток которого должен соответствовать значениям, приведенным в табл.1.1, 1.2.

Таблица 1.1

Величина регулировочного сопротивления, Ом	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32
Ток на амперметре, А+15%	460	345	275	230	170

1.3.2. Проверка электрических характеристик дренажа ПГД-200 осуществляется аналогично проверке дренажа ПД-3А, с той разницей, что на клеммы дренажа от источника питания подается постоянное напряжение 10 В. Меняя величины регулировочных сопротивлений с помощью секционного реостата, следят за показаниями амперметра, ток на котором должен соответствовать значениям, приведенным в табл.1.2.

Таблица 1.2

Величина регулировочного сопротивления, Ом	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Ток на амперметре, А+15%	200	100	65	50	40	35	30	25	22	20

Примечание: Во время проверки электрических характеристик дренажей следует перед каждым переключением переключателя отключать источник питания постоянного напряжения во избежание поражения электрическим током.

1.3.3. В случае несоответствия электрических характеристик дренажей данным табл. 1.1 и 1.2 дренажи необходимо отправить на завод-изготовитель для ремонта (замены) или вызвать представителя завода на место.

1.4. Входной контроль протекторов типа ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У.

1.4.1. После получения протекторов типа ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У необходимо провести их тщательный визуальный контроль. Прежде всего необходимо убедиться в наличии маркировки на хлопчатобумажных и бумажных мешках, в которой указываются:

- тип протектора с активатором;
- марка сплава;
- предприятие-изготовитель.

При поставке неупакованных протекторов маркировка сплава наносится краской на торце анода (в зоне большой воронки) в виде полос: для сплава МПУ - одна желтая полоса; для сплава МПУ<sup>ВЧ</sup> - две желтые полосы.

1.4.2. Необходимо убедиться в целостности и отсутствии влаги на бумажных транспортировочных мешках для протекторов типа ПМ-5У, ПМ-10У и хлопчатобумажных транспортировочных мешках для протекторов типа ПМ-20У. В случае, если протекторы поставляются без транспортировочных мешков, аналогичный контроль следует проводить для хлопчатобумажных мешков, в которых помещаются протекторы с активатором.

Хлопчатобумажные мешки не должны иметь разрывов, на поверхности не должно быть следов влаги, грязи.

Необходимо убедиться в том, что проводник (вывод) хорошо подсоединен к контактному сердечнику и место подсоединения тщательно изолировано.

В случае несоответствия протекторов вышеперечисленным требованиям они возвращаются на завод-изготовитель.

#### 1.5. Входной контроль анодных заземлителей.

1.5.1. После получения анодных заземлителей необходимо провести их визуальный внешний осмотр и убедиться в отсутствии видимых повреждений (отверстия в кожухе, обрыв кабеля, отсутствие маркировки на кожухе, повреждение электродов и т.д.).

Необходимо убедиться в том, что проводник (вывод) хорошо подсоединен и место подсоединения (контакта) качественно изолировано.

На поверхности кожуха заземлителей АК-1, АК-3, АК-1Г, АК-2Г не должно быть более 5 вмятин. Допустимая глубина вмятин - 10 мм при их диаметре не менее 20 мм. На поверхности заземлителей АЗМ-2, графитовых и графитопластовых заземлителей не должно быть трещин и сколов глубиной более 5 мм.

На поверхности всех типов заземлителей не должно быть следов краски, масла и других неэлектропроводных материалов.

1.5.2. Для контроля контактного соединения проводится измерение сопротивления электродов. Это сопротивление не должно превышать величин, указанных в табл.1.3. Измерение сопротивления производится между корпусом электрода и оголенным концом вывода. В качестве измерительного прибора используются измерители сопротивлений, например, УПИП-60М, РЗ69, МО-61 и т.д.

Таблица 1.3

Тип электрода	ЭГ-1500	ЭГ-2500	АЗМ-2
Сопротивление, Ом	0,5	0,7	0,1

Укладка в землю и приемка в эксплуатацию отбракованных по п.п. 1.5.1, 1.5.2 заземлителей не допускается.

## 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ

### 2.1. Измерение защитных потенциалов "сооружение-земля".

2.1.1. Под потенциалом "сооружение-земля" понимается разность потенциалов между поверхностью (металлом) трубопровода и ближайшими слоями земли.

2.1.2. Измерения потенциалов "сооружение-земля" осуществляется вольтметром, одна клемма которого подключается непосредственно к металлу сооружения, а вторая к электроду сравнения, осуществляющему контакт с грунтом.



2.1.3. При измерениях потенциалов "сооружение-земля" на обычных КИП (с омической составляющей) при постоянно включенной установке ЭХЗ показания вольтметра представляют собой сумму потенциалов :

$$U_{c-з} = U + \Delta U_{\Pi} + IR^*,$$

-----  
\* Более подробно данная формула раскрыта в приложении 20.

где:

$U_{c-з}$  - показания вольтметра, В;

$U_c$  - стационарный потенциал сооружения без наложенного тока (при выключенных установках ЭХЗ и отсутствии блуждающих токов), В;

$IR$  - омическая составляющая измеренного потенциала, представляющая собой падение напряжения при протекании наложенного установкой ЭХЗ защитного тока в изоляции и слоя грунта между трубопроводом и точкой установки электрода сравнения, В;

$\Delta U_{\Pi}$  - поляризационная составляющая измеренного потенциала "сооружение-земля", представляющая собой смещение электрохимического потенциала трубопровода в результате протекания наложенного установкой ЭХЗ защитного тока, В.

2.1.4. Поляризационный потенциал, представляющий собой сумму стационарного потенциала сооружения и поляризационной составляющей измеренного защитного потенциала, определяет скорость протекания коррозионных процессов и служит критерием защищенности трубопровода.

2.1.5. Для измерения потенциалов "сооружение-земля" применяются вольтметры постоянного тока (приложение 4) с входным сопротивлением не менее 10 МОм/В.

2.1.6. Допускается проводить измерения прибором с входным сопротивлением не менее 20 кОм/В на двух пределах с исключением ошибки измерения при условии увлажнения грунта в местах установки электродов сравнения. Для прибора М231 при измерении на пределах 1В и 5В искомая величина определяется по формуле:

$$U_{c-зр} = \frac{4U_{c-з1} - U_{c-з5}}{5U_{c-з1} - U_{c-з5}},$$

где:

$U_{c-зр}$  - расчетный потенциал "сооружение-земля", В;

$U_{c-з1}$  - показания ампервольтметра М231 на пределе 1В, В;

$U_{c-з5}$  - показания ампервольтметра М231 на пределе 5В, В.

2.1.7. В качестве электрода сравнения должны использоваться медносульфатные неполяризующиеся электроды (приложение 17).

2.1.8. Измерения потенциала "сооружение-земля" производится в специально выполняемых контрольно-измерительных пунктах (КИП), в специально отрываемых шурфах, а также в местах, где возможно подсоединение к металлу сооружения (выходы сооружения на поверхность, крановые площадки и т.д.) (рис. 2.1.).

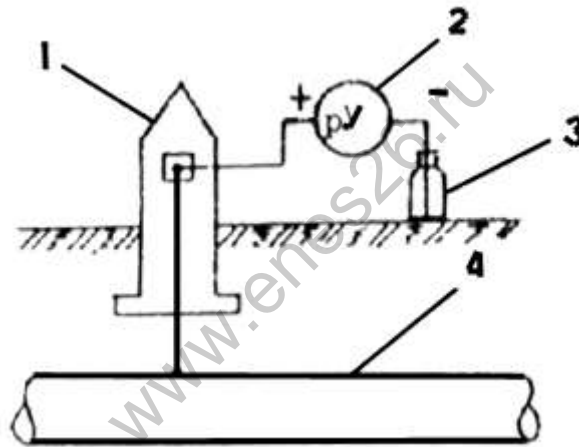
2.1.9. Электрод сравнения должен устанавливаться на поверхности земли непосредственно над сооружением, возможно ближе к нему. Если трасса трубопровода точно неизвестна, для повышения точности измерения рекомендуется производить измерения при последовательной установке электрода сравнения в 5-6 точках, перпендикулярно оси трубопровода с шагом 0,5 м. При этом за истинное принимается минимальное значение защитных потенциалов "сооружение-земля".

2.1.10. Для улучшения контакта электрода сравнения с грунтом при измерениях с прибором М231 место установки электрода должно быть увлажнено.

2.1.11. При измерениях потенциалов "сооружение-земля" положительная клемма прибора подключается к трубопроводу, а отрицательная - к электроду сравнения. При использовании приборов с нулем посередине шкалы, если стрелка прибора отклоняется влево, потенциал сооружения регистрируется с отрицательным знаком, если вправо - с положительным.

При использовании приборов с односторонней шкалой плюсовая клемма подключается к электроду сравнения, а отрицательная - к трубопроводу. При этом потенциал трубопровода регистрируется с отрицательным знаком.

а)



б)

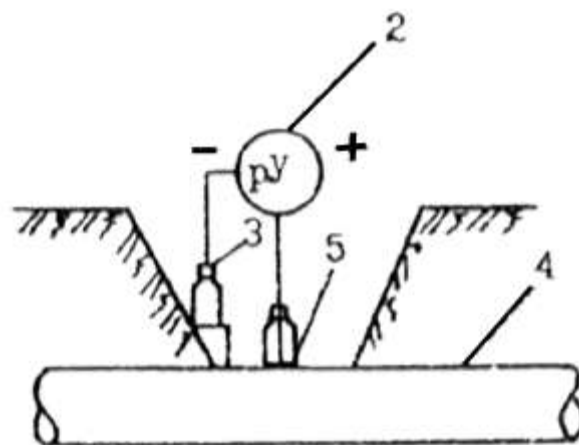


Рис. 2.1. Схема измерения разности потенциалов "сооружение-земля"

а) - в КИП; б) - в шурфе.

1 - КИП; 2 - вольтметр; 3 - электрод сравнения; 4 - трубопровод;  
5 - контактное устройство.

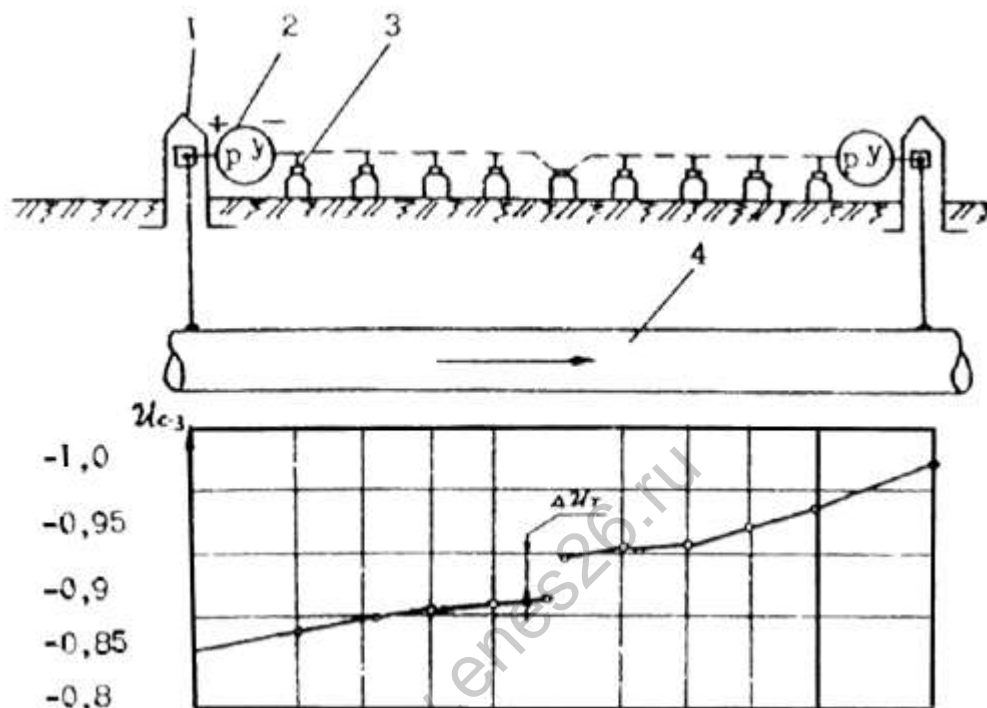


Рис. 2.2. Схема измерения потенциала "сооружение-земля" методом выносного электрода.  
Обозначения те же, что и на рис. 2.1

2.1.12. При измерениях в местах отсутствия КИП подсоединение производится к зачищенному до блеска металлу трубы (например, магнитным контактом).

2.1.13. При измерении защитных потенциалов "сооружение-земля" между КИП и в точках, где невозможно непосредственное подключение к трубопроводу, должен применяться метод выносного электрода, заключающийся в следующем. Вольтметр подключается к выводу сооружения, а электрод сравнения устанавливается над сооружением в тех точках, где необходимо произвести измерения.

При проведении измерений методом выносного электрода возникает систематическая погрешность, обусловленная тем, что по сооружению протекает защитный ток и, следовательно, падение напряжения на нем включается в измеренную величину. При этом имеет место следующее соотношение:

$$U_{с-з_д} = U_{с-з_{вз}} - \Delta U_T,$$

где:

$U_{с-з_д}$  - действительный потенциал "сооружение-земля", В;

$U_{c-3_{вз}}$  - показания вольтметра при измерении методом выносного электрода, В;

$\Delta U_T$  - падение напряжения на трубопроводе, В.

В вышеприведенном выражении  $\Delta U_T$  берется ее знаком "+", если ток в сооружении совпадает с направлением перемещения электрода сравнения. Таким образом, если электрод сравнения перемещается от КИП в сторону УКЗ -  $U_{c-3_{д}}$  меньше  $U_{c-3_{вз}}$  на величину падения напряжения  $\Delta U_T$  на участке сооружения от КИП до точки установки электрода. На рис. 2.2 представлен график  $U_{c-3_{вз}}$  при измерении методом выносного электрода.

2.2. Особенности измерения защитных потенциалов "сооружение-земля" в поле блуждающих токов.

2.2.1. Наличие блуждающих токов в земле рекомендуется определять по результатам измерения разности потенциалов между проложенными в данном районе подземными металлическими сооружениями и землей.

2.2.2. При невозможности подключения к подземному металлическому сооружению в требуемой зоне наличие блуждающих токов определяется измерением разности потенциалов между двумя точками земли через каждые 1000 м по двум взаимно перпендикулярным направлениям при разном измерительных неполяризующихся электродах на 100 м.

2.2.3. Требование к электроизмерительным приборам аналогичны п.2.1.5 и п.2.1.6.

2.2.4. Контакт с грунтом должен осуществляться с помощью неполяризующихся электродов.

2.2.5. Измерения проводятся в каждой точке в течение 10 ÷ 15 мин с регистрацией показаний через 10 ÷ 15 с. Измерения не должны проводиться во время перерывов движения на электрифицированной железной дороге.

2.2.6. Если измеряемая разность потенциалов изменяется по величине и знаку или только по величине, то это указывает на наличие в земле блуждающих токов электротяги. Если измеряемая разность потенциалов имеет устойчивый характер, это говорит о наличии в земле токов почвенного происхождения или блуждающих токов от ЛЭП постоянного тока или каких-либо других установок постоянного тока, использующих систему "провод-земля".

2.2.7. В зонах блуждающих токов электрифицированного на постоянном токе транспорта рекомендуется использовать самопишущие приборы с нулем посередине шкалы со скоростью движения диаграммной бумаги 180 или 600 мм/ч. За время измерения в одной точке должно пройти не менее двух поездов на электротяге в обоих направлениях. Общее время измерения не должно быть менее 30 мин. В сложных ситуациях для выявления закономерностей изменения потенциалов "сооружение-земля" используются многочасовые записи.

2.2.8. При отсутствии самопишущих приборов допускается измерение стрелочными приборами с нулем посередине шкалы. При этом запись показаний производится через равные промежутки времени продолжительностью (в зависимости от интенсивности движения транспорта) 10-15 с.

2.2.9. Если амплитуда колебаний потенциалов "сооружение-земля" превышает 1 В, то могут применяться стальные электроды сравнения.

При использовании стального электрода измерение следует начинать не ранее чем через 10 мин после установки электрода в грунт. Это же правило соблюдается и при каждой смене положения электрода в грунте или при повторной его установке. Стальной электрод должен быть погружен в грунт на глубину не менее 20 см.

2.3. Измерение поляризационного потенциала сооружения в зоне действия средств электрохимической защиты.

2.3.1. Поляризационный потенциал сооружения измеряется на специально оборудованных контрольно-измерительных пунктах в зоне действия средств электрохимической защиты при грунтах с удельным сопротивлением не выше 150 Ом·м.

2.3.2. Датчик поляризационного потенциала представляет собой стальную пластину размером 25х25 мм, выполненную из металла с более положительным электрохимическим потенциалом, чем потенциал металла сооружения, например, из хромоникелевой стали марки Х18М9Т. Пластина изолируется с одной стороны и укрепляется этой стороной на электроде сравнения.

2.3.3. Электрод сравнения с датчиком устанавливают на уровне оси трубопровода на расстоянии  $10 \div 15$  см от его поверхности.

2.3.4. Поляризационный потенциал сооружения измеряют по схеме, приведенной на рис. 2.3а. При отсутствии блуждающих токов допускается измерение поляризационного потенциала по схеме, приведенной на рис. 2.3б. В обоих случаях вольтметр должен иметь входное сопротивление не менее 10 МОм на 1 В шкалы.

В схеме рис. 2.3а в цепи "сооружение-датчик" целесообразно использовать электромагнитное или полупроводниковое реле, управляемое времязадающим устройством, которое должно обеспечивать плавную регулировку интервалов между срабатываниями реле в пределах  $0,5 \div 5$  с. Продолжительность разрыва цепи "сооружение-датчик" должна быть не более  $0,02 \div 0,03$  с. Емкость накопительного конденсатора  $10 \div 20$  мкФ.

2.3.5. Измерения производятся в следующей последовательности:

для схемы с накопительным конденсатором:

- подключается прерыватель тока и вольтметр согласно схеме;
- через 10 мин после подключения вольтметра включается прерыватель тока;
- устанавливается интервал между срабатываниями реле  $0,5 \div 2$  с;
- через  $6 \div 8$  срабатываний реле снимаются показания вольтметра;
- следующие показания снимаются через 2-3 срабатывания реле.

2.3.6. В схеме с выключателем тока (рис. 2.3б) в цепи "трубопровод-датчик" может быть однополюсный тумблер.

При этой схеме измерения производятся в следующей последовательности:

- подключается выключатель и вольтметр согласно схеме (рис. 2.3б), контакты выключателя замкнуты. Вольтметр при этом фиксирует потенциал "сооружение-земля";
- тумблер выключается, при этом стрелка (перо) прибора быстро перемещается. Показания прибора, соответствующие значению поляризационного потенциала, фиксируются в момент остановки стрелки (пера). Время разрыва цепи "сооружение-датчик" не более  $2 \div 3$  с;
- следующие показания вольтметра снимаются через  $10 \div 15$  с после включения тумблера.

2.3.7. Поляризационные потенциалы снимаются в течение  $10 \div 15$  мин.

2.3.8. Среднее значение поляризационного потенциала  $U_{\Pi}$  определяется как среднее арифметическое измеренных мгновенных значений потенциала во весь период измерений.

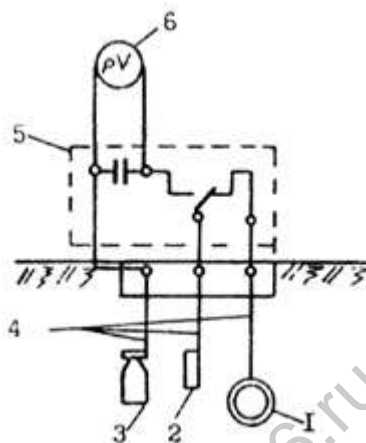
$$\bar{U}_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{n_i}}{m};$$

где:

$\sum_{i=1}^m U_{n_i}$  - сумма мгновенных значений потенциала за весь период измерений, В;

$m$  - общее число измерений.

а)



б)

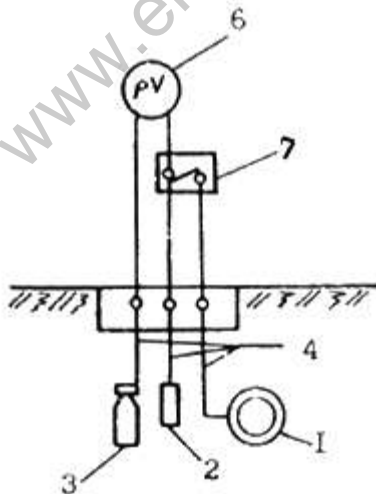


Рис. 2.3. Схемы измерения поляризационного потенциала:

а) схема измерения с накопительным конденсатором;

б) схема измерения с выключателем тока.

1 - трубопровод; 2 - датчик электрохимического потенциала; 3 - электрод сравнения  
длительного действия; 4 - контактные проводники; 5 - прерыватель тока;  
6 - вольтметр; 7 - выключатель.

2.3.9. На сооружениях, не имеющих специально оборудованных контрольно-измерительных пунктов, измерения поляризационного потенциала рекомендуется производить способом прерывистого режима (выключения) рис. 2.4\*. В основе этого способа лежит различие в постоянных времени изменения омической и поляризационной составляющих после выключения поляризующих источников (рис. 2.5).

-----  
\* Изложенная методика разработана и используется институтом ВНИПИТрансгаз.

Установки катодной защиты, обеспечивающие катодную поляризацию участка измерения последовательно переключают на прерывистый режим работы.

При работе УКЗ в прерывистом режиме длительность ее отключений должна быть небольшой, чтобы сооружение практически не деполяризовалось, но достаточной для взятия отсчета. Рекомендуемая продолжительность одного полного цикла прерывистого режима УКЗ (измерения стрелочным прибором) составляет:

- продолжительность отключения - не более 3 с;
- продолжительность включения - 57 с.

Работы по методу прерывистого режима осуществляются в следующей последовательности:

а) фиксируются режимы работы станций УКЗ, обеспечивающих поляризацию участков предстоящих измерений;

б) прерыватель тока с заданным циклом работы подключают в разрыв низковольтной цепи первой УКЗ.

Одна из возможных конструкций прерывателя, разработанная ВНИПИТрансгазом, приведена на рис. 2.6;

в) подключают измерительный прибор в контрольно-измерительном пункте и производят 5-10 измерений потенциала "сооружение-земля" в период работы УКЗ<sub>1</sub> (устойчивое положение стрелки в течение 57 с).

Данные фиксируются;

г) в момент выключения УКЗ<sub>1</sub> стрелка прибора мгновенно перемещается (падает) и в дальнейшем происходит замедленное "сползание" стрелки прибора. Первое мгновение падения потенциала после выключения тока поляризации будет соответствовать величине его омической составляющей. Показания прибора в момент начала дальнейшего замедленного уменьшения потенциала (момент остановки стрелки между "мгновенным падением" и "сползанием") соответствует, в первом приближении, величине поляризационного потенциала. На каждом КИП производят 5-10 измерений поляризационного потенциала. Данные фиксируются;

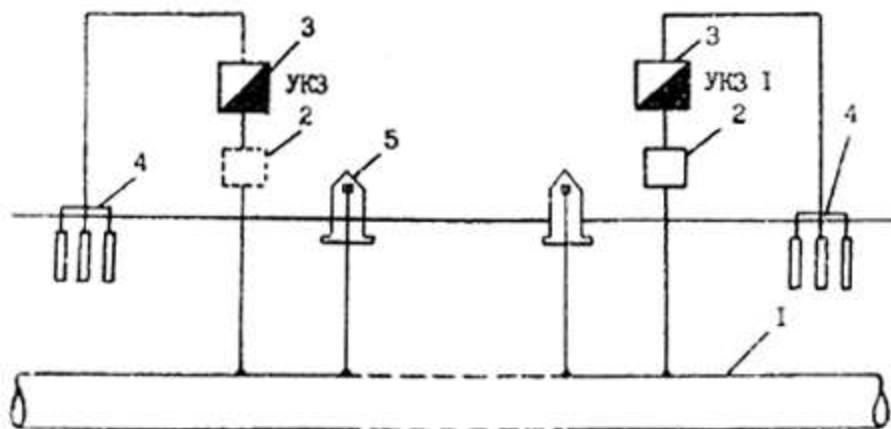


Рис. 2.4. Измерение поляризационного потенциала методом прерывистого режима.

1 - трубопровод, 2 - прерыватель тока, 3 - станция катодной защиты, 4 - анодное заземление, 5 - контрольно-измерительный пункт.

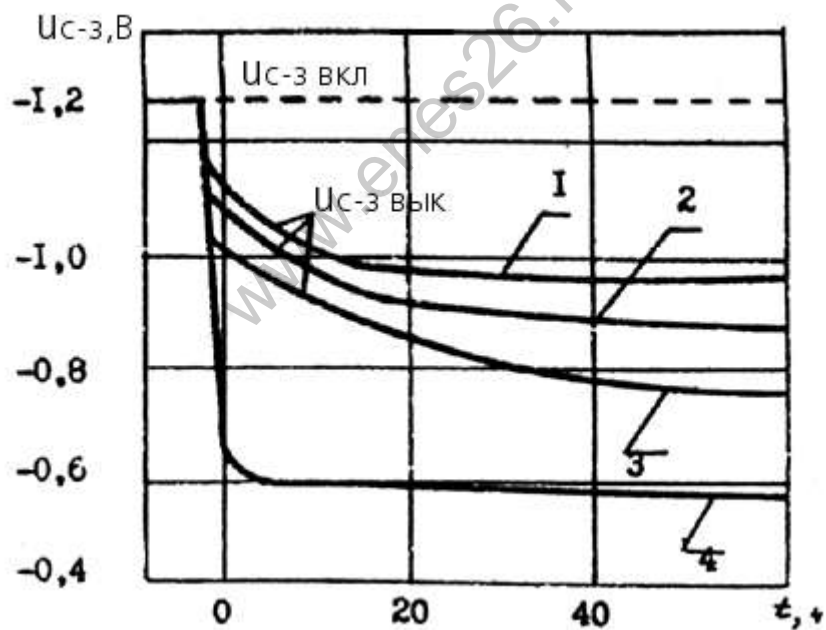


Рис. 2.5. Измерение разности потенциалов во времени после отключения поляризующего тока.

1 - трубопровод после 10 лет катодной защиты;  
 2 - трубопровод после 2 лет катодной защиты;  
 3 - трубопровод после 3 лет катодной защиты;  
 4 - резервуар после 1 ч катодной защиты.



Обозначение	Наименование	Тип	Основные данные
К	Магнитный пускатель	ПА-300	~ 220 В
К1, К2, К3	Контакты пускателя		на ток до 40 А
Д	Синхронный двигатель	ДСД2-П1	~ 220 В
В	Микровыключатель	МП2101	
1, 2, 3	Клеммы для подключения прерываемых цепей		на ток до 40 А
4	Клеммы для подключения питания		~ 220 В

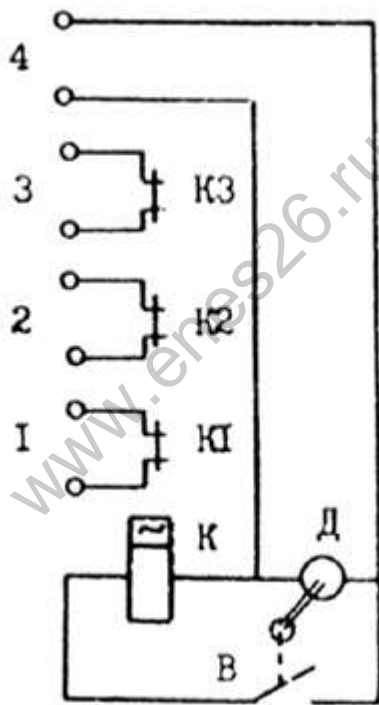


Рис. 2.6. Схема автоматического прерывателя тока АПТ-3

д) вычисляется среднее значение потенциала "сооружение-земля"

$$\bar{U}_{c-3} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{c-3_i}}{m},$$

где:

$\sum_{i=1}^m U_{c-3_i}$  - сумма значений разности потенциалов "сооружение-земля", В;

$m$  - общее число измерений.

Среднее значение поляризационного потенциала ( $\bar{U}_{\Pi}$ )

$$\bar{U}_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^m U_{\Pi_i}}{m},$$

где:

$\sum_{i=1}^m U_{\Pi_i}$  - сумма мгновенных значений поляризационного потенциала за весь период измерений;

е) по формуле:

$$\bar{IR} = \bar{U}_{c-3} - \bar{U}_{\Pi}, \text{ В}$$

определяют (в первом приближении) величину омической составляющей от УКЗ<sub>1</sub>, с учетом  $U_c$  принимаем, что на всем участке  $U_c$  приблизительно одинаков;

ж) полученные средние значения потенциалов "сооружение-земля" и поляризационного потенциала заносят в журнал;

з) отключают измерительный прибор от КИП и переходят на следующую по ходу измерений точку (КИП прямого хода измерений), где процесс измерений повторяется.

2.3.10. При прямом ходе измерения производят до тех пор, пока возможно определение величины омической составляющей (0,01-0,02 В), после чего УКЗ<sub>1</sub> переводят в непрерывный режим работы, а прерыватель тока устанавливают на УКЗ<sub>2</sub>.

2.3.11. Согласно вышеизложенной методике, проводят измерения обратного хода (в сторону УКЗ<sub>1</sub>) и прямого хода (в сторону УКЗ<sub>3</sub>) и т.д.

2.3.12. В конце рабочего дня производят обработку полученных измерений. Для этого в каждой точке наблюдений определяют суммарную величину омической составляющей потенциала, наложенного всеми УКЗ ( $\bar{IR}_{\Sigma}$ ):

$$\bar{IR}_{\Sigma} = \sum_{n=1}^{n=k} IR_n = IR_1 + IR_2 + IR_n + \dots + IR_k,$$

где:

$IR_n$  - омическая составляющая потенциала, наложенного  $n$ -ой УКЗ в данной точке, В;

$k$  - количество измеренных значений.

2.3.13. Окончательное значение величины поляризационного потенциала в каждой точке наблюдения ( $U_{\Pi}$ ) определяется выражением:

$$\bar{U}_{\Pi} = \bar{U}_{c-3} - \bar{IR}_{\Sigma} .$$

2.3.14. Полученные значения величин поляризационных потенциалов наносят на график.

2.3.15. Если в каждой точке измерений имеются значения стационарных потенциалов, то дополнительно определяется значение величины наложенной поляризационной составляющей ( $\Delta U_{\Pi}$ ):

$$\Delta \bar{U}_{\Pi} = U_{\Pi} - U_c ,$$

$U_c$  - стационарный потенциал "сооружение-земля", В.

2.3.16. Изложенная методика может быть рекомендована к применению в плохо аэрируемых увлажненных грунтах, например, обводненных грунтах северных районов. Экстраполяционные методы измерения поляризационных потенциалов даны в приложении.

2.4. Измерение разности потенциалов между трубопроводом и соседним металлическим сооружением.

2.4.1. Под разностью потенциалов "трубопровод-сооружение" понимается разность потенциалов между поверхностью (металлом) трубопровода и поверхностью (металлом) соседнего металлического сооружения (рельсов электрифицированной ж.д., трубопроводов, кабелей и т.д.).

2.4.2. При проведении измерений на силовых кабелях следует пользоваться только оборудованными на них КИП и соблюдать действующие правила по технике безопасности.

2.4.3. Измерение разности потенциалов "трубопровод-сооружение" проводится в местах пересечения их друг с другом и в местах параллельного следования и сближения на расстоянии менее 50 м, а также на расстоянии более 50 м, если соседнее сооружение вредно влияет на обследуемый трубопровод.

2.4.4. При измерениях разности потенциалов "+" вольтметр подключается к трубопроводу, "-" - к сооружению.

2.4.5. Порядок измерений при определении вредного влияния катодной поляризации на соседние подземные металлические сооружения приведен в приложении п.40.

2.5. Измерение величины и направления тока, текущего по трубопроводу.

2.5.1. Измерение величины и направления тока, текущего по трубопроводу, проводится милливольтметром постоянного тока визуальным стрелочным или самопишущим (рис. 2.7).

2.5.2. Ток по трубопроводу течет по направлению от точки с более высоким потенциалом к точке с более низким потенциалом.

Стрелка прибора отклоняется вправо при подключении плюсовой клеммы к точке трубопровода, имеющей более высокий потенциал.

2.5.3. Среднее значение тока, протекающего по трубопроводу на участке измерения, определяется по формуле:

$$I_T = \frac{\bar{U}}{lR_T} ,$$

где:

$\bar{U}$  - среднее значение показаний вольтметра за период измерений, В;

$l$  - расстояние между точками подключения, м;

$R_T$  - продольное сопротивление трубопровода, Ом/м.

Значения продольных сопротивлений трубопроводов приведены в табл. 2.1.

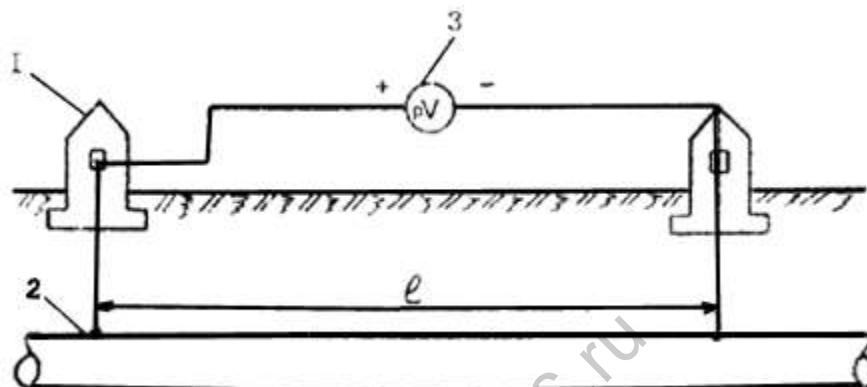


Рис. 2.7. Схема измерения силы и силы направления тока.

1 - КИП; 2 - трубопровод; 3 - милливольтметр.

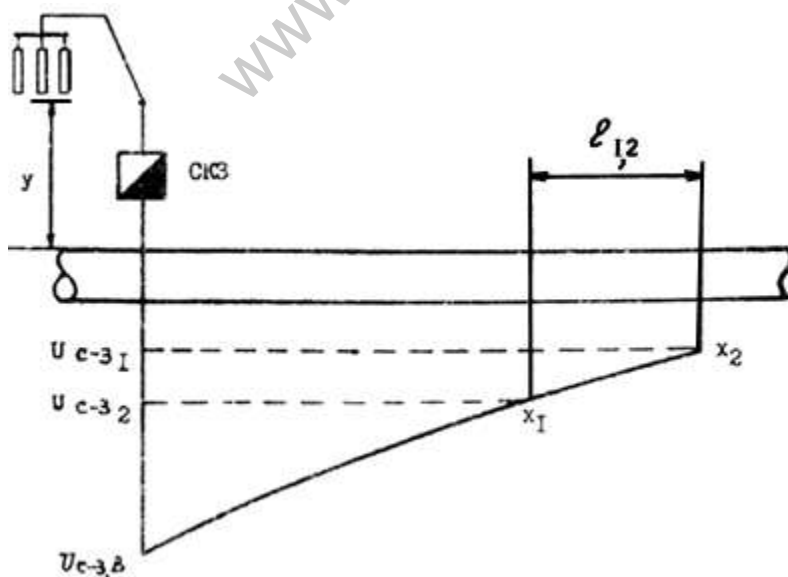


Рис. 2.8. Схема измерения переходного сопротивления сооружения



168									..
180									
194									
219									
245									
273									
299									
325									
377									
426									
530									
720	10,0								
820	8,77								
1020	7,03	6,73	6,45	6,20	5,54	5,18	4,86		
1220	5,87	5,61	5,38	5,17	4,62	4,32	4,05	3,82	3,25
1420					3,96	3,70	3,47	3,27	2,79

2.5.4. В зонах отсутствия блуждающих токов измерения производятся визуальным или самопишущим прибором в течение 1-2 мин. В зонах блуждающих токов электрифицированных железных дорог измерения производятся самопишущим прибором. За время измерения должно пройти не менее двух поездов на электротяге под током в обоих направлениях. При отсутствии самопишущих приборов допускается измерение стрелочным прибором. При этом запись показаний производится через равные промежутки времени 10-15 с (в зависимости от интенсивности движения).

Для исключения погрешности, вносимой соединительными проводами, рекомендуется производить измерение на двух пределах. При этом истинное значение напряжения определяется из выражения:

$$U = \frac{U_1 U_2 (R - 1)}{R U_1 U_2},$$

где:

$U_1$  - показания прибора на нижнем пределе измерения;

$U_2$  - показания прибора на более высоком пределе измерения;

$R = \frac{\text{входное сопротивление прибора на высоком пределе измерения}}{\text{входное сопротивление на нижнем пределе измерения}}.$

## 2.6. Измерение переходного сопротивления сооружения.

2.6.1. Под переходным сопротивлением сооружения понимается сопротивление цепи, состоящей из: суммарных сопротивлений на границах раздела стенки сооружения - изоляция - грунт, сопротивления изоляции и сопротивления растеканию тока в земле.

2.6.2. Усредненное переходное сопротивление протяженного участка сооружения определяется методом опытной установки катодной защиты (рис. 2.8). В качестве опытной установки катодной защиты могут быть использованы существующие установки. При этом должна работать только одна установка катодной защиты, две соседние установки должны быть отключены.

2.6.3. При определении переходного сопротивления методом опытной установки катодной защиты измеряется стационарный потенциал сооружения  $U_c$ . Стационарный потенциал измеряется аналогично измерению защитного потенциала "сооружение-земля" после выключения на срок не менее трех суток установок электрохимической защиты. После этого включается катодная станция, в зоне которой производится измерение и, если потенциал в точке дренажа и ток катодной станции остаются неизменными в течение 2-3 часов, производится измерение потенциала "сооружение-земля". При этом наложенный потенциал в точках измерения (рис. 2.8) определяется выражением:

$$\Delta U_{c-3_1} = U_{c-3_1} - U_{c_1}$$

$$\Delta U_{c-3_2} = U_{c-3_2} - U_{c_2}$$

Переходное сопротивление рассчитывается по формуле:

$$R_H = \frac{R_T l_{12}^2}{\ln^2 \frac{\Delta U_{c-3_1}}{\Delta U_{c-3_2}}},$$

где:

$l_{12}$  - расстояние между точками измерения  $X_1$  и  $X_2$ , м.

Точки  $X_1$  и  $X_2$  должны находиться на расстоянии  $X \geq 5U$  от точки дренажа, чтобы исключить влияние поля анодного заземления. При этом  $|\Delta U_{c-3_1}| > |\Delta U_{c-3_2}|$  и они должны отличаться друг от друга и от величины  $U_c$  не менее, чем на 0,05 В. Не рекомендуется точки измерения выбирать на трубопроводе в местах, где:

$$|U_{c-3}| < 0,1 \text{ В.}$$

2.6.4. Входное сопротивление сооружения  $R_{вх}$  в точке дренажа определяется из выражения:

$$R_{вх} = \frac{\Delta U_{c-3}}{I_{кз}},$$

где:

$\Delta U_{c-3}$  - наложенный потенциал "сооружение-земля" в точке дренажа, В;

$I_{\text{КС}}$  - сила тока установки катодной защиты в момент измерения, А.

При этом электрод сравнения устанавливается в 50-70 м от трубопровода в сторону, противоположную анодному заземлению.

2.7. Измерение удельного электрического сопротивления грунта и сопротивления растеканию заземлений.

2.7.1. Измерение удельного электрического сопротивления грунта производится по 4-электродной схеме. Электроды размещаются в одну линию, которая для проектируемого сооружения должна совпадать с его осью, а для существующего должна проходить параллельно последнему в 2-4 м от него (рис. 2.9). При этом расстояние между питающими электродами АВ должно находиться в пределах:

$$AB = 4H \div 6H ,$$

где:

$H$  - глубина прокладки подземного сооружения, м.

2.7.2. Величина удельного электрического сопротивления грунта  $\rho_{\Gamma}$ , Ом·м, определяется по формуле:

$$\rho_{\Gamma} = K \frac{U_{MN}}{I} ,$$

где:

$U_{MN}$  - разность потенциалов, измеряемая между приемными электродами М и N, В;

$I$  - величина тока, протекающего через цепь питающих электродов АВ, А;

$K$  - коэффициент, значение которого определяется по формуле:

$$K = 6,28 \frac{l_1 l_3 (l_1 + l_3) (l_2 + l_3)}{l_1 l_2 [(l_1 + l_2) + l_3 (l_2 + l_3)]} ;$$

где:

$l_1, l_2, l_3$  - расстояние между электродами, м.



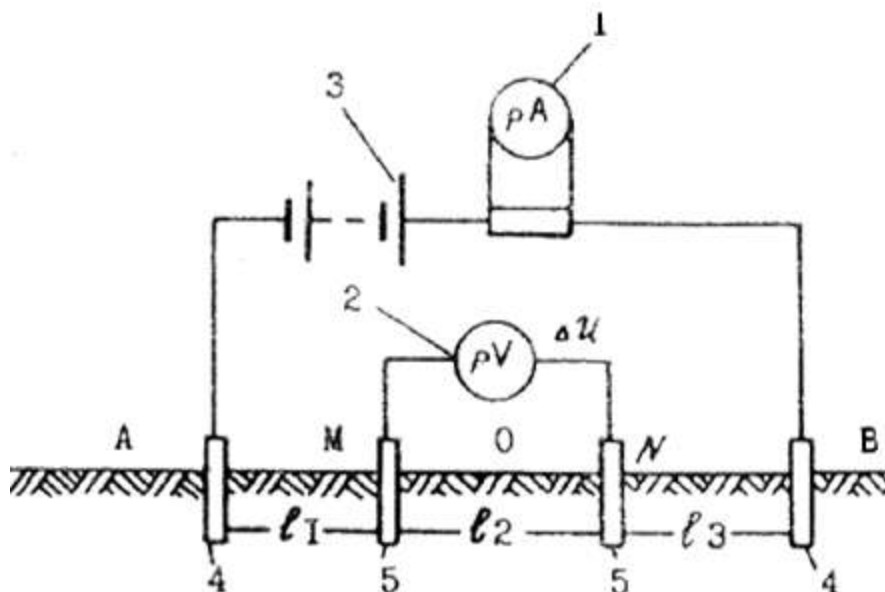


Рис. 2.9. Измерение удельного электрического сопротивления грунта.

1 - амперметр для измерения величины тока в питающей цепи;

2 - вольтметр для измерения разности потенциалов между приемными электродами;

3 - источник тока;

4 - питающие электроды АВ;

5 - приемные электроды MN.

2.7.3. При измерениях по 4-электродной схеме могут быть использованы измеритель заземления М-416 (приложение 5), измеритель заземления МС-08, полевой электроразведочный потенциометр ЭП-1 (ЭП-1М), электронный стрелочный компенсатор ЭСК-1 или другие приборы (рис. 2.10).

2.7.4. Если при измерениях удельного сопротивления грунта расстояние между электродами принимается одинаковым и равным,

то:

$$\rho_{\Gamma} = 6,28aR_k, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$a = 2H$$

где:

$R_k$  - сопротивление по показаниям прибора, Ом.

2.7.5. При измерении удельного сопротивления высокоомных грунтов или грунтов с сухим верхним слоем при высоком переходном сопротивлении измерительных электродов рекомендуется производить измерения по 4-электродной схеме (рис. 2.11) с использованием в качестве источника напряжения генератора, установленного на ПЭЛ ЭХЗ (приложение 9). Измерение тока производится или прибором М231 или Ц4314, также входящих в комплект ПЭЛ ЭХЗ. Измерения разности потенциалов между потенциальными электродами М и N производятся аналогично измерению

защитных потенциалов "сооружение-земля".

Измерения производятся в следующей последовательности. При замкнутом выключателе  $S$  измеряется разность потенциалов между электродами  $M$  и  $N - U_{\text{откл}}$ , после чего включается генератор и на его выходе устанавливается напряжение  $150 \div 200$  В. Включается выключатель  $S$  и измеряются ток  $I$  и разность потенциалов между электродами  $M$  и  $N - U_{\text{вкл}}$ . Удельное сопротивление грунта рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\Gamma} = 2\pi a \frac{|U_{\text{вкл}}| - |U_{\text{откл}}|}{I}.$$

2.7.6. Сопротивление растеканию сосредоточенного заземления измеряется измерителями заземлений МС-08, М-416 или другим аналогичным прибором. Сопротивление заземления измеряется по схеме, представленной на рис. 2.12 в соответствии с инструкцией на прибор.

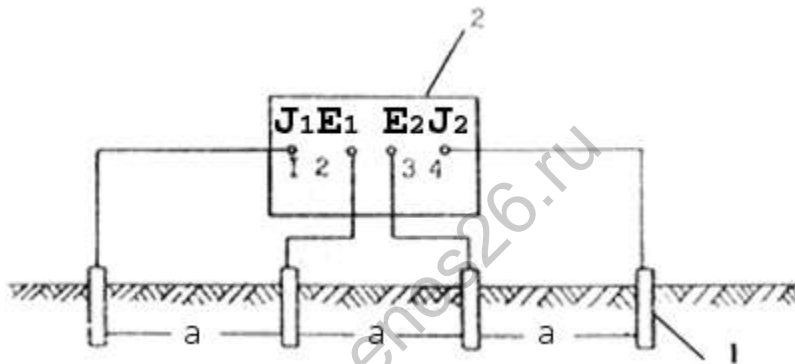


Рис. 2.10. Измерение удельного сопротивления грунта по четырехэлектродной схеме.

1 - измерительные электроды;

2 - измерительный прибор МС-08 или М-416.

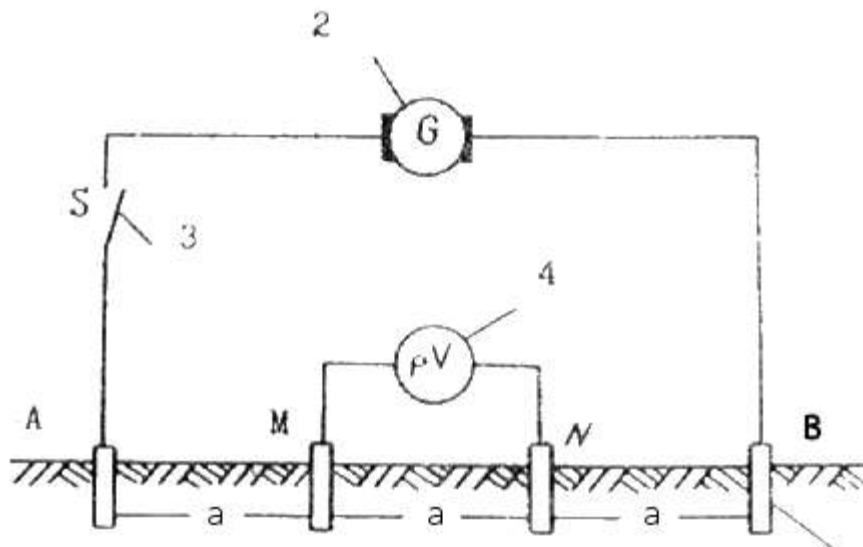


Рис. 2.11. Измерение удельного электрического сопротивления грунта с использованием ПЭЛ ЭХЗ

- 1 - измерительные электроды;
- 2 - генератор ПЭЛ ЭХЗ;
- 3 - выключатель генератора;
- 4 - вольтметр высокоомный.

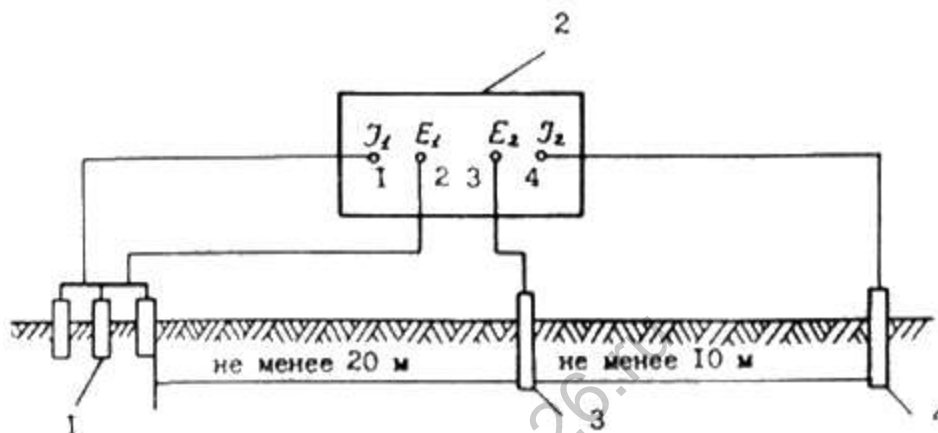


Рис. 2.12. Измерение сопротивления заземления.

- 1 - измеряемое заземление;
- 2 - измеритель заземления МС-08 или М-416;
- 3, 4 - измерительные электроды.

2.7.7. Для сложных заземлений, выполненных в виде контура (анодные заземления), расстояния между контуром и измерительными электродами должны быть не менее указанных на рис. 2.13.

2.7.8. Сопротивление растеканию анодного заземления ориентировочно может быть определено путем измерения сопротивления в цепи катодной станции в соответствии с п.3.1.5.

2.7.9. Сопротивление цепи установки катодной защиты ( $R_{yкз}$ ) можно определить также приборами МС-08 и М-416 при измерении по схеме, представленной на рис. 2.14. При измерениях дренажные кабели отключаются от клемм "+" и "-" катодной станции и подключаются к измерительному прибору.

2.7.10. При "прозвонке" отдельных элементов установки катодной защиты для отыскания мест повреждения к измерительному прибору подключаются начало и конец проверяемой цепи. Например, при проверке целостности соединительных кабелей или проводов между катодной станцией и анодным заземлением клеммы  $E_1 I_1$  (1,2) подсоединяются непосредственно к выводу анодного заземления, а клеммы  $E_2 I_2$  (3,4) к концу дренажного кабеля, отключенного от клеммы "+" катодной станции.

2.7.11. При отсутствии комплекта принадлежностей для проведения измерений электроды выполняются в виде металлического стержня (сталь, медь, латунь) диаметром не менее 10 мм.

2.7.12. Электроды должны забиваться в грунт прямыми ударами для избежания их раскачки. В случае необходимости грунт в местах установки электродов увлажняется или устанавливается рядом дополнительный электрод, соединенный с первым.

## 2.8. Измерения на установках протекторной защиты.

2.8.1. Потенциал "сооружение-земля" в зоне действия протекторных установок измеряется методом выносного электрода. При этом цепь протектор-сооружение остается замкнутой. Шаг измерения должен быть таким, чтобы зафиксировать значение потенциала в середине расстояния между протекторными установками. Во избежание ошибки присоединение прибора следует производить не через контакт протектора с сооружением, а непосредственно к сооружению.

2.8.2. В случае обнаружения участков сооружения с потенциалами менее минимального защитного потенциала в соответствии с ГОСТ 25812-83 выясняется причина недозащищенности - нарушение контакта провода протектора с сооружением, вымывание заполнителя, растворение протектора, ухудшение состояния изоляции и т.д.

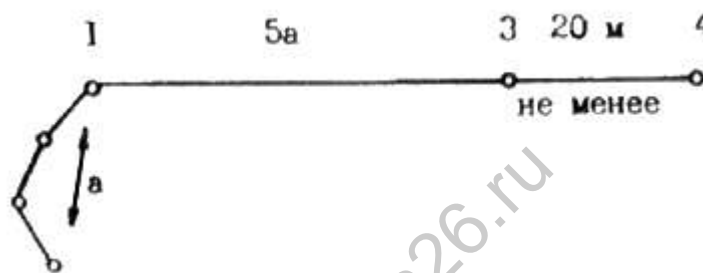


Рис. 2.13. Расположение электродов при измерении сопротивления растеканию контура заземления.

1 - анодное заземление;

3 - 4 - измерительные электроды.

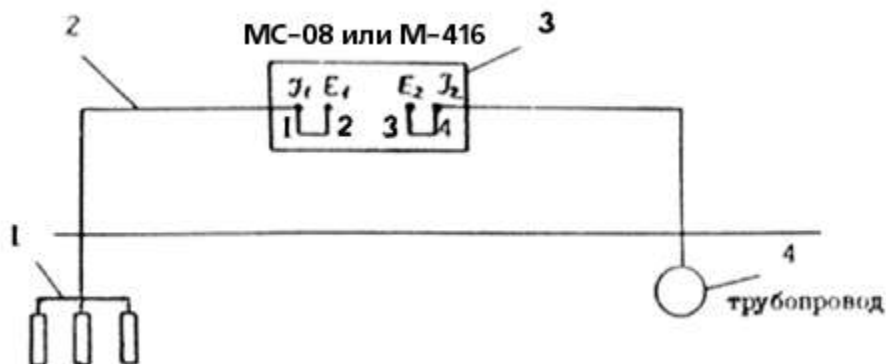


Рис. 2.14. Измерение сопротивления в цепи установки катодной защиты.

1 - анодное заземление;

2 - дренажные кабели или воздушные линии;

3 - измеритель заземления МС-08 или М-416;

#### 4 - трубопровод.

2.8.3. Одновременно с измерением потенциала вдоль сооружения измеряется ток и сопротивление цепи установок протекторной защиты, оборудованных контрольно-измерительными пунктами.

2.8.4. Измерение сопротивления цепи протектор-сооружение проводится аналогично измерениям сопротивления в цепи установки катодной защиты. При обнаружении увеличения сопротивления в цепи установки протекторной защиты по сравнению с предыдущими замерами измеряется удельное сопротивление грунта или сопротивление растеканию протектора по методике п.2.7.7 и сопоставляется с результатами, полученными ранее. Если увеличение сопротивления цепи сочетается с увеличением удельного сопротивления грунта или сопротивлением растеканию, то изменения могут быть объяснены сезонными колебаниями сопротивлений. Резкое увеличение сопротивления цепи свидетельствует о неисправности установки протекторной защиты.

2.8.5. При измерении тока в цепи протекторной установки провода в контрольно-измерительной колонне размыкаются и в разрыв цепи подключается измерительный прибор (рис. 2.15).

2.8.6. Поскольку цепь протекторной установки низкоомная, включение амперметра может внести значительную погрешность в результате измерения. Поэтому следует применять миллиамперметры с малым внутренним сопротивлением или измерять ток при помощи шунтов. Использование прибора М-231 допускается на протекторных установках, состоящих из группы не более 10 протекторов. Измерение должно производиться на пределе 10 А, соединительные провода должны иметь сечение не менее  $3 \text{ мм}^2$  по меди при общей длине не более 0,5 м.

2.9. Обнаружение сквозных дефектов в изоляционном покрытии.

2.9.1. Все применяемые приборы отечественного производства работают следующим образом:

Генератор переменного тока подключается к газопроводу, вторая клемма генератора заземляется. Переменный ток генератора стекает с трубопровода в землю через изоляцию, имеющую емкостное и омическое сопротивление и в местах сквозного повреждения изоляционного покрытия, где металл трубопровода имеет контакт с грунтом, причем, доля тока, стекающего через дефекты, гораздо значительнее. По величине протекающих по земле токов, фиксируемых приемником, через преобразующее устройство, можно с достаточной точностью определить место и относительную величину дефекта изоляционного покрытия. Индикация приемника - визуальная и акустическая.

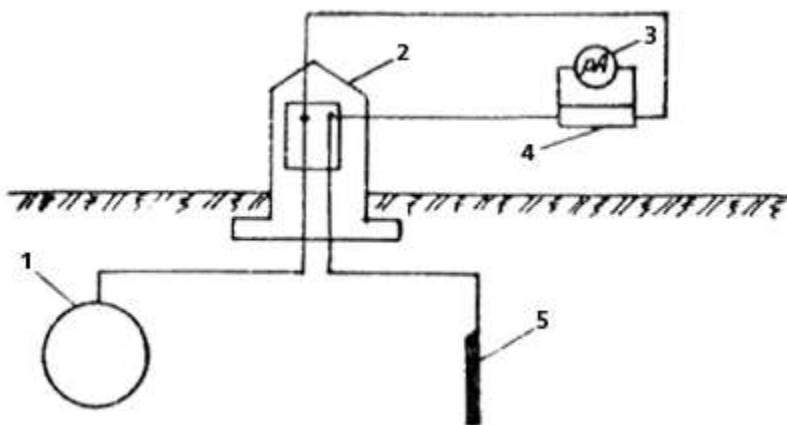


Рис. 2.15. Схема измерения тока в цепи протекторной установки.

1 - трубопровод; 2 - КИП;

3 - измерительный прибор;

4 - измерительный шунт; 5 - протектор

2.9.2. В основном применяются три типа преобразующих устройств: контактные, емкостные и индуктивные. Контактный датчик состоит из двух электродов (штырей), обеспечивающих контакт входа приемника с грунтом; емкостной преобразователь предусматривает использование двух плоских металлических пластин или наличие двух операторов. При этом первый оператор перемещается вдоль трассы с приемником, а второй оператор идет следом со специальной изолированной токосъемочной пластиной, соединенной с приемником. Индуктивный преобразователь представляет собой катушку индуктивности.

2.9.3. На рис. 2.16, 2.17 показаны схемы определения мест повреждения изоляционного покрытия и графики изменения измеряемого сигнала при использовании контактных датчиков. Как видно из графика рис. 2.16, при приближении операторов к месту дефекта сигнал возрастает и достигает максимума, когда один из штырей устанавливается непосредственно над местом повреждения. Минимум сигнала наблюдается, когда оба штыря находятся на одинаковом расстоянии от дефекта. При поперечном способе (рис. 2.17) максимум сигнала наблюдается при расположении штырей в плоскости, перпендикулярной трубопроводу и проходящей через место дефекта.

2.9.4. При проведении измерения емкостным способом сигнал на вход приемника поступает за счет емкостной связи между емкостным датчиком и землей. Поэтому при емкостном способе не требуется специальный контакт с землей. Порядок действия при емкостном методе такой же, как и при контактном методе.

2.9.5. Поиск трассы газопровода и повреждений изоляционного покрытия индуктивным методом основан на индуцированной ЭДС в катушке индуктивности переменным током, протекающим по трубопроводу и стекающим в землю в местах повреждения изоляции. Схемы поиска трассы газопровода и мест повреждений представлены на рис. 2.18-2.21.

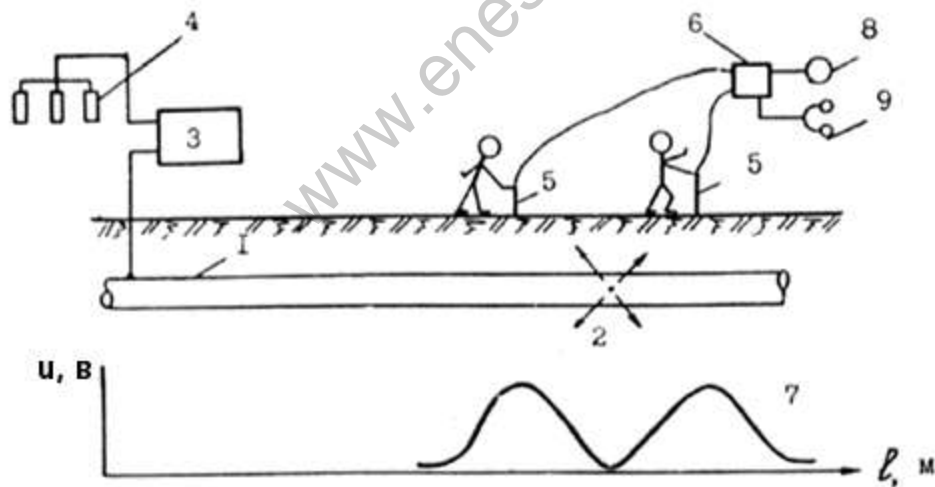


Рис. 2.16. Обнаружение места сквозного дефекта изоляционного покрытия контактным продольным способом.

1 - газопровод; 2 - место дефекта; 3 - генератор; 4 - заземление генератора;  
5 - штырь; 6 - приемник; 7 - диаграмма изменения выходного сигнала приемника;  
8 - индикатор; 9 - телефон.

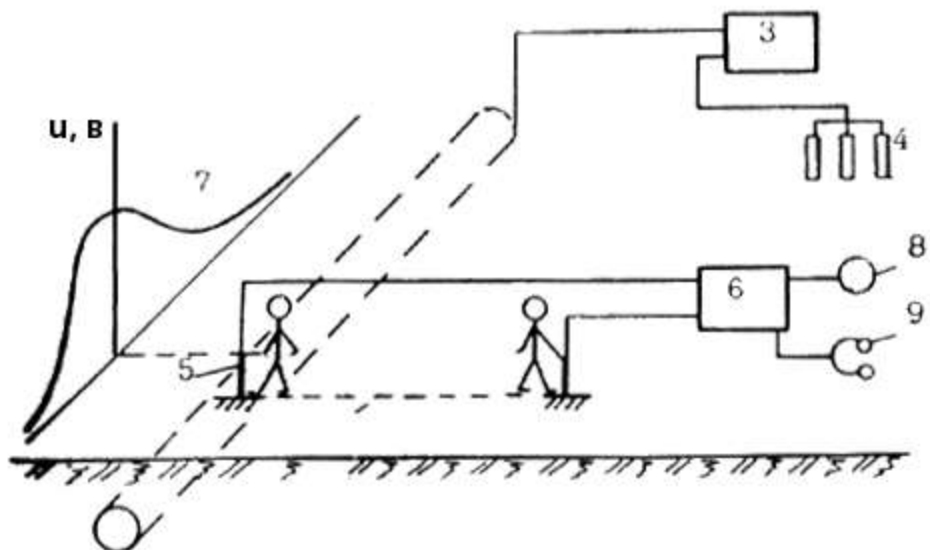


Рис. 2.17. Обнаружение места сквозного дефекта изоляционного покрытия контактным поперечным способом.

Обозначения те же, что и на рис. 2.16.

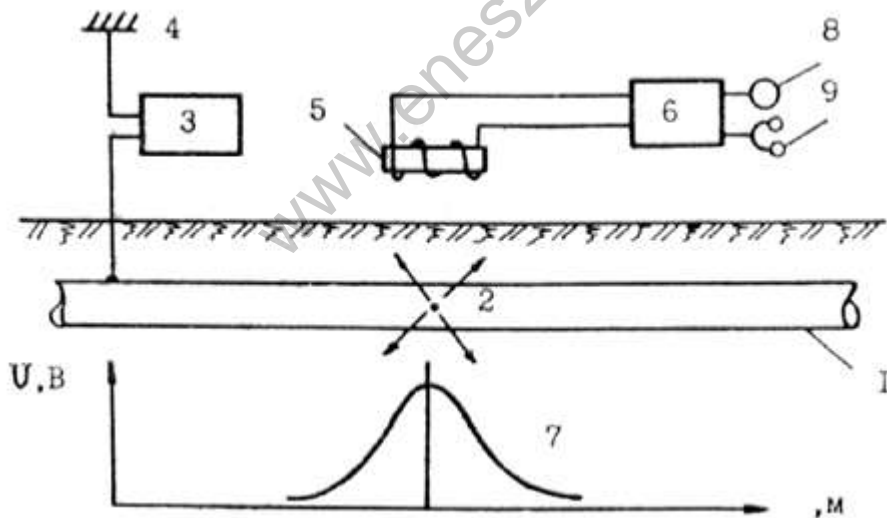


Рис. 2.18. Обнаружение места дефекта в изоляционном покрытии индуктивным преобразователем.

1 - газопровод; 2 - место дефекта; 3 - генератор; 4 - заземление генератора;  
5 - индуктивный преобразователь; 6 - приемник; 7 - диаграмма выходного напряжения;  
8 - индикатор; 9 - телефон.

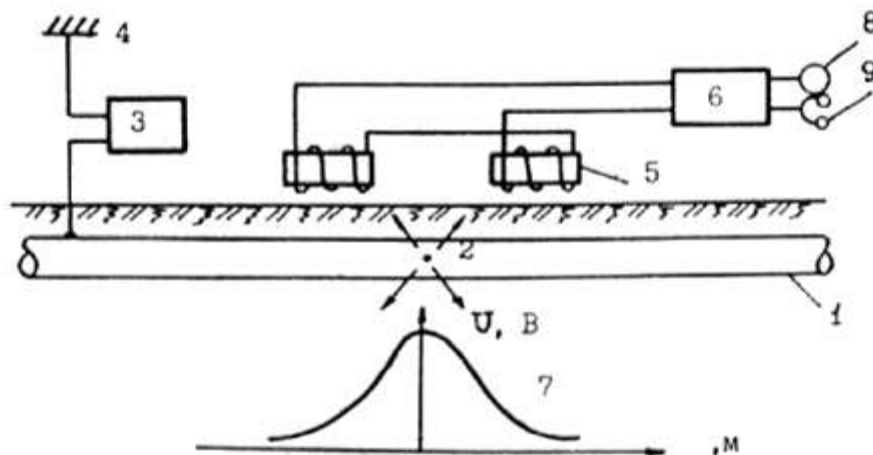


Рис. 2.19. Обнаружение места дефекта изоляционного покрытия индуктивным преобразователем с дифференциальным соединением.

Обозначение то же, что и на рис. 2.18.

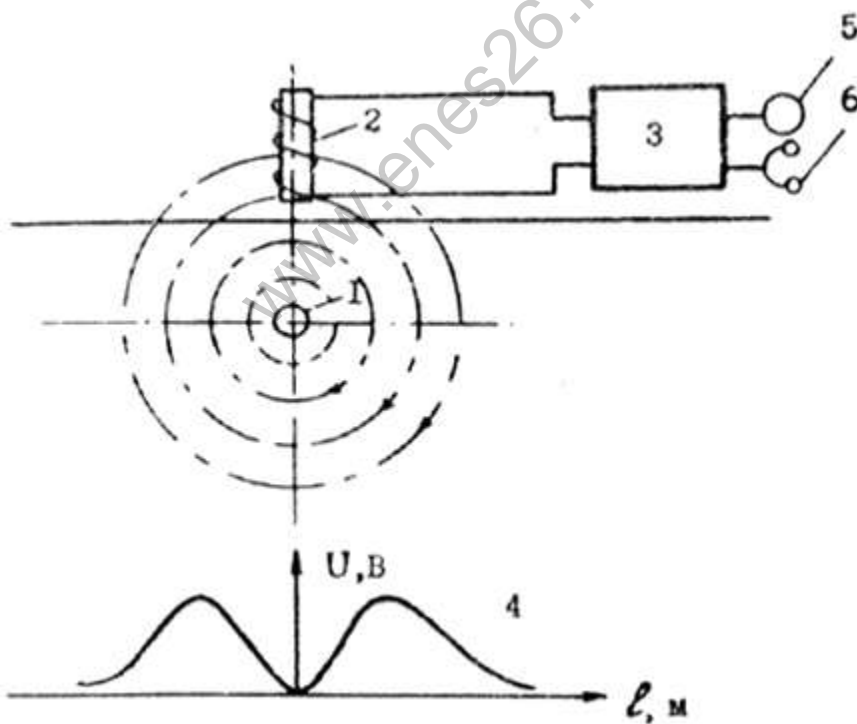


Рис. 2.20. Обнаружение трассы газопровода по минимальному сигналу.

1 - газопровод; 2 - индуктивный преобразователь; 3 - приемник; 4 - диаграмма изменения выходного сигнала приемника; 5 - индикатор; 6 - телефон.



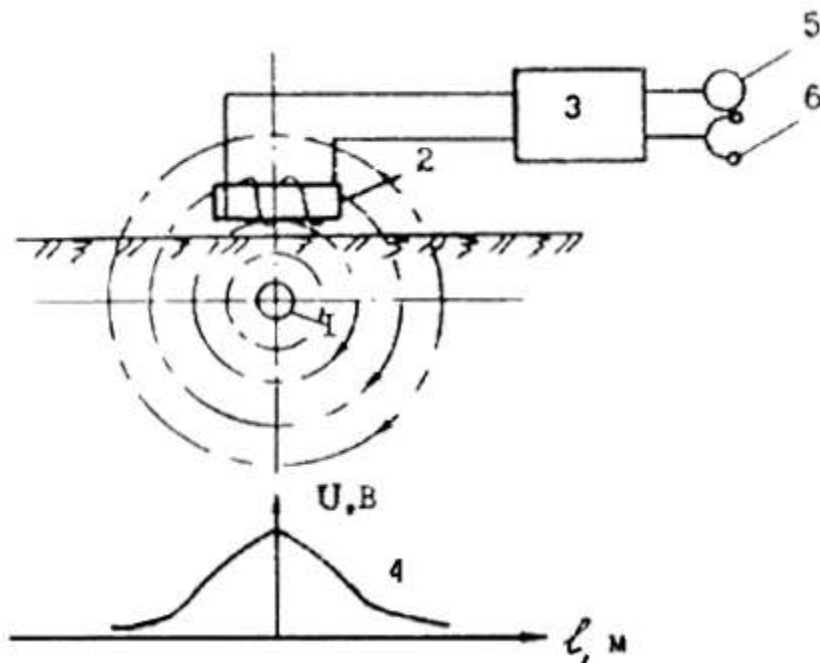


Рис. 2.21. Обнаружение трассы газопровода по максимальному сигналу.

Обозначения те же, что и на рис. 2.20 .

#### 2.10. Определение глубины залегания газопровода.

2.10.1. Для определения глубины залегания газопровода ось магнитной антенны располагается над осью газопровода под углом  $45^\circ$  к поверхности земли (рис. 2.22). Не изменяя наклона антенны перемещают ее в направлении, перпендикулярном оси газопровода до достижения минимума сигнала. Расстояние  $l$  от оси газопровода до точки пересечения оси антенны с поверхностью земли равно глубине залегания газопровода.

#### 2.11. Методика определения возможности образования коррозионных макропар.

2.11.1. При проведении детального обследования технического состояния подземных сооружений рекомендуется определять возможность образования коррозионных макропар вдоль трассы сооружений.

##### 2.11.2. Измерения рекомендуется проводить на следующих участках трассы газопроводов:

а) в местах чередования грунтов, резко отличающихся по воздухопроницаемости и водопоглощению;

б) в местах подъема уровня грунтовых вод до глубины не менее двух метров от поверхности земли;

г) на участках резкого изменения удельного сопротивления грунтов (не менее чем в 3 раза) при  $\rho_{\Gamma} < 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

2.11.3. Измерение потенциала стали в грунтах и определения возможного образования анодных и катодных зон проводятся с помощью металлического зонда.

2.11.4. Для исследования используется не менее 2-х зондов и 2-х сваренных между собой электродов сравнения с разностью потенциалов не более 2 мВ. Размеры наконечников подбираются

таким образом, чтобы величина поверхности составляла 4, 6, 10, 100 см<sup>2</sup>.

2.11.5. Зонды забиваются в разные грунты вблизи от границы чередования на глубину закладки (0,5-1 м) газопровода, а в случае высокого подъема грунтовых вод и возможности образования макропар низ-верх трубы один зонд вводится на глубину верхней образующей, а второй - на глубину нижней образующей трубы.

2.11.6. Измерения потенциалов относительно медносульфатных электродов сравнения производят после стабилизации его величины во времени, что составляет приблизительно 1 сутки.

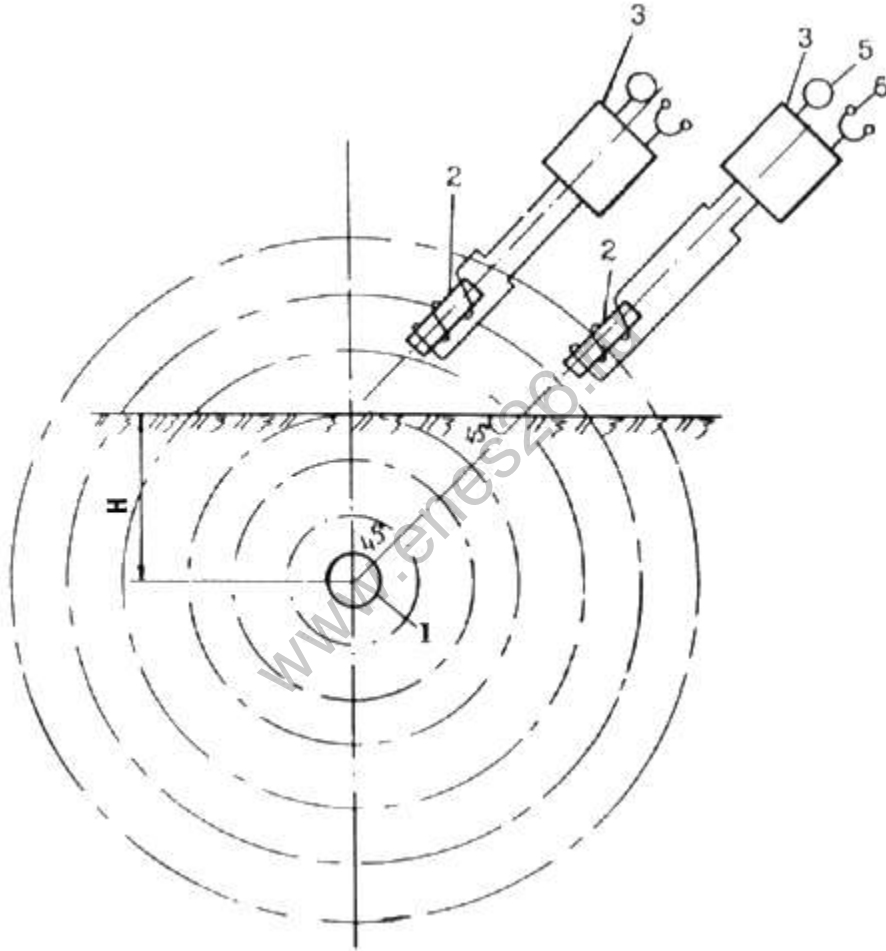


Рис. 2.22. Определение глубины заложения трубопровода.

Обозначения те же, что и на рис. 2.20.

2.11.7. Зона, в которой потенциал зонда более отрицателен, является зоной анодного разрушения металлов.

2.11.8. Если величина разности потенциалов двух зондов составляет не менее 50 мВ, а удельное сопротивление хотя бы одного из участков не более 10 Ом·м, то необходимо произвести количественную оценку величины коррозионных потерь за счет образования макрокоррозионной гальванопары на данном участке трассы.

2.11.9. Для этого, по ранее описанной методике, вводятся зонды с разной величиной поверхности:

с наименьшей ( $4-6 \text{ см}^2$ ) - в анодную зону, с наибольшей ( $100 \text{ см}^2$ ) - в катодную зону.

2.11.10. После стабилизации их потенциала, через 1 сутки зонды замыкаются на сопротивление 50 Ом и по падению напряжения на нем определяется ток макропары  $I_{\text{МП}}$ .

2.11.11. Измерения производятся каждые 2 часа в течение первых 12 часов и затем 1 раз в сутки в течение 10 суток. Величина тока затем пересчитывается на величину анодной плотности тока, которая представляет собой скорость коррозии:

$$j_a = \frac{I_{\text{МП}}}{S_A},$$

где:

$j_a$  - величина анодной плотности тока,  $\text{А/м}^2$ ;

$I_{\text{МП}}$  - измеренный ток макропары, А;

$S_A$  - площадь наконечника зонда в анодной зоне,  $\text{м}^2$ .

2.11.12. Проницаемость ( $P$ , мм/год) вычисляется с учетом переходного коэффициента (для стали 1,12) по формуле:

$$P_k = 1,12 j, \text{ мм/год.}$$

2.11.13. После этого строится график в координатах  $P$  (мм/год) - время, по которому путем экстраполяции определяется скорость коррозии через определенный промежуток времени и критерий опасности электрохимической коррозии:

$$d_m = \frac{1}{\delta} d\delta,$$

где:

$\delta$  - общая толщина корродирующего металла;

$d\delta$  - глубина каверны, вычисляемая по величине измеренной проницаемости.

2.11.14. При необходимости уточнения величины скорости коррозии через более длительный промежуток времени зонды могут быть оставлены в замкнутом состоянии и замеры проводятся в течение всего времени проведения работ с частотой 1 раз в месяц.

## 2.12. Практические рекомендации.

2.12.1. При пользовании электроизмерительными приборами следует соблюдать следующие правила:

- установить прибор на горизонтальную плоскость;
- установить стрелку корректором на нулевую отметку;
- установить нужный предел измерения.

Если измеряемое напряжение или ток неизвестны, устанавливается максимальный предел и

уменьшается таким образом, чтобы стрелка отклонялась на максимально возможное число делений;

- при пользовании прибором и его транспортировке необходимо избегать резких толчков и ударов. Прибор следует предохранять от попадания на него атмосферных осадков, пыли и грязи. Нельзя перевозить прибор в открытом состоянии.

2.12.2. Перед началом измерений необходимо убедиться, что медносульфатный электрод имеет надежный контакт с землей. Не допускается попадание травы, песка, глины в места контактов соединительных проводов с измерительным прибором и электродом сравнения, а также установка электрода сравнения на растения и корневые системы.

2.12.3. Все соединительные провода должны иметь соответствующие наконечники-штекера и т.д.

2.12.4. При проведении измерений методом выносного электрода катушку с проводом следует устанавливать на коврик из диэлектрического материала. Через каждые  $5 \div 10$  точек измерения следует установить измерительный прибор на самый чувствительный предел, подняв электрод сравнения и держа его на весу за изолированную часть. При этом показание прибора должно быть равно нулю. Показания прибора, отличные от нуля, свидетельствуют о повреждении изоляции проводов, клемм и т.д. В этом случае измерения прекращаются до устранения повреждений. Требования данного пункта не распространяются на высокоомные вольтметры с электронными усилителями входного сигнала.

2.13. Контроль состояния защитных покрытий газопроводов\*.

-----

\* Раздел подготовлен лабораторией изоляционных покрытий ВНИИГАЗ.

Состояние защитных покрытий на законченных строительством участках магистральных газопроводов должно контролироваться прибором - искателем повреждений, а также измерением переходного сопротивления "труба-земля" по методу катодной поляризации или искателей повреждений.

Контроль состояния защитных покрытий эксплуатируемых магистральных газопроводов должен проводиться:

а) косвенно путем электрических измерений не реже 1 раза в два года. При этом следует проводить следующие работы:

поиск повреждений покрытий методом выносного неполяризуемого электрода и приборами специального назначения;

измерение переходного сопротивления участков газопроводов;

определение плотности защитного тока участков газопроводов;

б) непосредственно путем выборочного шурфования через каждые 3 года с начала эксплуатации покрытий (исходное состояние изоляции и свойства покрытия при сдаче газопровода является отправной точкой при последующих осмотрах и проведении статистического анализа), один раз в год при достижении критических значений ЭХЗ и снижении локального переходного сопротивления до  $10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ . Необходимое количество шурфов на единицу длины газопроводов определяется в соответствии с указаниями по технологии обследования.

При этом следует проводить следующие измерения и испытания:

сплошности покрытия (искровым дефектоскопом типа ДЭП-1, ДЭП-2, ДИ-74, Крона-1Р);

адгезии (динамометром с шириной полосы 1 см и скоростью отслаивания 1-2 см/мин для покрытий из экструдированного полиэтилена и полиэтиленовых лент, методом решетчатого надреза по ГОСТ 15140-72 для порошковых эпоксидных красок, адгезиметром типа СМ-1 или методом надреза под углом  $45-60^\circ$  с последующим отрывом покрытия для битумных мастик;

толщины покрытия (толщиномером МТ-33Н);

переходного электросопротивления покрытия методом мокрого контакта.

Лабораторные испытания покрытий выполняются выборочно по договоренности производственных объединений с научно-исследовательскими организациями, располагающими соответствующими приборами.

Лабораторные испытания покрытий выполняются в год сдачи магистрального газопровода, через каждые 3 года эксплуатации, не реже одного раза в год при достижении критических значений ЭХЗ и снижении локального переходного сопротивления до  $10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ .

При этом выполняются следующие операции контроля материалов и покрытий:

#### Битумные материалы и покрытия на их основе

Температура размягчения по КиШ (ГОСТ 15836-79)

Растяжимость (ГОСТ 15836-79)

Глубина проникания иглы, 0,1 мм (ГОСТ 15836-79)

Температура размягчения по ВИКА нагрузке  $0,5 \text{ кг/см}^2$  (ГОСТ 15065-69)

Адгезия методом сдвига (ГОСТ 14759-69)

Водонасыщенность (ГОСТ 9812-74)

Температура стеклования (в отдельных случаях)

#### Полимерные липкие пленки и покрытия на их основе

Разрушающее напряжение (ГОСТ 14236-69)

Удлинение при разрушениях (ГОСТ 14236-69)

Модуль упругости (ГОСТ 14236-69) (начальный)

Адгезия покрытия при отслаивании (ГОСТ 411-69)

Температура размягчения основы пленки под нагрузкой  $0,5 \text{ кг/см}^2$  по ВИКА (ГОСТ 15065-69)

Период индукции при окислении кислородом при  $190^\circ\text{C}$

Содержание кислорода (в отдельных случаях)

#### Заводские полиэтиленовые покрытия

Сплошность покрытия под напряжением  $5 \text{ кВ/мм} + 5 \text{ кВ/на каждый мм толщины}$  (ГОСТ 6433.2-71)

Адгезия покрытия при отслаивании (ГОСТ 411-69)

Внутреннее напряжение (ГОСТ 13036-69)

Разрушающее напряжение (ГОСТ 14236-69)

Удлинение при разрыве (ГОСТ 14236-69)

Модуль упругости (ГОСТ 14236-69)

Температура размягчения основы покрытия под нагрузкой  $0,5 \text{ кг/см}^2$  по ВИКА (ГОСТ 15065-69)

Термоокислительная стабильность при  $190^\circ \text{C}$  (период индукции)

#### Заводские эпоксидные покрытия

Сплошность под напряжением 2 кВ (ГОСТ 6433.2-71)

Адгезия методом решетки (ГОСТ 15140-72)

Температура стеклования (в отдельных случаях)

Водопоглощение (ГОСТ 4650-73) в отдельных случаях

### 3. УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОХИМЗАЩИТЫ

#### 3.1. Установки катодной защиты.

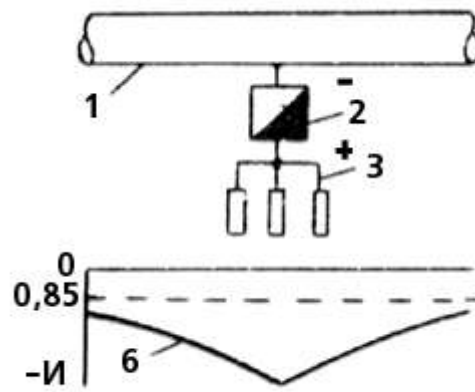
3.1.1. Сущность защиты катодными установками заключается в катодной поляризации трубопровода постоянным током, протекающим из грунта в трубопровод под действием приложенной от внешнего источника разности потенциалов "сооружение-земля" (рис. 3.1). Трубопровод при этом имеет отрицательный потенциал по отношению к окружающему его грунту.

3.1.2. Опытное включение катодной защиты производится с помощью катодной установки, состоящей из источника постоянного тока с регулируемым напряжением, временного анодного заземления и соединительных кабелей или проводов. В качестве источника постоянного тока может быть использована серийная станция катодной защиты, выпрямитель, а также генератор лаборатории ПЭЛ ЭХЗ. Описание станций катодной защиты дано в приложении п.10.

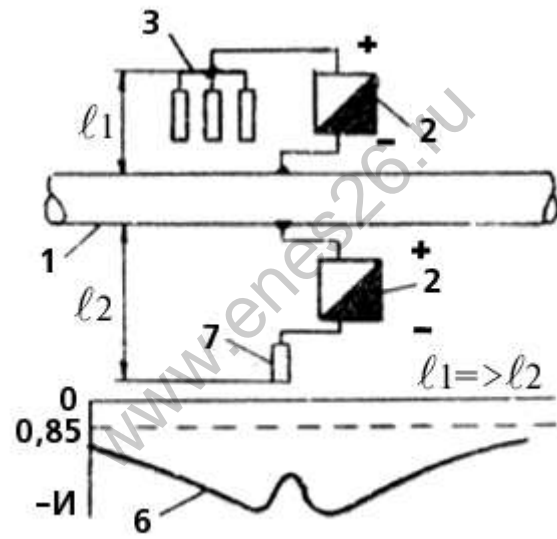
3.1.3. Для установки временных заземлений, как правило, выбираются участки, на которых впоследствии предполагается разместить стационарные заземления.

Временное анодное заземление может быть любого типа. Сопротивление растеканию временного анодного заземления должно обеспечивать необходимую величину защитного тока. Заземление может быть выполнено в виде ряда металлических электродов, помещенных горизонтально или вертикально в грунт на расстоянии  $3 \div 5 \text{ м}$  друг от друга в один или два ряда и соединенных между собой кабелем или проводом ориентировочным сечением для алюминиевых проводов и кабелей  $15 \div 25 \text{ мм}^2$ , медных  $10 \text{ мм}^2$ . В качестве электродов могут быть использованы некондиционные трубы диаметром  $25 \div 50 \text{ мм}$  и длиной  $1,5 \div 2,5 \text{ м}$ , которые забиваются в землю на глубину  $1,0 \div 1,5 \text{ м}$ .

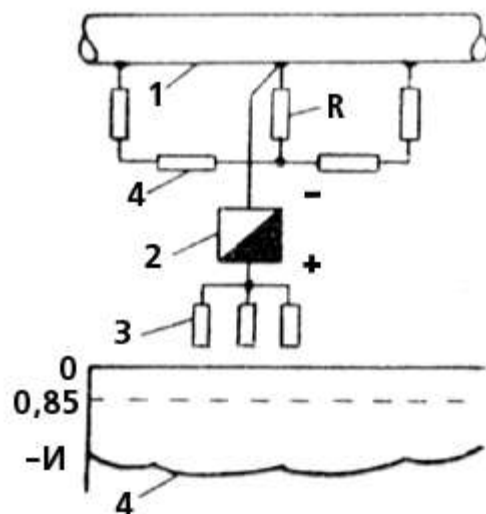
а)



6)



B)



г)

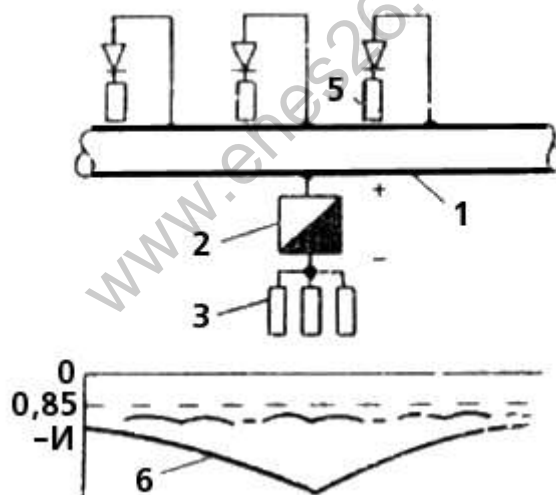


Рис. 3.1. Схемы катодной защиты.

а) с удаленными анодами; б) с противопотенциалом; в) с экраным заземлением;  
г) катодно-протекторной защитой.

1 - трубопровод; 2 - катодная станция; 3 - анодное заземление; 4 - экранное заземление;  
5 - протекторная установка; 6 - диаграмма распределения потенциалов;  
7 - катодное заземление.

Эти же электроды могут быть использованы для устройства горизонтального заземления. Для этого вырывается траншея параллельно трассе газопровода на глубину 40 ÷ 60 см, электроды укладываются в траншею, соединяются между собой и засыпаются. При устройстве горизонтального заземления соединительные провода должны быть изолированными. Грунт утрамбовывается.



Для уменьшения переходного сопротивления грунт в месте установки опытного анодного заземления увлажняется. В качестве временных заземлений могут использоваться существующие металлоконструкции (металлические ограждения, пасынки опор и т.д.), если это не противоречит ПУЭ.

Достаточно удобными являются винтовые электроды типа 3В-361, представляющие собой металлический стержень диаметром 20 мм и длиной 1850 мм, с одной стороны которого навита по спирали и приварена металлическая лента (шнек) с шагом 40 мм. Длина винтовой части 1000 мм, диаметр 50 мм, масса электрода 8 кг.

Электрод имеет Т-образную рукоятку. Имеющиеся в верхней части электрода зажимы позволяют надежно соединить электроды между собой проводником. Величина сопротивления растеканию винтового электрода в грунтах 50 Ом·м составляет 20 ÷ 30 Ом. Для ввинчивания электрода рекомендуется мотобур Д10-М.

3.1.4. После монтажа опытной установки электрохимической защиты устанавливается величина защитного тока, обеспечивающая необходимую длину защищаемой зоны. При этом максимально допустимый защитный потенциал "сооружение-земля" в точке дренажа определяется в соответствии с ГОСТ 25812-83.

3.1.5. За защитную зону опытной УКЗ принимается длина участка, на котором обеспечивается минимальный защитный потенциал от опытной катодной установки при включенных защитных установках. Если от одной установки не удастся достигнуть требуемой величины защитной зоны, устанавливается вторая опытная катодная установка. При этом может быть рекомендована следующая методика. Одна установка подключается к трубопроводу и не передвигается, вторая передвигается вдоль газопровода до получения оптимального расстояния между установками (рис. 3.2).

По определенному опытным путем необходимому току УКЗ выбирается тип катодной станции.

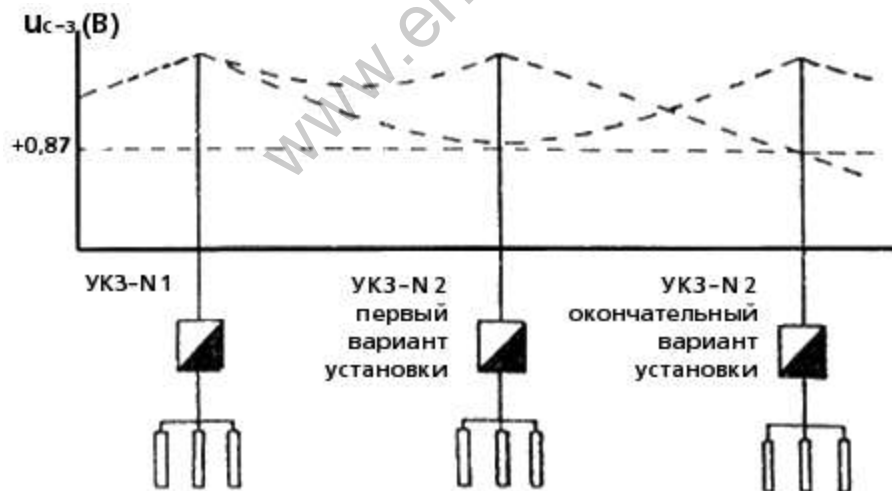


Рис. 3.2. Подключение опытной УКЗ.

Рекомендуется выбирать тип катодной станции с 50-процентным запасом по напряжению и току. Сопротивление цепи УКЗ определяется выражением:

$$R_{\text{УКЗ}} = \frac{U_{\text{КС}}}{I_{\text{КС}}}.$$

Сопротивление растеканию тока анодного заземления определяется из выражения:

$$R_{\text{аз}} = R_{\text{УКЗ}} - R_{\text{пр}} - R_{\text{вх}},$$

где:

$R_{\text{пр}}$  - сопротивление дренажных проводов или кабелей, соединяющих катодную станцию с трубопроводом и анодным заземлением, Ом.

Величина  $R_{\text{пр}}$  определяется выражением:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho_{\text{пр}} l}{S}, \text{ Ом};$$

где:

$l$  - общая длина дренажных проводов или кабелей, м;

$S$  - сечение дренажных проводов или кабелей, мм<sup>2</sup>;

$\rho_{\text{пр}}$  - удельное сопротивление проводника, Ом·мм<sup>2</sup>/м:

$\rho$  - меди - 0,0175;

$\rho$  - стали - 0,018;

$\rho$  - алюминия - 0,028;

$R_{\text{вх}}$  - входное сопротивление трубопровода, определяемое согласно п.2.6.4.

3.1.6. Основные параметры установок катодной защиты ориентировочно могут быть определены расчетным путем. Продольное сопротивление стальных трубопроводов определяется по табл. 2.1.

Продольное сопротивление трубопровода можно также определить по формуле:

$$R_{\text{T}} = \frac{\rho_{\text{T}}}{\pi(D_{\text{T}} - \delta_{\text{T}})\delta_{\text{T}}}, \text{ Ом/м},$$

где:  $\rho_{\text{T}}$  - удельное электрическое сопротивление материала трубопровода, Ом·мм;

$D_{\text{T}}$  - диаметр трубопровода, мм;

$\delta_{\text{T}}$  - толщина стенки трубопровода, мм.

Величины удельного электрического сопротивления различных марок трубной стали приведены в табл. 3.1.

Если марка трубной стали неизвестна, то величина принимается равной  $0,245 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ .

При определении продольного сопротивления трубопровода необходимо также учитывать влияние температуры по формуле:

$$R_{\text{тt}} = R_{\text{т}20^\circ} \left[ 1 + K(t^\circ \text{C} + 20^\circ) \right],$$

где:

$R_{\text{тt}}, R_{\text{т}20^\circ}$  - продольное сопротивление соответственно при температуре трубопровода  $t^\circ \text{C}$  и при  $20^\circ \text{C}$ , Ом/м;

$K$  - температурный коэффициент стали  $1/^\circ \text{C}$ ;

Средняя величина  $K$  для трубных сталей равна  $0,0035 \frac{1}{t^\circ \text{C}}$ .

3.1.7. Переходное сопротивление "трубопровод-земля" желательно определять опытным путем, по методике, представленной в п.2.6.3.

Переходное сопротивление трубопровода может быть определено также расчетным путем:

$$R_{\text{п}} = R_{\text{пн}} e^{-\beta t}, \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

где:

$R_{\text{пн}}$  - начальное переходное сопротивление трубопровода после завершения процесса влагонасыщения покрытия, Ом·м;

$\beta$  - коэффициент, характеризующий скорость изменения сопротивления во времени, 1/год;

$R'_{\text{пн}}$  - для битумной изоляции принимается  $3000 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ , для трубопроводов с полимерным покрытием  $5000 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ . Определение производится по формуле:

$$R_{\text{пн}} = \frac{R'_{\text{пн}}}{\pi D_{\text{т}}}, \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Коэффициент  $\beta$  принимается равным  $0,125 \text{ 1/год}$ ,

где:

$D_{\text{т}}$  - диаметр трубопровода, мм.

Таблица 3.1

### Величины удельного электрического сопротивления различных марок трубной стали

№№ пп	Марка трубной стали	Удельное электрическое сопротивление различных марок трубной стали при 20° С, Ом·мм <sup>2</sup> /м
1.	17ГС	0,247
2.	17ГСФ	0,245
3.	08Г2СФ	0,243
4.	18Г2	0,218
5.	18Г2САФ	0,266
6.	18ХГ2САФ	0,260
7.	15ГСТ10	0,281
8.	СТЗ	0,218

3.1.8. Ток катодной станции определяется из выражения:

$$I_{\text{КС}} = \frac{\Delta U_{\text{с-з}}}{R_{\text{ВХ}} + \frac{\rho_{\text{Г}}}{2\pi\gamma}}, \text{ А}$$

где:

$\Delta U_{\text{с-з}}$  - наложенный потенциал, В;

$R_{\text{ВХ}}$  - определяется в соответствии с п.2.6.4 или расчетным путем по формуле:

$$R_{\text{ВХ}} = \frac{\sqrt{R_{\text{Т}} R_{\text{П}}}}{2}, \text{ Ом,}$$

где:

$\gamma$  - расстояние между трубопроводом и анодным заземлением, м.

3.1.9. Напряжение на входе катодной станции определяется по формуле:

$$U_{\text{КС}} = I_{\text{КС}} (R_{\text{ВХ}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{аз}}).$$

3.1.10. Мощность на выходе катодной станции определяется:

$$W = I_{\text{КС}} \cdot U_{\text{КС}} = I_{\text{КС}}^2 (Z + R_{\text{пр}} + R_{\text{аз}}), \text{ Вт.}$$

3.1.11. Для обеспечения термической устойчивости сопротивления растеканию тока анодного заземления в наиболее сухой период года должно удовлетворять следующему соотношению:

$$R_{\text{аз}} \gg \frac{50}{I_{\text{КС}}}.$$

3.1.12. Сопротивление растеканию тока электрода, установленного вертикально в грунт, определяется по формуле:

$$R_{эв} = \frac{0,16\rho_{\Gamma}}{l_э} \left( \ln \frac{2l_э}{d_э} + \frac{1}{2} \frac{4H_э + l_э}{4H_э - l_э} \right),$$

при

$$l_э \gg \frac{d_э}{2} \text{ и } H_э > \frac{l_э}{4},$$

$l_э$  - длина электрода, м;

$d_э$  - диаметр электрода, м;

$H_э$  - расстояние от уровня земли до середины электрода (глубина установки), м.

3.1.13. При установке электрода горизонтально сопротивление растеканию тока электрода рассчитывается по формуле:

$$R_{эг} = \frac{0,16\rho_{\Gamma}}{l_э} \left( \ln \frac{2l_э}{d_э} + \ln \frac{l_э + \sqrt{l_э^2 + 16H_э^2}}{4H_э} \right)$$

при  $l \gg d_э$ .

Если  $l_э < H$ , то для коротких электродов сопротивление растеканию можно определить по более простой формуле:

$$R_{эгк} = \frac{0,16\rho_{\Gamma}}{l_э} \ln \frac{2l_э}{d_э}.$$

Для протяженных горизонтальных электродов при  $l_э > 12 H_э$

$$R_{эгп} = \frac{0,16\rho_{\Gamma}}{l_э} \ln \frac{2l_э^2}{2d_э H_э}.$$

3.1.14. При использовании шаровых заземлителей сопротивление растеканию единичного электрода рассчитывается по формуле:

$$R_{эш} = 0,16\rho_{\Gamma} \left( \frac{1}{D_э} + \frac{1}{4H_э} \right).$$

3.1.15. Сопротивление растеканию полусферического электрода, установленного вровень с поверхностью земли, может быть вычислено по формуле:

$$R_{эс} = \frac{\rho_r}{\pi D_э}.$$

3.1.16. При использовании заземлителей в коксовой засыпке в формулах вместо  $l_э$  и  $d_э$  вводится длина заземлителя в засыпке и диаметр в засыпке  $d_a$  и поправка, учитывающая соотношение  $d_a/d_э$  и удельного сопротивления засыпки  $\rho_a$  к  $\rho_r$ :

$$R'_{эв} = \frac{0,16}{l_a} \left( \ln \frac{2l_a}{d_a} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H_э + l_a}{4H_э - l_a} + \frac{\rho_a}{\rho_r} \ln \frac{d_a}{d_э} \right).$$

Для горизонтальных коротких электродов:

$$R'_{эгк} = \frac{0,16\rho_r}{l_a} \left( \ln \frac{2l_a}{d_a} + \frac{\rho_a}{\rho_r} \ln \frac{d_a}{d_э} \right) + \ln \frac{\sqrt{l_a^2 + 16H_э^2}}{4H_э}.$$

Для горизонтальных протяженных электродов:

$$R_{эгк} = \frac{0,16\rho_r}{l_a} \left( \ln \frac{l_a}{\sqrt{d_a H_э}} + \frac{\rho_a}{2\rho_r} \ln \frac{d_a}{d_э} \right).$$

3.1.17. Сопротивление растеканию всего заземления определяется по формуле:

$$R_{аз} = \frac{R_э}{N_э \eta_э},$$

где:

$\eta_э$  - коэффициент экранирования, зависящий от числа заземлителей ( $N_э$ ), расстояния между ними и параметров одиночных заземлителей. Коэффициент экранирования определяется по номограммам рис. 3.3 ÷ 3.6. Различные схемы расположения электродов представлены на рис. 3.7, 3.8, а расчетные сопротивления растеканию анодных заземлений - в табл. 3.2, 3.3 и 3.4.

В случае, если поверхностное заземление не обеспечивает необходимую эффективность катодной защиты и удельное сопротивление грунта составляет более 100 Ом·м, а глубина слоя этого грунта до 5 м, то применяют свайные заземлители (рис. 3.9). При удельном сопротивлении грунта более 100 Ом·м на глубину более 5 м следует проектировать глубинные анодные заземлители скважинного типа (рис. 3.10 ÷ 3.11).

3.1.18. Сопротивление растеканию одиночного свайного заземлителя может быть рассчитано по формуле:

$$R_{св} = \frac{0,16\rho_r}{l_э} \ln \frac{4l_э}{d_э}$$

или по данным ВНИИСТа:

$$R_{св} = \rho_r \Phi(l_э d_э),$$

где:

$\Phi(l_3, d_3)$  - определяется по номограмме рис. 3.12.

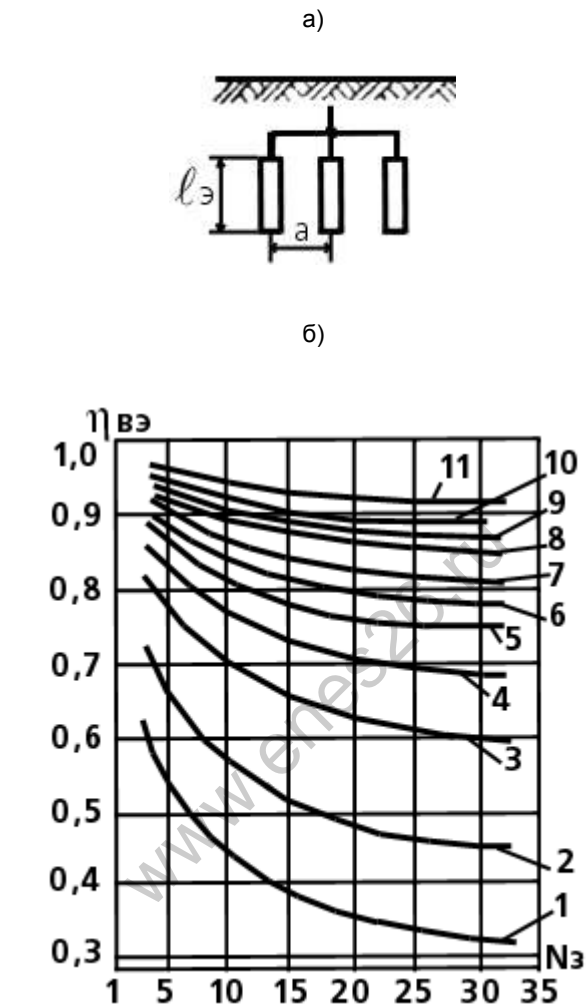


Рис. 3.3. Вертикальное расположение электродов без засыпки (а) и кривые зависимости коэффициента экранирования ( $\eta_{вэ}$ ) от числа электродов ( $N_3$ ) при различных отношениях  $a/l_3$  для электродов длиной 3 м, диаметром 0,1 м и установленных на глубине 3 м (б):

1.  $\frac{a}{l_3} = 0,5$ ; 2.  $\frac{a}{l_3} = 1$ ; 3.  $\frac{a}{l_3} = 2$ ; 4.  $\frac{a}{l_3} = 3$ ; 5.  $\frac{a}{l_3} = 4$ ; 6.  $\frac{a}{l_3} = 5$ ; 7.  $\frac{a}{l_3} = 6$ ;
8.  $\frac{a}{l_3} = 8$ ; 9.  $\frac{a}{l_3} = 10$ ; 10.  $\frac{a}{l_3} = 12$ ; 11.  $\frac{a}{l_3} = 15$

( а - расстояние между электродами, м;

$l_3$  - длина электрода, м).

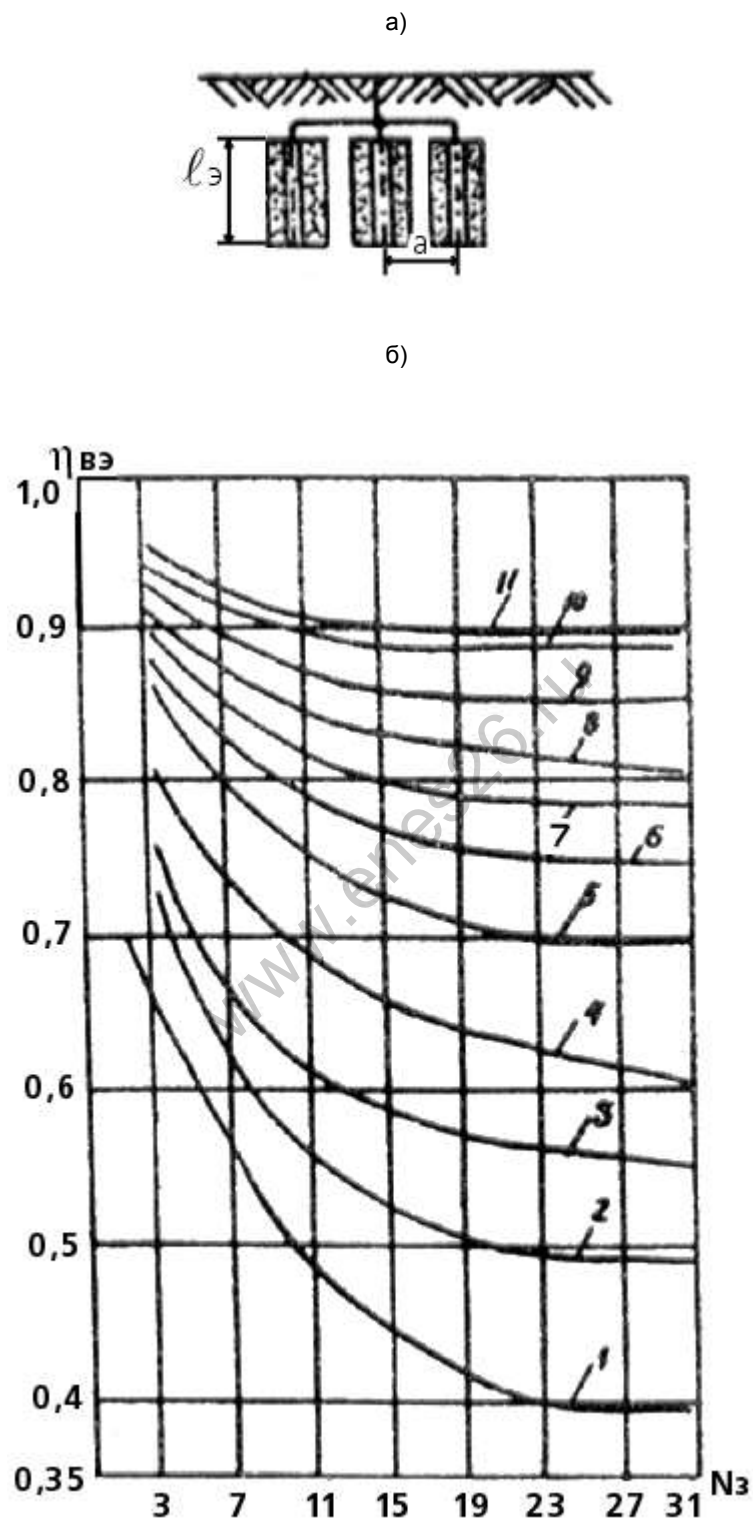


Рис. 3.4. Вертикальное расположение анодных заземлителей, упакованных в коксовой засыпке (а) и кривые зависимости коэффициента экранирования ( $\eta_{вэ}$ ) от числа заземлителей ( $N_з$ ) при различных отношениях  $a/l_э$  для заземлителей



длиной 1,4 м, диаметром с засыпкой 0,185 м, установленных  
на глубине 1,7 м (б):

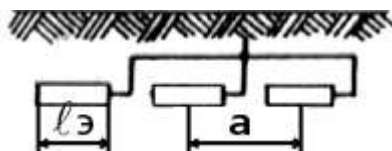
1.  $\frac{a}{l_3} = 1$ ; 2.  $\frac{a}{l_3} = 1,5$ ; 3.  $\frac{a}{l_3} = 2$ ; 4.  $\frac{a}{l_3} = 3$ ; 5.  $\frac{a}{l_3} = 4$ ; 6.  $\frac{a}{l_3} = 5$ ; 7.  $\frac{a}{l_3} = 6$ ;

8.  $\frac{a}{l_3} = 8$ ; 9.  $\frac{a}{l_3} = 10$ ; 10.  $\frac{a}{l_3} = 12$ ; 11.  $\frac{a}{l_3} = 14$

( а - расстояние между электродами, м;

$l_3$  - длина электрода, м).

а)



б)

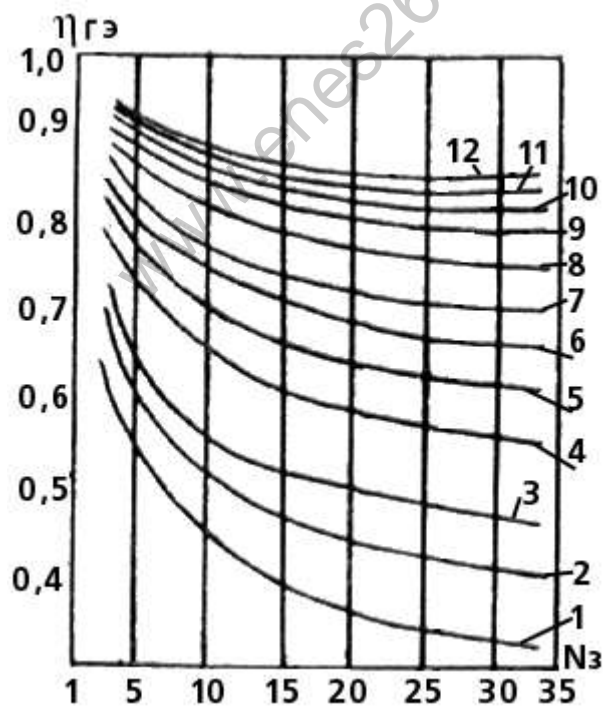


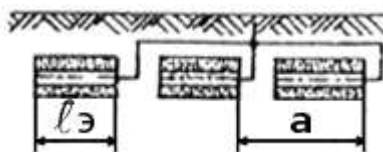
Рис. 3.5. Горизонтальное расположение электродов без засыпки (а) и кривые зависимости  
коэффициента экранирования ( $\eta_{ГЭ}$ ) при различных отношениях  
 $a/l_3$  для электродов длиной 3 м, диаметром 0,1 м и установленных  
на глубине 1,5 м (б):

1.  $\frac{a}{l_3} = 1$ ; 2.  $\frac{a}{l_3} = 1,5$ ; 3.  $\frac{a}{l_3} = 2$ ; 4.  $\frac{a}{l_3} = 5$ ; 5.  $\frac{a}{l_3} = 4$ ; 6.  $\frac{a}{l_3} = 5$ ; 7.  $\frac{a}{l_3} = 6$ ;  
8.  $\frac{a}{l_3} = 8$ ; 9.  $\frac{a}{l_3} = 10$ ; 10.  $\frac{a}{l_3} = 12$ ; 11.  $\frac{a}{l_3} = 14$

(  $a$  - расстояние между электродами, м;

$l_3$  - длина электрода, м).

а)



б)

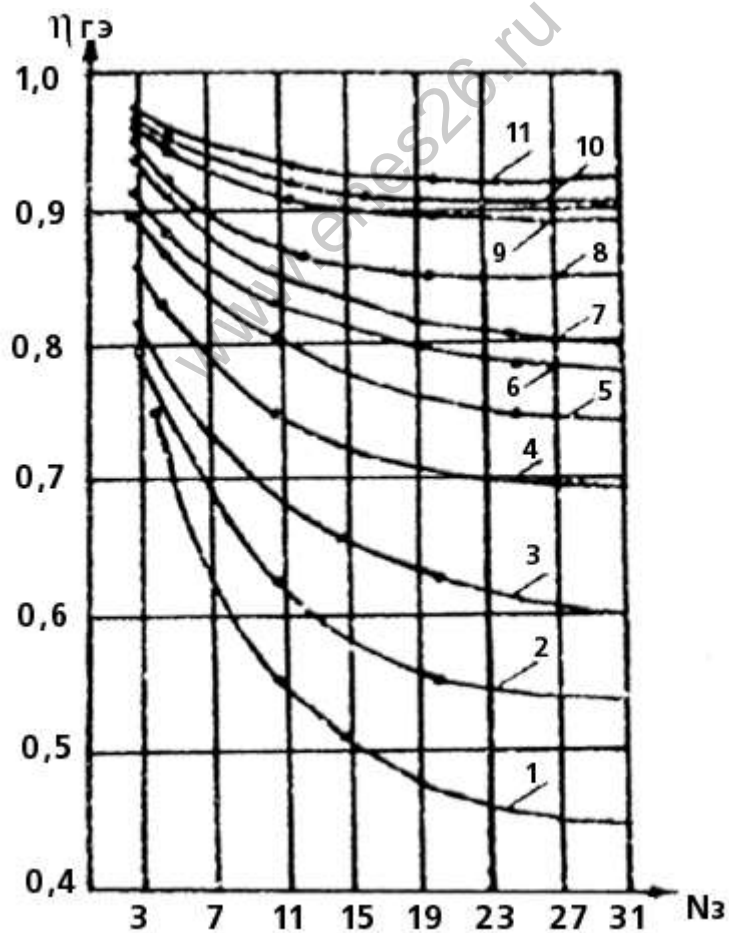


Рис. 3.6. Горизонтальное расположение анодных заземлителей, упакованных в коксовой засыпке (а) и кривые зависимости коэффициента экранирования

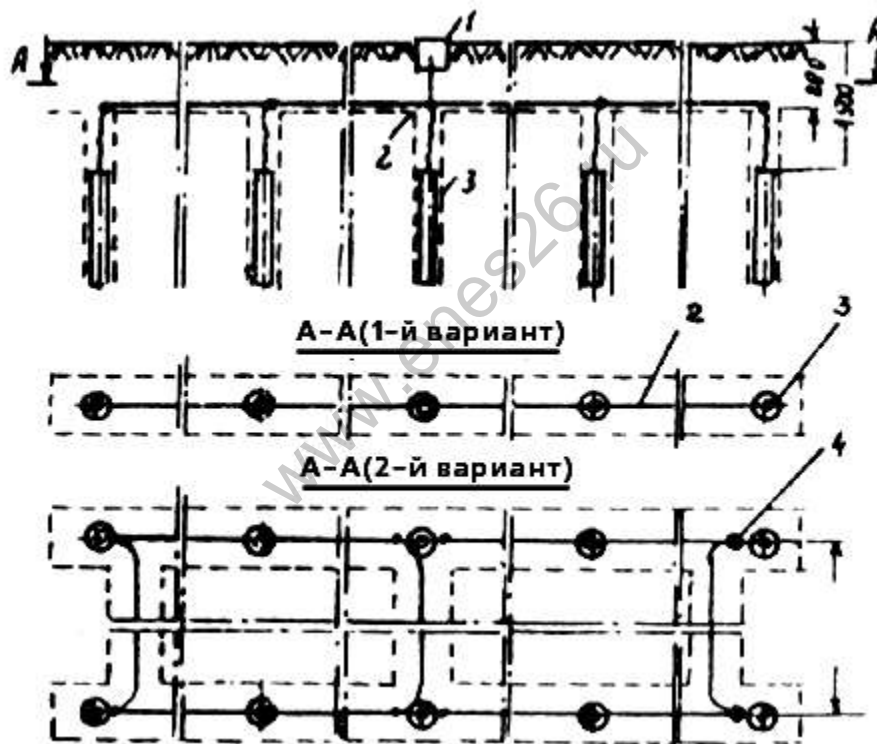
( $\eta_{ГЭ}$ ) от числа заземлителей ( $N_3$ ) при различных отношениях  $a/l_3$  для заземлителей длиной 1,4 м, диаметром с засыпкой 0,185 м, и установленных на глубине 1,7 м (б):

1.  $\frac{a}{l_3} = 1$ ; 2.  $\frac{a}{l_3} = 1,5$ ; 3.  $\frac{a}{l_3} = 2$ ; 4.  $\frac{a}{l_3} = 3$ ; 5.  $\frac{a}{l_3} = 4$ ; 6.  $\frac{a}{l_3} = 5$ ; 7.  $\frac{a}{l_3} = 6$ ;
8.  $\frac{a}{l_3} = 8$ ; 9.  $\frac{a}{l_3} = 10$ ; 10.  $\frac{a}{l_3} = 12$ ; 11.  $\frac{a}{l_3} = 14$

( $a$  - расстояние между электродами, м;

$l_3$  - длина электрода, м).

а)



б)

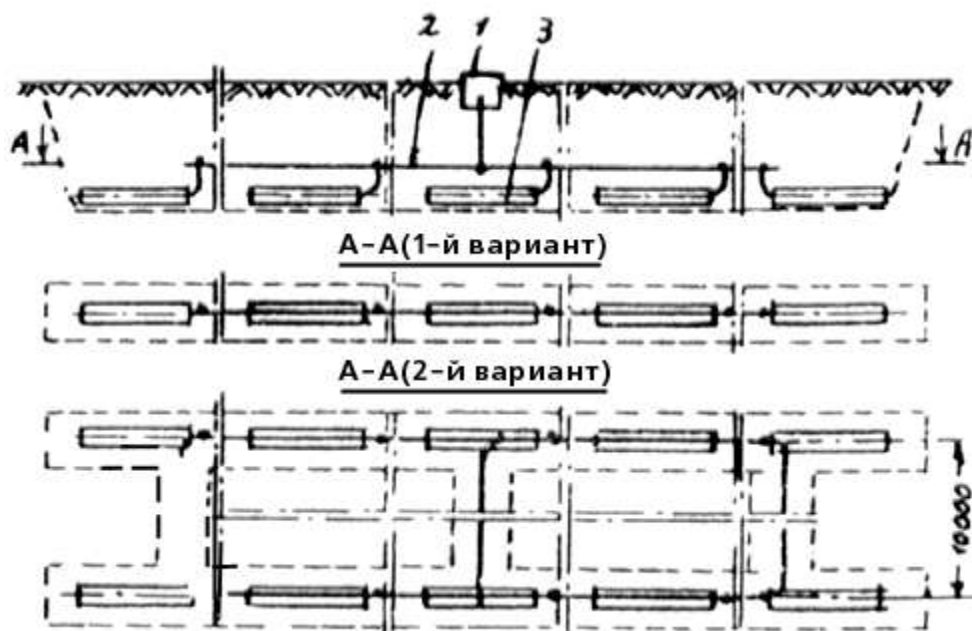


Рис. 3.7. Групповое анодное заземление:

а) - вертикальная установка (1-й вариант - однорядное; 2-й вариант - двухрядное);

б) - горизонтальная установка; 1 - контактное устройство; 2 - кабель;  
3 - заземлитель; 4 - соединительная муфта.

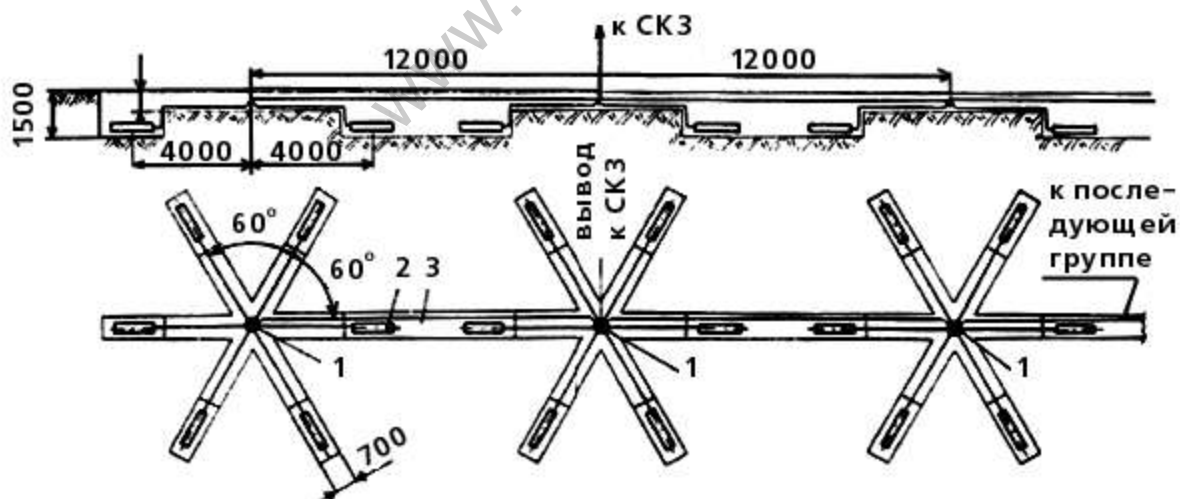


Рис. 3.8. Групповое анодное заземление из 24 электродов

1. Чертеж предусматривает применение электродов заводского изготовления с габаритами  $L = 1400 \div 1500$ ;  $\varnothing = 118 \div 225$  мм и кабелем 5 м.

2. Кабель АВВГ 1х25-660 и провода электродов заземления, прокладываемые в траншее, для защиты от грызунов покрыть праймером (раствор битума в бензине 1:3), а затем битумом.

3. Для создания нормального контакта электрода заземления с грунтом каждый электрод залить в траншее жидким глинистым раствором из расчета  $0,04 \text{ м}^3$  глины на один электрод.

4. Переходное сопротивление группового анодного заземления из 24 электродов определяется из выражения  $R = 0,027 \rho_{\Gamma}$ , Ом.

Чертеж выполнен ВНИПИТрансгазом.

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1.	ТР 1286-2-ЭХ 60	Узел соединения электродов заземления, шт.	4	
2.		Электрод заземления, шт.	24	
3.	ГОСТ 16442-80	Кабель АВВГ 1х25-1, м	39	
	ГОСТ 9812-74	Битум БНЦ-IV-3, кг	7	
	ГОСТ 2084-77	Бензин А-72, кг	0,7	
		Глина, $\text{м}^3$	0,96	1728

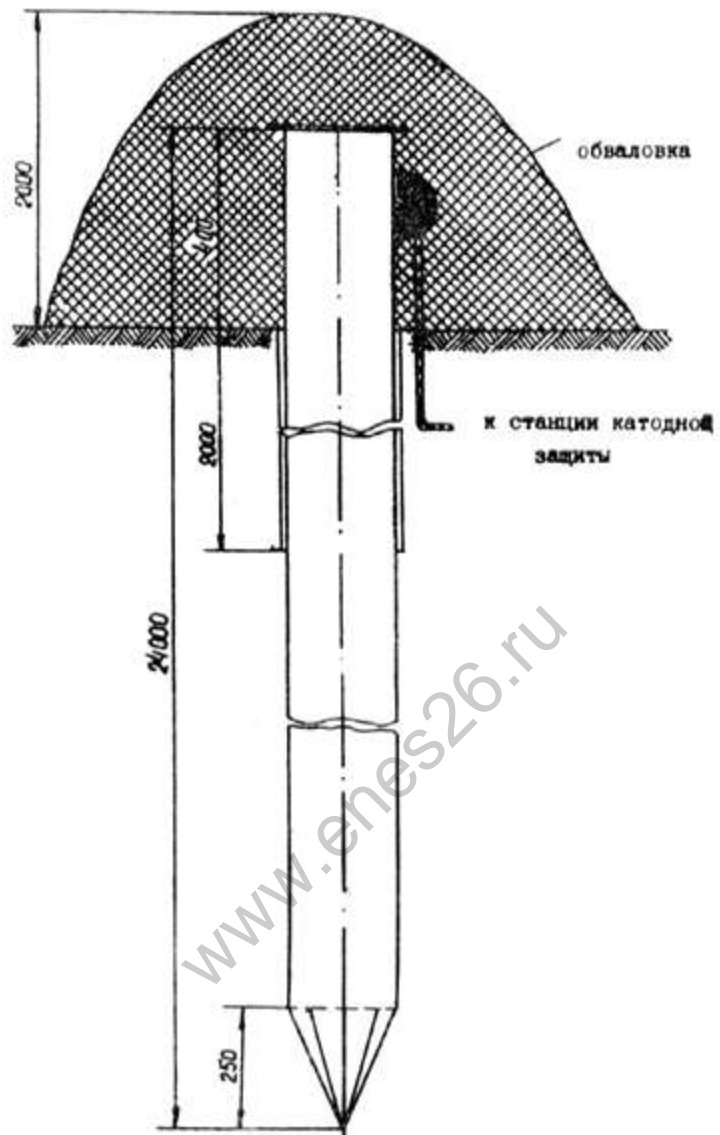


Рис. 3.9. Свайный анодный заземлитель из стальных некондиционных труб

Разработка ин-та ВНИПИГИПРОГАЗ.

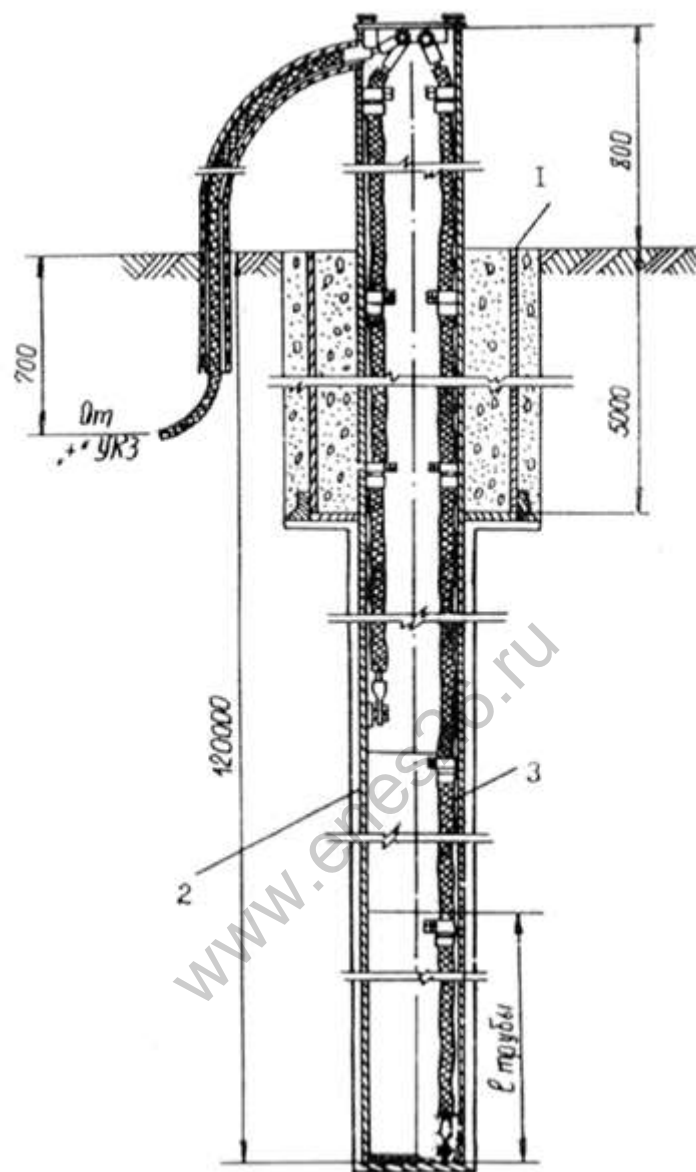


Рис. 3.10. Глубинное анодное заземление из труб  $\varnothing 219 \times 9$  Н = 120 м.

Разработка ин-та ВНИПИГАЗдобыча.

1 - кондуктор; 2 - соединительный кабель; 3 - стальная трубка.

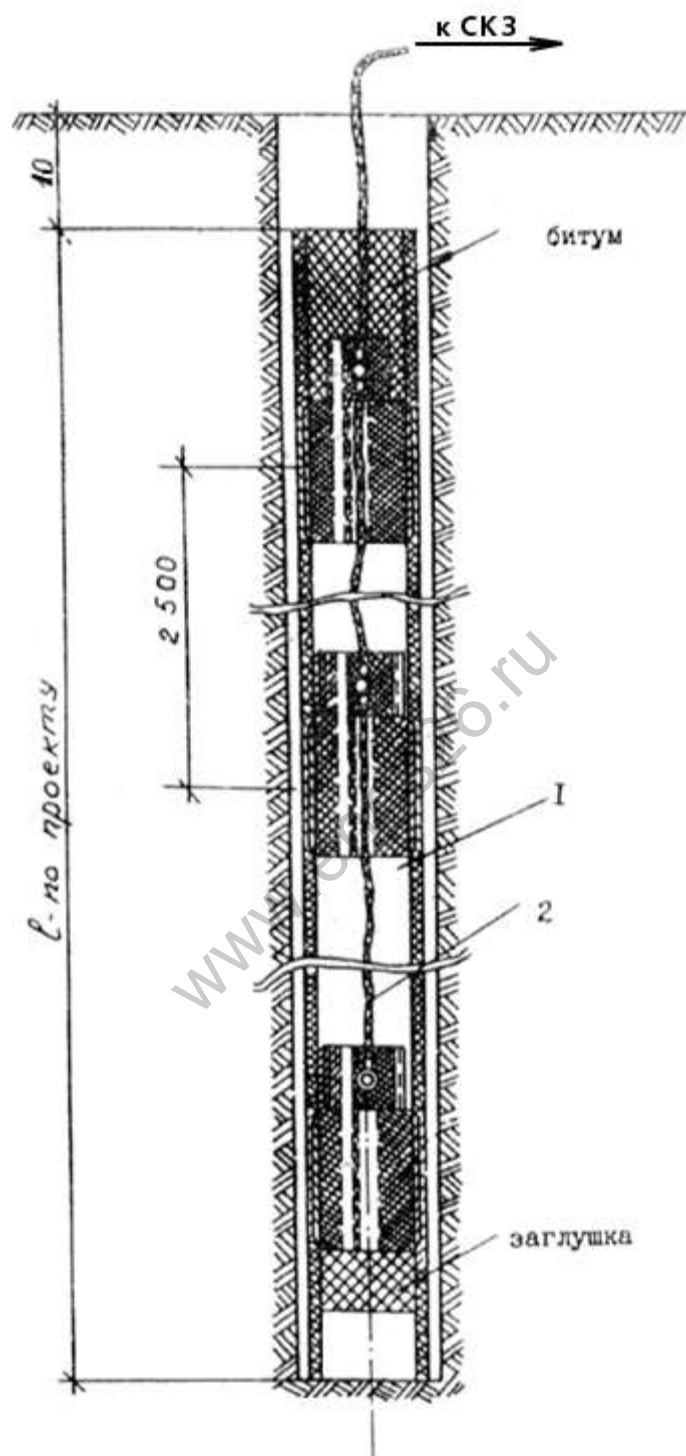


Рис. 3.11. Заземление из углеграфитовых электродов.

Разработка ин-та ВНИПИГАЗдобыча.

1 - электрод; 2 - соединительный кабель.



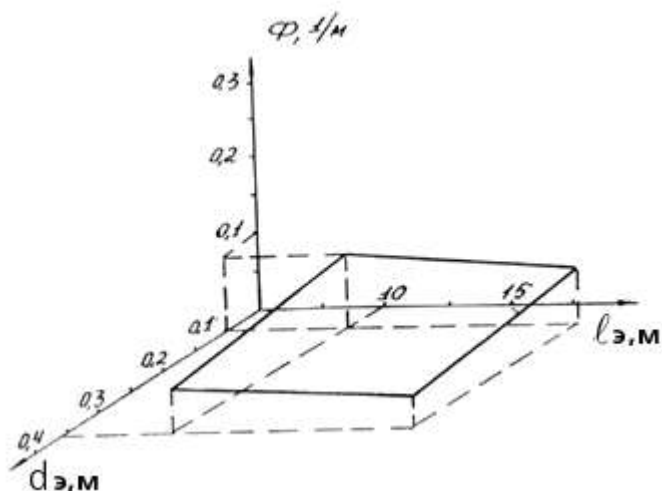


Рис. 3.12. Сопротивление растеканию отдельного свайного заземления

$\varphi(l_3, d_c, K_0)$  - функция приведения сопротивления сваи, 1/м

$l_3$  - длина сваи

$d_3$  - диаметр сваи

$K_0 = 1$ .

Таблица 3.2

**Расчетные сопротивления растеканию однорядного анодного заземления из электродов типа АК-1, АК-3**

Количество электрод., шт.	Удельное электрическое сопротивление грунтов (Ом·м)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сопротивление заземления, Ом										
5	0,86	1,76	2,58	3,44	4,30	5,16	6,02	6,88	7,74	8,60
6	0,74	1,48	2,22	2,96	3,70	4,44	5,18	5,92	6,66	7,40
7	0,65	1,30	1,95	2,60	3,25	3,90	4,55	5,20	5,85	6,50
8	0,58	1,16	1,74	2,32	2,90	3,48	4,06	4,64	5,22	5,80
9	0,52	1,04	1,56	2,08	2,60	3,12	3,64	4,16	4,68	5,20
10	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	2,82	3,29	3,76	4,23	4,70
11	0,44	0,88	1,32	1,76	2,20	2,64	3,08	3,52	3,96	4,40

12	0,41	0,82	1,23	1,64	2,05	2,46	2,87	3,28	3,69	4,10
13	0,38	0,76	1,12	1,52	1,90	2,28	2,66	3,04	3,42	3,80
14	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75	2,10	2,45	2,80	3,15	3,50
15	0,33	0,66	0,99	1,32	1,65	1,98	2,31	2,64	2,97	3,30
16	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56	2,84	3,20
17	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
18	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52	2,80
19	0,27	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89	2,16	2,43	2,70
20	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,56	1,82	2,08	2,34	2,60
21	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,56	1,82	2,08	2,34	2,60
22	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92	2,16	2,40
23	0,23	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61	1,84	2,07	2,30
24	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	0,32	1,54	1,76	1,98	2,20
25	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	0,26	1,47	1,68	1,89	2,10
26	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
27	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,38	1,56	1,76	1,95
28	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	1,71	1,90
29	0,18	0,37	0,56	0,74	0,92	1,10	1,29	1,48	1,66	1,85
30	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,62	1,80
32	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,70
34	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
35	0,16	0,31	0,46	0,62	0,78	0,93	1,08	1,24	1,40	1,55

Таблица 3.3

**Расчетные сопротивления растеканию двухрядного анодного заземления  
из электродов типа АК-1, АК-3**

Количество электрод., шт.	Удельное электрическое сопротивление грунтов (Ом·м)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сопротивление заземления, Ом										
2x10	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	2,06	2,34	2,62	2,80
2x11	0,26	0,52	0,78	1,04	1,30	1,56	1,82	2,08	2,34	2,60

2x12	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92	2,16	2,40
2x13	0,23	0,46	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61	1,84	2,07	2,30
2x14	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20
2x15	0,21	0,42	0,69	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,10
2x16	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
2x18	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,80	1,26	1,44	1,62	1,80
2x21	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,26	1,12	1,28	1,44	1,60
2x23	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,25	1,50
2x25	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	1,40
2x26	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	1,30
2x28	0,12	0,25	0,38	0,50	0,62	0,75	0,88	1,00	1,12	1,25
2x30	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20

Таблица 3.4

**Расчетные сопротивления растеканию однорядного заземления из ферросилидовых заземлителей АЗМ-2**

Количество электрод., шт.	Удельное электрическое сопротивление грунтов (Ом·м)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Сопротивление заземления, Ом										
1	3,69	7,38	11,073	14,76	18,45	22,145	25,84	29,53	33,22	36,91
5	0,87	1,74	2,60	3,47	3,34	5,21	6,08	6,95	7,82	8,68
6	0,72	1,45	2,17	2,89	3,62	3,34	5,07	5,79	6,51	7,24
7	0,62	1,24	1,86	2,48	3,10	3,72	4,34	4,96	5,58	6,20
8	0,54	1,08	1,63	2,17	2,71	3,26	3,8	4,34	4,88	5,43
9	0,48	0,96	1,45	1,93	2,41	2,89	3,38	3,86	3,34	4,82
10	0,43	0,87	1,30	1,74	2,17	2,61	3,03	3,47	3,91	4,34
11	0,39	0,79	1,18	1,58	1,97	2,37	2,76	3,16	3,55	3,95
12	0,36	0,72	1,09	1,45	1,81	2,17	2,53	2,90	3,26	3,62
13	0,33	0,67	1,00	1,34	1,67	2,00	2,34	2,67	3,01	3,34
14	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	2,79	3,10
15	0,29	0,58	0,87	1,16	1,45	1,74	2,03	2,32	2,61	2,89

16	0,27	0,54	0,81	1,08	1,36	1,63	1,90	2,17	2,44	2,71
17	0,26	0,51	0,77	1,02	1,28	1,53	1,79	2,04	2,30	2,55
18	0,24	0,48	0,72	0,96	1,21	1,45	1,69	1,93	2,17	2,41
19	0,23	0,46	0,69	0,91	1,14	1,37	1,60	1,83	2,06	2,28
20	0,22	0,43	0,65	0,87	1,08	1,30	1,52	1,74	1,95	2,17
21	0,21	0,41	0,62	0,83	1,03	1,24	1,45	1,65	1,86	2,06
22	0,20	0,39	0,59	0,79	0,99	1,18	1,38	1,58	1,78	1,97
23	0,19	0,38	0,57	0,75	0,94	1,13	1,32	1,51	1,70	1,89
24	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,27	1,45	1,63	1,81
25	0,17	0,35	0,52	0,69	0,87	1,04	1,22	1,39	1,56	1,74

3.1.19. При использовании нескольких свайных заземлителей их сопротивление растеканию вычисляется по формуле п.3.1.17. Коэффициент экранирования  $\eta_3$  для труб  $d_3 = 0,29$ ,  $l \leq 20$  м и  $d_3 = 0,168$ ,  $l_3 \leq 11$  м представлены в табл.3.5.

Таблица 3.5

**Коэффициент экранирования вертикальных заземлителей, размещенных в ряд**

$\frac{d}{l}$	$N_3$	$\eta_3$	$\frac{d_3}{l_3}$	$N_3$	$\eta_3$
1	2	0,84-0,87	1	10	0,56-0,62
2	2	0,90-0,92	2	10	0,72-0,77
3	2	0,93-0,95	3	10	0,79-0,83
1	3	0,75-0,80	1	15	0,51-0,56
2	3	0,85-0,88	2	15	0,66-0,73
3	3	0,90-0,92	3	15	0,76-0,80
1	5	0,67-0,72	1	20	0,47-0,50
2	5	0,79-0,83	2	20	0,67-0,70
3	5	0,85-0,88	3	20	0,74-0,79

3.1.20. Сопротивление растеканию глубинного анодного заземления можно рассчитать по приближенной формуле. При этом

$R_r$  измеряется на глубину установки заземления.

$$R_{\text{гл}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l_3}{d_3} - 1 \right).$$

### 3.2. Защита катодных установок от атмосферных перенапряжений.

#### 3.2.1. Различают два рода воздействия молнии на объект:

- первичное, связанное с прямым ударом молнии при токе главного разряда величиной десятков и сотен кА и при температуре  $20 \div 30$  тысяч градусов;
- вторичное, вызванное электромагнитной и электростатической индукцией, а также заносом высоких потенциалов.

Во время грозových разрядов линии электропередач, питающие УКЗ, вследствие значительной протяженности и сравнительно большой высоты над землей (8-10 м), подвергаются воздействию атмосферных перенапряжений. Возникающие перенапряжения легко распространяются на значительные расстояния и воздействуют на УКЗ, которые в ряде случаев выходят из строя.

3.2.2. Статистика показывает, что в результате воздействия грозových разрядов отказы по типам СКЗ распределяются: катодные станции типа КСС - 14%, ПАСК-М - 5%, АРТЗ - 8%.

3.2.3. Для защиты от атмосферных перенапряжений ВНИИГАЗом разработаны схемы грозозащиты по входу и выходу преобразователя УКЗ. Схемы узлов защиты от перенапряжений входной и выходной цепей преобразователя аналогичны и состоят из разрядников типа РВНШ-250 и варистора типа СН2-2А-510 или СН2-2А-560.

3.2.4. Принцип работы узла защиты входной цепи заключается в следующем (рис. 3.13). При грозových разрядах вдоль линии по цепи Л1 и Л2 распространяется волна перенапряжений  $U_{10}$ ,  $U_{20}$  достигает линейных зажимов разрядников  $F_1$ ,  $F_2$  типа РВНШ-250. При этом разность потенциалов между каждым проводом (Л1, Л2) и землей достигает величины  $U_{10}$  и  $U_{20}$ . Эту разность потенциалов называют продольным перенапряжением, а разность потенциалов "провод-провод" - поперечным перенапряжением.

При достижении продольного перенапряжения  $U_{10}$ ,  $U_{20}$  величины, равной импульсному пробивному напряжению разрядников  $F_1$ ,  $F_2$ , происходит их срабатывание. Остаточное напряжение будет приложено к трансформатору Т преобразователя УКЗ.

Поперечные перенапряжения, возникающие на вентиле преобразователя в период прохождения импульсов тока молнии через первичную обмотку трансформатора Т создают уравнивающий ток  $I_y$ , который создает кратковременное перенапряжение  $U_{12}$  во вторичной обмотке трансформатора Т. Для исключения возможных повреждений вентилей выпрямителя перенапряжением  $U_{12}$  во входной цепи узла защиты устанавливается варистор  $F_3$ , который снижает уровень поперечного перенапряжения до безопасной величины.

3.2.5. Электрические характеристики разрядников РВП-6, РВП-10, РВНШ-250, РВН-250 и варисторов СН2-2А-510 и СН2-2А-560 приведены соответственно в табл.3.6, 3.7, 3.8, методы их испытания в приложениях №№ 23, 24, 25.

3.2.6. Если электроснабжение преобразователя катодной защиты осуществляется от линейного трансформатора ОМ (ОМС) посредством кабельной линии, то для защиты преобразователя от атмосферных перенапряжений на силовых цепях напряжением 220 В используются только разрядники РВНШ-250 или РВН-250, а варисторы СН2-2А-510 или СН2-2А-560 исключаются.

Таблица 3.6

### Электрические характеристики разрядников

Напряжение кВ, действ.			Пробивное напряжение кВ, эффективное			Максим. остаточное напряжение на разряднике при амплитуде имп. тока с длиной фронта волны 10 мкс и амплитудой кВ, не более		Ток утечки, мкА, не более, при выпрямленном напряжении	
Тип разрядника	номинальное	наибольшее допустимое на разряднике	при переменном токе 50 Гц		при косоугольн. импульсе при предразрядном времени 1,5-2,0 мкс	3000 А	5000 А	6 кВ	10 кВ
			не менее	не более					
РВП-6	6	7,6	15	19	35	28	30	10	-
РАП-10	10	12,7	23	30,5	30	47	50	-	10

3.2.7. Для защиты преобразователя от атмосферных перенапряжений, проникающих по однопроводной воздушной линии постоянного тока (катодная и анодная цепи), должны быть установлены вентильные разрядники типа РВНШ-250 или РВН-250 и варисторы СН2-2А-510 или СН2-2А-560.

Разрядники  $F_4$  и  $F_5$  устанавливаются между минусовой и плюсовой цепями на выходе преобразователя, средняя точка которых соединена с корпусом (рис. 3.13). Параллельно разрядникам  $F_4$  и  $F_5$  устанавливается варистор  $F_6$ . Варистор  $F_7$  дополнительно рекомендуется устанавливать параллельно вторичной обмотке преобразователя для защиты выпрямителя от перенапряжений, со стороны первичной обмотки трансформатора из цепи питания преобразователя.

Таблица 3.7

Тип разрядника	Номинальное напряжение, В	Пробивное напряжение, В		Максимальное остающееся напряжение, В, при амплитуде импульсного тока	
		переменного тока 50 Гц	импульсное при предразрядном времени 1,5 мкс	50 А	1000 А
РВНШ-250	250	800 ÷ 100	2000	350	1400
РВН-250					

Таблица 3.8

### Электрические характеристики варисторов

Энергия, рассеиваемая варистором при воздействии одиночного импульса, Дж, не менее	Классификационные параметры			Коэффициент нелинейности, не менее	Максимальн. амплитуда имп. тока, А, при длительности одиночных импульсов 100 мкс, не более	Ток утечки, мА
	ток, мА	напряжение, В	допустим. оптим. напряжение, не менее			
300	10	510 560	±5	25	3000	1

3.2.8. Устройства защиты УКЗ от атмосферных перенапряжений должны состоять из двух отдельных узлов, один из которых включается во входную цепь преобразователя (узел защиты по входу), другой - в выходную (узел защиты по выходу) (схема рис. 3.13).

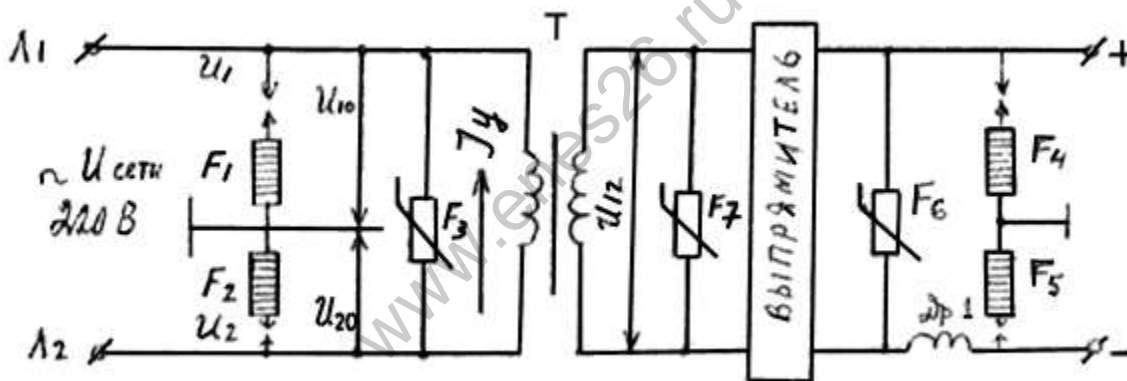


Рис. 3.13.

3.2.9. При монтаже варисторов в узлах защиты необходимо учитывать, что в случае перегрузки поверхность варистора может нагреваться до значительной температуры. При температуре 180-200°С может произойти расплавление припоя, с помощью которого металлические контакты крепятся к токопроводящему элементу, и его выпадение. Поэтому монтировать варистор нужно так, чтобы он не касался близлежащих монтажных проводов и других воспламеняющихся материалов и выпадение токопроводящего элемента не нарушило бы работу узлов защиты.

3.2.10. Конструктивно при монтаже узлы защиты монтируются в отдельном металлическом кожухе (экране) УКЗ в непосредственной близости от входных и выходных клемм преобразователя.

Зажимы для заземления узлов защиты следует присоединять к корпусу преобразователя проводником сечением не менее 20 мм<sup>2</sup> и соединять с общим контуром заземления шкафа преобразователя при помощи сварки.

3.2.11. Для нормальной эксплуатации узлов защиты необходимо наряду с текущим ремонтом проводить периодические (не реже 2 раз в год) осмотры (ревизии) и предупредительные ремонты.

Указанные осмотры (ревизии) нужны для того, чтобы проверить надежность электрической связи

между токоведущими элементами при помощи электроизмерительных приборов (при отключении преобразователя от линии электроснабжения) и выявить элементы защиты, требующие замены или усиления вследствие нарушения их механической прочности. Для этого сварные (заклепочные) соединения легкими ударами молотка проверяют на прочность приварки (склепки), а болтовые и прочие разъемные соединения проверяются на отсутствие зазоров между контактными поверхностями и на состояние затяжки болтов.

Измерение сопротивления растеканию тока защитных заземлений необходимо проводить ежегодно при помощи прибора М416 в период наименьшей проводимости грунта.

Проверка разрядников должна производиться после каждого грозового проявления на трассе газопровода, но не реже четырех раз в год.

### 3.3. Технологическая схема ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами.

3.3.1. Технологическая схема ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами позволяет увеличить длину защитной зоны по сравнению со схемой катодной защиты с сосредоточенными анодами, а также обеспечивает более равномерное распределение защитного потенциала.

3.3.2. При применении технологической схемы ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами могут использоваться различные схемы размещения анодных заземлений. Наиболее простой является схема с анодными заземлениями, равномерно установленными вдоль газопровода (рис. 3.14). В ряде случаев целесообразно использование комбинированной схемы - сосредоточенные анодные заземления, дополнительные заземления в местах "провалов" защитного потенциала (рис. 3.15).

3.3.3. Регулировка защитного потенциала осуществляется путем изменения тока анодного заземления при помощи регулировочного сопротивления или любого другого устройства, обеспечивающего изменение тока в необходимых пределах. В случае выполнения заземлений из нескольких заземлителей регулировка защитного тока может осуществляться за счет изменения числа включенных заземлителей.

3.4. Расчет параметров технологической схемы ЭХЗ с анодными заземлениями, равномерно распределенными вдоль газопровода.

3.4.1. Расчет ведется на конечный период эксплуатации в следующей последовательности:

- определяется ток защитной установки;
- расстояние от точки дренажа до первого анодного заземления;
- общая длина защитной зоны;
- количество анодных заземлений;
- параметры соединительной линии постоянного тока.



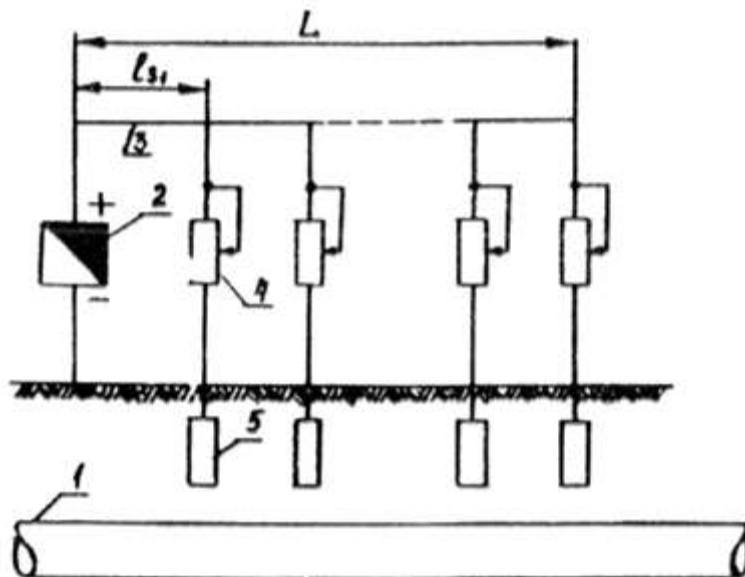


Рис. 3.14. Технологическая схема ЭХЗ с анодными заземлениями, равномерно распределенными вдоль газопровода.

1 - газопровод; 2 - источник постоянного тока; 3 - соединительная линия постоянного тока;  
4 - регулировочные сопротивления; 5 - анодные заземлители.

3.4.2. Ток защитной установки на конечный период эксплуатации определяется из выражения:

$$I_{\text{КС}} = \frac{\Delta U_{\text{с-з}}}{R_{\text{ВХ}}}, \text{ А}$$

где:

$\Delta U_{\text{с-з}}$  - наложенный потенциал в точке подключения дренажного кабеля, В.

3.4.3. Расстояние  $l_{з1}$  от точки дренажа до первого анодного заземления:

$$l_{з1} = \frac{\ln \frac{\Delta U_{\text{с-з}}}{\Delta U_{\text{с-з min}}}}{\alpha}, \text{ м}$$

где:

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_{\text{Т}}}{R_{\text{П}}}}, \text{ 1/м}$$

$\Delta U_{\text{с-з min}}$  - минимальный наложенный защитный потенциал, В.

3.4.4. Общая длина защитной зоны L определяется из выражения:

$$(L - l_{31}) \Delta U_{c-3 \min} + \frac{\Delta U_{c-3}}{\alpha} \left( l^{-\alpha L} - l^{-\alpha l_{31}} \right) - \frac{I_{\text{кз}} \rho_{\Gamma} l_a}{2\pi M} = 0$$

$l_a$  и  $M$  в соответствии с п.3.4.6.

Приведенное выражение представляет собой нелинейное уравнение и решается методом последовательных приближений.

3.4.5. Число анодных заземлений:

$$n = \frac{L - l_{31}}{l_a}.$$

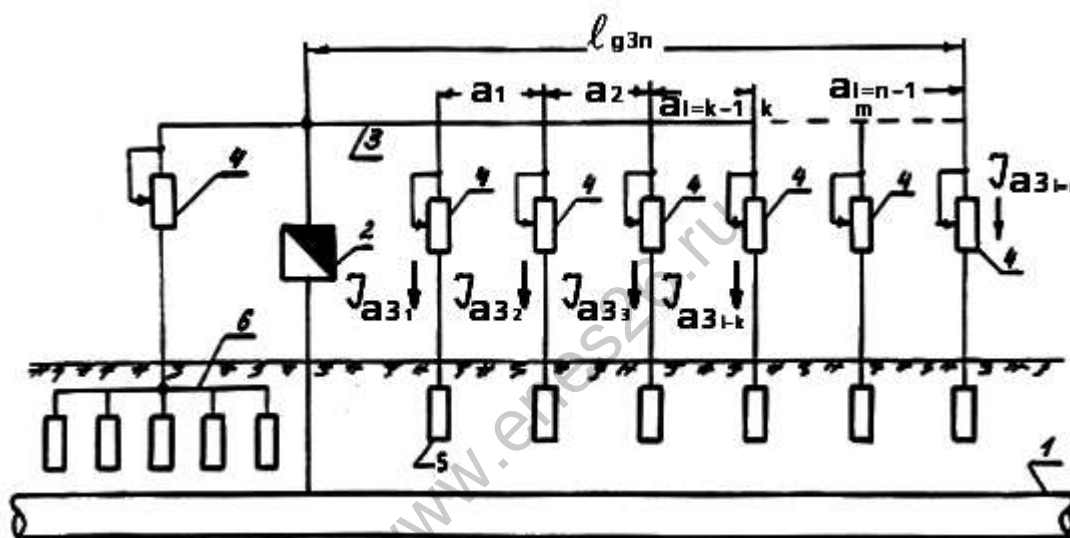


Рис. 3.15. Технологическая схема ЭХЗ с комбинированным расположением анодных заземлений.

1 - газопровод; 2 - источник постоянного тока; 3 - соединительная линия постоянного тока;  
4 - регулировочные сопротивления; 5 - дополнительные анодные заземления; 6 - сосредоточенное анодное заземление.

3.4.6. Необходимый ток анодного заземления определяется из выражения:

$$I_{\text{аз}} = \frac{2\pi M}{\rho} \left( U_{c-3 \min} U_{c-30} l^{-\alpha l} \right), \text{ А}$$

где:

$M$  - расстояние от заземления до середины трубопровода между соседними заземлениями, равное (рис. 3.16):

$$M = \sqrt{\frac{l_a^2}{4} - N^2}, \text{ м;}$$

$l_a$  - расстояние между заземлениями, м;

$U$  - расстояние между трубопроводами и заземлениями, м;

$\rho_r$  - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$l_3$  - расстояние от заземления до точки дренажа, м;

$U_{c-3}$  - защитный потенциал "сооружение-земля" в точке дренажа, В.

3.4.7. Минимальное напряжение в конце соединительной линии постоянного тока  $U_{\min}$  определяется из выражения:

$$U_{\min} = R_p I_{a3n},$$

где:

$R_p$  - сопротивление растеканию анодного заземления (определяется по 3.1.11-3.1.17);

$I_{a3n}$  - ток анодного заземления на конце защищаемого участка.

3.4.8. Сопротивление соединительной линии постоянного тока:

$$R_{\text{л}} \leq \frac{U_{\text{кс}} - U_{\min}}{\frac{I_{\text{кс}} + I_{a3n}}{I_{\text{кс}} l_{31} + \frac{I_{\text{кс}} + I_{a3n}}{2} l_{32}}}, \text{ Ом/км.}$$

3.4.9. Расчет параметров технологической схемы ЭХЗ с комбинированным расположением анодных заземлителей (рис. 3.15) сводится к определению токов дополнительных анодных заземлений и сопротивления линии постоянного тока, поскольку остальные параметры определяются известными способами\*.

\* Инструкция по проектированию и расчету электрохимической защиты магистральных трубопроводов и промышленных объектов", ВСН2-106-78.

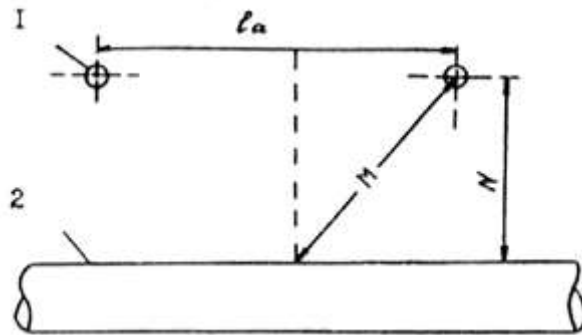


Рис. 3.16. Расчетная схема для определения тока анодного заземления.

1 - анодные заземления;

2 - газопровод.

3.4.10. Расчет производится на основе потенциальной диаграммы участка, снятой методом выносного электрода с шагом не более 10 м в следующей последовательности:

- определяются токи дополнительных анодных заземлений;
- минимальные напряжения соединительной линии в точках подключения дополнительных анодных заземлений;
- сопротивление соединительной линии.

3.4.11. Ток дополнительного анодного заземления определяется выражением:

$$I_{азд} = \frac{2\pi k}{\rho} \left( U_{с-3\min} - U_{с-3} \right), \text{ А};$$

где:

$k$  - расстояние от анодного заземления до места дефекта изоляционного покрытия ("провала" защитного потенциала), м;

$U_{с-3}$  - измеренный потенциал "сооружение-земля" в месте дефекта изоляционного покрытия, В;

$U_{с-3\min}$  - минимально допустимый потенциал "сооружение-земля".

3.4.12. Минимальное напряжение соединительной линии в точке подключения первого дополнительного анодного заземления определяется по формуле, аналогичной п.3.4.7:

$$U_{\min 1} = R_{аз1} \cdot I_{аз1},$$

где:

$R_{аз1}$  - сопротивление растеканию первого заземления, Ом;

$I_{аз1}$  - ток первого заземления, А.

Аналогично определяются минимальные напряжения соединительной линии в точках подключения остальных дополнительных заземлений.

3.4.13. Определяем сопротивление соединительной линии до точки подключения последнего анодного заземления:

$$R_{лн} \leq \frac{U_{кз} - U_{\min n}}{I_{д3} l_{д3} - I_{аз1} \sum_{i=1}^{i=n-1} a_i - I_{аз2} \sum_{i=2}^{i=n-1} a_i - I_{аз3} \sum_{i=3}^{i=n-1} a_i \dots I_{аз_{n-1}} \cdot a_{i=n-1}},$$

где:

$I_{д3}$  - суммарный ток всех дополнительных анодных заземлений, А;

$i$  - порядковый номер анодного заземления и участка линии постоянного тока между соседними

анодными заземлениями.

Для всего участка  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$l_{дз}$  - длина соединительной линии постоянного тока от источника постоянного тока до последнего анодного заземления, км;

$a_i$  - длина участка соединительной линии постоянного тока между соседними анодными заземлениями с порядковыми номерами  $i$  и  $i+1$ ;

$U_{\min_n}$  - минимальное напряжение соединительной линии в точке подключения последнего заземления.

3.4.14. По найденному сопротивлению подбирается сечение провода и производится проверка по падению напряжения. Напряжение в точках подключения анодных заземлений определяется по формуле:

$$U_{i=k} = U_{кк} - R_{пр} \left( I_{азк} l_{дзк} - I_{аз1} \sum_{i=1}^{i=k-1} a_i - I_{аз2} \sum_{i=2}^{i=k-1} a_i \right),$$

где:

$U_{i=k}$  - напряжение соединительной линии в точке "К", В;

$R_{пр}$  - сопротивление соединительной линии, Ом/км;

$l_{дзк}$  - длина соединительной линии от источника постоянного тока до точки  $i = k$ ;

$I_{азк}$  - ток анодного заземлителя в точке "К".

3.4.15. В случае, если в каких-либо точках не обеспечивается  $U_{\min}$ , сечение провода увеличивается и расчет повторяется.

3.4.16. Строительно-монтажные работы и приемка готовой технологической схемы производится в соответствии с требованиями главы 10 СНиП III-42-80 "Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы".

3.4.17. Настройка технологической схемы производится после окончания строительно-монтажных работ на всем участке. Перед настройкой все регулировочные сопротивления устанавливаются в положения, соответствующие минимальному току анодных заземлений. Измерение защитного потенциала производится методом выносного электрода. Выносной электрод устанавливается над трубопроводом в точке напротив середины между первым и вторым заземлениями. Под первым и вторым заземлениями подразумеваются анодные заземления, ближайшие к катодной станции, от которой начинается настройка. Включается катодная станция (источник постоянного тока), и в точке дренажа катодной станции устанавливается такое значение  $U_{с-3_0}$ , при котором защитный потенциал трубопровода в точках между двумя ближайшими к катодной станции заземлениями составлял  $0,8 \div 0,9 U_{с-3_{\min}}$ , после этого, одновременно или поочередно увеличивая токи первого и второго заземления, устанавливается потенциал трубопровода в точке между первым и вторым заземлителями, равный  $U_{с-3_{\min}}$ . Электрод сравнения переставляется в точку над трубопроводом напротив середины между вторым и третьим анодным заземлениями и, регулируя ток третьего

заземления (при необходимости и второго), устанавливается потенциал, равный  $U_{c-3_{\min}}$ . В случае, если ток второго заземления уменьшается, необходимо произвести повторное измерение в первой точке и при потенциале меньше по абсолютной величине  $U_{c-3_{\min}}$  увеличить ток второго заземления до достижения  $U_{c-3_{\min}}$ . Дальнейшая настройка производится аналогично. Настройка повторяется через 3-5 суток.

3.4.18. Настройка схемы с комбинированным расположением анодных заземлений производится после установки всех дополнительных анодных заземлений в местах "провалов" защитного потенциала, выявленных при предварительно произведенных измерениях. Устанавливаются такие токи дополнительных анодных заземлений, при которых обеспечивается полная защищенность газопровода. Контроль защитных потенциалов в местах установки дополнительных анодных заземлений повторяется через 3-5 суток после настройки.

3.4.19. Контроль защищенности сооружения проводится в соответствии с ГОСТ 25812-83, ГОСТ 9.015-74, "Правилами технической эксплуатации магистральных газопроводов", М., "Недра", 1982 и главой 2 настоящего "Руководства...".

### 3.5. Установки протекторной защиты.

3.5.1. Сущность протекторной защиты заключается в катодной поляризации металла внешним током за счет соединения с металлом (протектором), имеющим более отрицательный потенциал, чем трубопровод.

3.5.2. Протекторная защита трубопроводов осуществляется, как правило, в местах отсутствия электроэнергии в грунтах с удельным сопротивлением до 50 Ом·м. В настоящее время разработаны и выпущены опытные партии прутковых и ленточных протекторов для сухих и мерзлых грунтов с удельным сопротивлением до 300 Ом·м. Кроме того, протекторы могут использоваться как дополнение к катодной защите в местах с защитным потенциалом ниже минимального, а также как временная защита в период от укладки трубопровода в землю до введения в действие постоянной катодной защиты. При этом в зависимости от коррозионной активности грунта применяются различные типы протекторов.

Таблица 3.9

### Области применения протекторов в зависимости от коррозионной активности грунта

Удельное электрич. сопротивл., Ом·м	Коррозионная активность грунта	Применяемые протекторы
До 5	Весьма высокая	Магнелиевые и цинковые протекторы весом 20 кг (при $pH \leq 4$ магниевые протекторы не применяются)
5-10	Высокая	Магнелиевые и цинковые протекторы весом 10-20 кг (при $pH \leq 4$ магниевые протекторы не применяются)
10-20	Повышенная	Магнелиевые протекторы весом 10 кг
20-50	Средняя	Магнелиевые протекторы весом 5 кг

3.5.3. Для защиты подземных магистральных трубопроводов применяются преимущественно магниевые, реже цинковые и алюминиевые протекторы. Электрохимические характеристики и состав протекторных сплавов приведены в табл. 3.10 и 3.11.

Таблица 3.10

Марка сплавов	Потенциал по медносульфатному электроду сравнения, В	Теоретическая токоотдача, А·ч/кг	Коэффициент полезного действия, %
Мл 16	-1,6	2200	52
Мл 16 пч	-1,6	2200	60
Мл 16 вч	-1,6	2200	62
Мл 4 вч	- 1,55	2200	64
Мп1	1,55	2200	65
ЦП1	- 1,1 ÷ 1,15	820	95
ЦП2	- 1,1 ÷ 1,15	820	95
АП1	-1,04	2880	75
АП2	-0,94	2960	70
АП3	- 1,04	2880	85
АП4	-1,14	2880	85
АП5	- 1,02	2700	70

Коэффициент полезного действия протектора представляет собой отношение практической токоотдачи к теоретической.

Таблица 3.11

### Химический состав магниевых и цинковых протекторных сплавов

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси, не более, %				
	Mg	Al	Zn	Mn	Fe	Cu	Ni	Si	Ti
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мл16	остальное	7,5-9,0	2,0-3,0	0,15-0,5	0,03	0,15	0,01	0,2	-
Мл16пч	"-	"-	"-	"-	0,005	0,01	0,001	0,06	-
Мл16вч	остальное	"-	"-	"-	0,003	0,003	0,001	0,04	-
Мл4вч	"-	5,0-7,0	"-	"-	0,003	0,004	0,001	0,05	-
Мп1	"-	"-	2,0-4,0	0,02-0,5	0,003	0,004	0,001	0,04	0,04
ЦП1	-	0,4-0,6	ост.	-	0,001	0,001	-	-	-
ЦП2	0,1-0,3	0,5-0,7	ост.	0,1-0,3	0,004	0,001	-	-	-

3.5.4. При протекторной защите в зоне блуждающих токов используются поляризованные протекторы: с включением в цепь "трубопровод-протектор" вентильного устройства (диод). Вентиль включается таким образом, чтобы ток через него протекал только в направлении от трубопровода к протектору. Протекторы при этом устанавливают в анодных и знакопеременных зонах (рис. 3.17).

Основные параметры протекторов приведены в приложении 14.

3.5.5. Протектор либо поставляют в упаковке с активатором, либо на месте засыпают активаторной смесью. Активаторы предназначены для стабилизации удельного электрического сопротивления грунта вокруг протектора и способствуют уменьшению сопротивления растеканию протектора. Состав активаторов представлен в табл. 3.12.

Гипс, входящий в состав активаторов, препятствует образованию на поверхности протекторов слоев с плохой проводимостью. Сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  дает легкорастворимые соединения с продуктами коррозии, что способствует сохранению постоянства стационарного потенциала и уменьшению переходного сопротивления протектора. Bentonит и трепел удерживают влагу и замедляют растворение солей грунтовыми водами.

3.5.6. Число протекторов на 1 км трубопровода, определенное по усредненным данным в зависимости от диаметра трубопровода и удельного сопротивления грунта, приведено в табл.3.13.

Таблица 3.12

Уд. сопротивл. грунта, Ом·м	Масса активатора						
	Магниевого протекторы				Цинковые протекторы		
	гипс, %	бентонит, %	трепел, %	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ , %	гипс, %	бентонит, %	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ , %
до 20	65	15	15	5	25	75	-
	25	75	-	-	50	45	5
от 20 до 100	70	10	15	5	75	20	5
	75	20	-	5			
	50	40	-	10			
свыше 100	65	10	10	15			
	25	50	-	25			

3.5.7. Число протекторов в группе определяется выражением:

$$N_{\text{гр}} = \frac{N_{\text{пр/км}}}{B},$$

где:

$N_{\text{пр/км}}$  - число протекторов на км;

$B$  - число групповых протекторных установок.

3.5.8. Рекомендуется групповые протекторные установки располагать через 500-1000 м, т.е. 1 ÷ 2 установки на километр. Пример выполнения групповой протекторной установки приведен на рис. 3.18.

Таблица 3.13

**Число протекторов на 1 км трубопровода в зависимости от его диаметра и удельного сопротивления грунта**



Диаметр трубопр., мм	Удельное сопротивл. грунта, Ом·м	Количество протекторов на 1 км трубопровода, шт.		Ток протектора, А
		ПМ10У	ПМ20У	
273	10	5	5	0,58
	20	6	5	0,36
	30	7	6	0,30
	40	7	7	0,24
	50	8	8	0,22
325	10	6	5	0,69
	20	6	6	0,43
	30	8	7	0,35
	40	8	8	0,29
	50	10	9	0,27
377	10	7	6	0,81
	20	7	7	0,90
	30	9	8	0,40
	40	10	9	0,34
	50	11	10	0,31
426	10	7	7	0,93
	20	8	8	0,57
	30	10	9	0,45
	40	11	10	0,38
	50	12	11	0,35
530	10	9	8	1,30
	20	10	9	0,70
	30	11	10	0,58
	40	13	12	0,48
	50	15	14	0,44
820	10	15	14	1,76
	20	17	16	1,10
	30	18	17	0,89

	40	20	19	0,74
	50	23	21	0,69
1020	10	18	17	2,20
	20	20	19	1,50
	30	22	20	1,10
	40	23	22	0,89
	50	28	25	0,86
1220	10	19	18	2,50
	20	21	20	1,60
	30	26	24	1,30
	40	29	27	1,10
	50	33	31	1,02

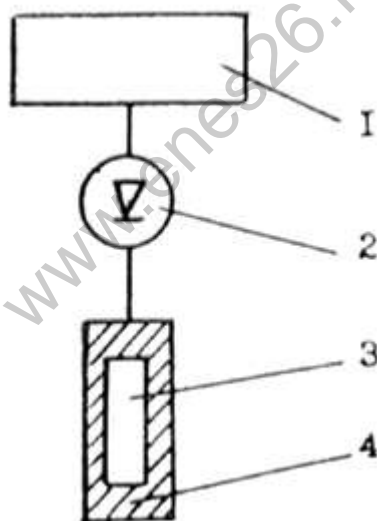


Рис. 3.17. Поляризованная установка протекторной защиты.

1 - защищаемое сооружение (газопровод, кабель); 2 - полупроводниковый диод;  
3 - протектор; 4 - активатор.

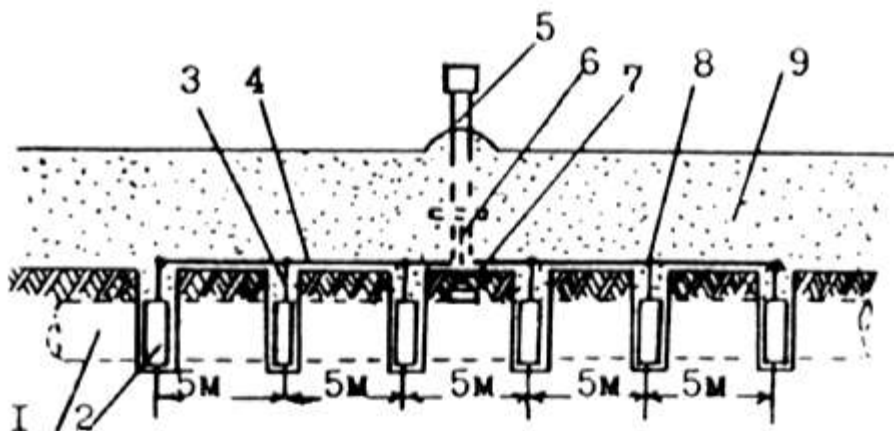


Рис. 3.18. Групповая протекторная установка.

- 1 - газопровод; 2 - протектор упакованный; 3 - провод протектора;  
 4 - соединительный кабель протекторов; 5 - контрольно-измерительная колонка;  
 6 - кабель подключения газопровода; 7 - контакт с газопроводом; 8 - подключение протектора к соединительному кабелю; 9 - засыпка естественным грунтом.

3.5.9. Выбранное расположение групп протекторов и число протекторов в группе уточняются по данным опытной установки протекторов. На участке трубопровода, где проектируются устройства защиты, вначале монтируют одну протекторную установку и измеряют потенциал "сооружение-земля" с шагом  $10 \div 20$  м при отключенной установке ( $U_{ст}$ ) и при включенной ( $U_{с-3}$ ) и строят график наложенного потенциала. По графику находится расстояние  $l$  между точкой подключения протекторной установки и точкой, где наложенный потенциал "сооружение-земля" равен

$$\frac{U_{с-3_{min}} - U_{ст}}{2}^*$$

\*  $U_{с-3_{min}}$  в соответствии с ГОСТ 25812-83.

Следующую протекторную установку располагают на расстоянии  $2l$  от первой. Так как наложенные потенциалы соседних установок суммируются, то защитный потенциал в точке, расположенной в середине защищаемого участка, будет равен  $-U_{с-3_{min}}$  В. Следует отметить, что при применении нескольких протекторных установок расстояние между ними будет больше, чем определенное вышеизложенным способом, поскольку при этом будет оказываться влияние соседних установок.

3.5.10. Располагать протекторы ближе 3 м от трубопровода не рекомендуется, так как это может привести к повреждению изоляционного покрытия солями растворяющегося протектора.

3.5.11. Срок службы протекторов вычисляют по формуле:

$$T = \frac{G_{п} q \eta_{п} \eta_{и}}{I_{п} \cdot 8760} \text{ год;}$$

где:

$G_{\Pi}$  - масса протектора без активатора, кг;

$q$  - теоретическая токоотдача материала протектора, Ачас/кг;

$\eta_{\Pi}$  - коэффициент полезного действия протектора (0,50-0,95);

$\eta_{и}$  - коэффициент использования протектора (0,70);

$I_{\Pi}$  - ток в цепи "протектор-трубопровод" (средний за время эксплуатации).

3.5.12. Срок службы протекторов может быть рассчитан также исходя из тока протекторов. Ток протекторов определяется разностью потенциалов протектора и защищаемого сооружения  $U_{\Pi-с}$  и величиной сопротивлений: переходного протектора  $R_{\Pi\Pi}$ , входного трубопровода  $R_{вх}$  и соединительных проводов  $R_{пр}$ .

$$I_{\Pi\Pi} = \frac{U_{\Pi-с}}{R_{\Pi\Pi} + R_{вх} + R_{пр}}.$$

Переходное сопротивление протектора равно:

$$R_{\Pi\Pi} = R_{р\Pi} + R_{пол},$$

где:

$I_{\Pi\Pi}$  - ток протектора, А;

$R_{р\Pi}$  - сопротивление растеканию тока протектора, Ом;

$R_{пол}$  - поляризационное сопротивление протектора, Ом.

Обычно величина  $R_{пол}$  не превышает 0,25 Ом, поэтому ею можно в расчетах пренебречь.

3.5.13. Сопротивление растеканию протектора с активатором, установленного вертикально в грунт, вычисляется по формуле:

$$R_{ув} = \frac{\rho_{\Gamma}}{2\pi l_a} \left( \ln \frac{2l_a}{d_a} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_a}{4H - l_a} + \frac{\rho_a}{\rho_{\Gamma}} \ln \frac{d_a}{d} \right), \text{ Ом}$$

где:

$d$  - диаметр протектора;

$\rho_a$  - удельное сопротивление активатора, Ом·м;

$d_a$  - диаметр столба активатора, м;

$l_a$  - высота столба активатора, м;

$H$  - глубина установки протектора, м.

3.5.14. При горизонтальной установке протектора его сопротивление вычисляют по формуле:

$$R_{yg} = \frac{\rho_r}{2\pi l_a} \left( \ln \frac{2l_a}{d_a} + \ln \frac{l_a + \sqrt{l_a^2 + 16H^2}}{4H} + \frac{\rho_a}{\rho_r} \ln \frac{d_a}{d} \right), \text{ Ом.}$$

3.5.15. При использовании групп протекторов для расчета их сопротивления растеканию учитывается коэффициент экранирования и используются формулы для расчета анодных заземлений. Так как  $R_{вх}$  для трубопроводов больших диаметров ( $D_r > 800$  мм) составляет обычно не более 0,1 Ом, то этой величиной также можно пренебречь и для приближенных расчетов использовать формулу:

$$I_{пр} = \frac{U_{п-с}}{R_{рп}}.$$

3.5.16. Исходя из величины тока протектора  $I_{пр}$ , можно вычислить срок службы протектора по следующим обобщенным формулам:

$T_{Mg}$  - для магниевого протектора - при коэффициенте полезного действия 50%:

$$T_{Mg} = 0,12 \frac{G_{п}}{I_{пр}}$$

$T_{Zn}$  - для цинкового - при коэффициенте полезного действия 80%:

$$T_{Zn} = 0,28 \frac{G_{п}}{I_{пр}}$$

$T_{Al}$  - для алюминиевого - при коэффициенте полезного действия 90%:

$$T_{Al} = 0,08 \frac{G_{п}}{I_{пр}}.$$

### 3.6. Установки электродренажной защиты

3.6.1. В основе действия электродренажной защиты лежит отвод блуждающих токов с подземного сооружения в рельсы через специально установленную перемычку - электродренаж. При этом цепь тока утечки с сооружения через землю в рельсы шунтируется значительно меньшим сопротивлением дренажной цепи и утечка токов с сооружения в землю практически прекращается. Одновременно, поскольку электродренаж для рельсовой цепи является заземлением, дополнительная часть блуждающих токов ответвляется в районе подключения дренажа из земли в трубопровод, создавая тем самым эффект катодной поляризации на защищаемом трубопроводе (рис. 3.19).

3.6.2. Электродренажная защита (защита поляризованными дренажами) эффективна

преимущественно в районе расположения тяговой подстанции (практически не далее 3-5 км).

3.6.3. Точка подключения дренажного кабеля к сооружению выбирается в месте наибольших положительных значений потенциалов "сооружение-земля". Кроме того, должны учитываться разность потенциалов "сооружение-рельс", расстояние между сооружением и электрифицированной железной дорогой, а также возможность подключения дренажа к рельсовой цепи.

3.6.4. Электродренажную защиту допускается присоединять при двухниточных рельсовых цепях СЦБ к средним точкам путевых дросселей через два дроссельных стыка на третий, при однопутных рельсовых цепях к тяговой нитке.

3.6.5. Если в результате установки опытного электродренажа не удастся добиться полной защиты, проверяются варианты перемещения пункта дренирования или одновременное включение нескольких электродренажей в различных пунктах.

При недостаточной эффективности принятых мер испытывают варианты работы электродренажей в комплексе с другими видами электрозащиты. В этом случае включение катодной станции производится после окончательного выбора параметров дренажной защиты.

3.6.6. Величина сопротивления проектируемого кабеля электродренажа может быть определена по формуле:

$$R_d = 0,04 \div 0,015l, \text{ Ом,}$$

где:

$l$  - длина дренажного кабеля, км.

При  $l < 0,4$  км сопротивление дренажного кабеля принимается равным 0,04 Ом.

3.6.7. В случае невозможности установки опытной дренажной защиты ее параметры ориентировочно могут быть определены путем расчета.

3.6.8. Сила тока электродренажной цепи определяется из расчета, что ток всех дренажных устройств не должен превышать 20% общей нагрузки тяговой подстанции:

$$I_d = 0,2I_{т/п} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$$

$I_{т/п}$  - среднемесячная нагрузка тяговой подстанции;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий расстояние между сооружением и электрифицированной железной дорогой.

Расстояние (не более), м	100	200	300	500	800	1000	1500	2000	3000
$K_1$	1	0,95	0,9	0,75	0,65	0,55	0,35	0,25	0,15

$K_2$  - коэффициент, учитывающий расстояние от места пересечения или сближения сооружения с электрифицированной железной дорогой до тяговой подстанции.

Расстояние (не более),	100	500	1000	2000	3000	6000
---------------------------	-----	-----	------	------	------	------

м						
$K_2$	1	0,75	0,4	0,25	0,15	0,1

$K_3$  - коэффициент, учитывающий тип изоляционного покрытия сооружения.

Тип покрытия	нормальное	усиленное
$K_3$	0,9	0,8

$K_4$  - коэффициент, учитывающий время нахождения сооружения в грунте.

Время нахождения трубопровода в грунте	более 5 лет	более 3 лет	более полугода
$K_4$	1	0,9	0,75

$K_5$  - коэффициент, учитывающий числа параллельно уложенных сооружений.

Число сооружений	1	2	3	4 и более
$K_5$	0,8	0,9	0,95	1

3.6.9. Площадь сечения дренажного кабеля определяется:

$$S = \frac{I_d}{\Delta U_d} \rho_{\text{пр}} l_k, \text{ мм}^2$$

$l_k$  - длина дренажного кабеля, м;

$\Delta U_d$  - допустимое падение напряжения в дренажной цепи, В.

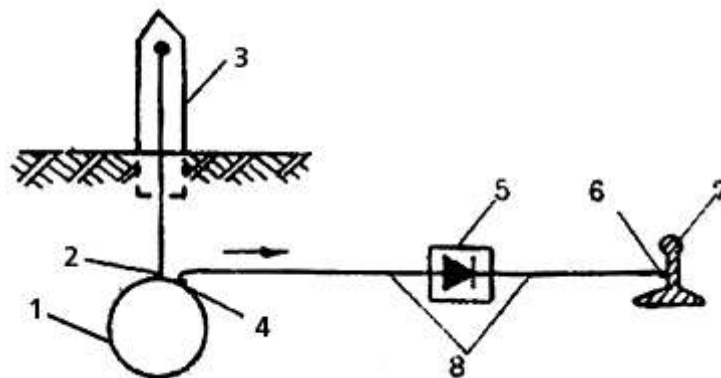


Рис. 3.19. Установка поляризованной дренажной защиты.

- 1 - газопровод; 2 - контакт катодного вывода; 3 - катодный вывод; 4 - точка дренажа на газопроводе;  
5 - поляризованная электродренажная установка;  
6 - контактное устройство с рельсовой сетью; 7 - рельсовая сеть; 8 - дренажный кабель.

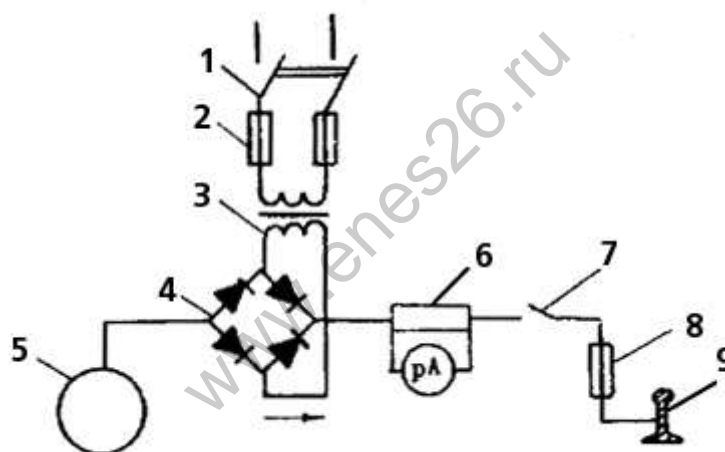


Рис. 3.20. Установка усиленной дренажной защиты.

- 1 - выключатель переменного тока; 2 - предохранитель переменного тока; 3 - трансформатор;  
4 - выпрямительный блок; 5 - газопровод; 6 - шунт;  
7 - выключатель постоянного тока; 8 - предохранитель дренажа; 9 - рельс.

При подключении дренажа к минусовой шине тяговой подстанции:

Расстояние между пунктом отсоса и сооружением, км	0,2	0,5	1	2	3
$\Delta U_{\text{д}}$ , В	10	11	12	13	14

При подключении дренажа через среднюю точку путевых дросселей:

Расстояние между	0,5	1	2	3
------------------	-----	---	---	---



сооружением и  
электрифицированной  
железной дорогой, км

$\Delta U_{\text{д}}$ , В

3

5

6

7

3.6.10. Если применение поляризованных электродренажей неэффективно, то могут использоваться усиленные электродренажи. Усиленный электродренаж представляет собой установку катодной защиты, в качестве анодного заземлителя которой используются рельсы электрифицированной железной дороги (рис. 3.20).

3.6.11. В качестве источника постоянного тока может использоваться серийная станция катодной защиты или усиленного дренажа (см. приложение 15), а также выпрямители. Поскольку к установкам усиленных дренажей предъявляется ряд требований, связанных с комплексом специальных измерений на рельсовых сетях, их проектирование и наладка должны производиться специализированной организацией.

#### **4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Центральной задачей служб эксплуатации является обеспечение бесперебойной работы всех средств электрохимической защиты и достижение необходимого уровня защищенности на всей поверхности подземных сооружений.

Для решения этой задачи службы эксплуатации организуют и выполняют работу в следующих направлениях:

- повышают эксплуатационную надежность средств ЭХЗ;
- используют средства дистанционного контроля за работой УКЗ;
- своевременно и качественно выполняют профилактический и капитальный ремонты средств ЭХЗ;
- определяют фактическую защищенность от коррозии подземных сооружений и обеспечивают заданный ГОСТом 25812-83 уровень защищенности на всей (весьма неоднородной) поверхности сооружений;
- определяют коррозионное состояние газопровода, выявляют участки сооружений, подвергающиеся наибольшей опасности и принимают меры по усилению защиты.

##### **4.1. Повышение эксплуатационной надежности средств ЭХЗ.**

4.1.1. Интенсивность отказов в работе средств электрохимзащиты определяется рядом факторов. Наиболее существенными из них являются: резкие перепады влажности и температуры, коррозионная агрессивность атмосферы, величина коэффициента нагрузки элементов, электрические перенапряжения от грозовых проявлений.

4.1.2. Особенно сильное влияние на работоспособность систем ЭХЗ оказывает состояние изоляционного покрытия подземных сооружений: чем ниже качество изоляции, тем выше необходимые для защиты токовые нагрузки в цепях ЭХЗ и тем более напряженные условия их эксплуатации.

4.1.3. Интенсивность отказов установок катодной защиты определяется эксплуатационной надежностью работы ее основных частей:

блока катодной станции, узла анодного заземления, воздушных линий электропередач постоянного и переменного тока, узлов присоединения.

4.1.4. В зависимости от условий эксплуатации наиболее уязвимыми элементами станций катодной защиты становятся различные элементы - полупроводниковые вентили, контактные соединения (переключатели, разъемы и т.п.), блоки управления, силовые трансформаторы и предохранители.

4.1.5. Наиболее слабым звеном анодного заземления, как правило, является не сам электрод, а монтажный узел присоединения, токоведущие изолированные кабели (провода) подземной прокладки и места их электрических сочленений.

4.1.6. Основные причины выхода из строя воздушных линий УКЗ - обрыв проводов в периоды обледенений, захлесты и короткие замыкания воздушных линий постоянного и переменного токов, завалы опор при сильных ветровых нагрузках и в неустойчивых грунтах.

4.1.7. Эксплуатационная надежность систем ЭХЗ закладывается на этапах проектирования, строительства и эксплуатации средств ЭХЗ.

4.1.8. Повышение эксплуатационной надежности станций катодной защиты достигается:

- использованием наиболее современных преобразователей и устройств для катодной защиты, например, серии ПАСК-М, ПСК-М, ТДЕ-9 (приложения 8.2, 8.3);
- установкой преобразователей в блок-боксы и другие укрытия, защищающие их от атмосферных влияний;
- использованием эффективных схем грозозащиты на входе и выходе станций катодной защиты (п.3.2);
- применением устройств теплорадиационной защиты (экранов) при использовании преобразователей в исполнении V.3 в южных районах;
- усилением контактных узлов и соединений (рис. 4.1);
- ограничением нагрузки катодных станций по току (до 50% от номинальной), особенно на наиболее ответственных, в том числе, коррозионноопасных участках газопроводов;
- использованием дополнительных катодных станций, установленных в режиме холодного резервирования, для наиболее удаленных и труднодоступных участков трассы;
- введением функционального или параметрического резервирования ЭХЗ на участках высокой коррозионной опасности (наличие каверн глубиной свыше 3 мм, свищей и т.п.).

4.1.9. Повышение эксплуатационной надежности анодных заземлений УКЗ достигается:

- применением наиболее надежных и долговечных конструкций анодных заземлителей из малорастворимых материалов, например, АЗМ-2, АК-3 (приложения 10.2, 10.6);
- использованием глубинных заземлений с несколькими токоотводами в высокоомных грунтах;
- обеспечением равномерной нагрузки электродов анодного заземления с использованием схем с радиальным расположением электродов (рис.4.2);
- снижением нагрузки анодного заземления до 50% от рекомендуемой анодной плотности тока на участках повышенной и высокой коррозионной опасности;
- использованием коксовых и других засыпок с активаторами для снижения скорости растворения и сопротивления растеканию токов анодов, особенно в маловлажных и высокоомных грунтах (рис. 4.3);
- установкой дренажных трубок для отвода газов, особенно для глубинных анодных заземлений;
- применением схем ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами особенно на участках газопроводов с глубокими "провалами" защитного потенциала и с большими повреждениями в

изоляционном покрытии (п.3.3);

- применением для подключения электродов анодных заземлений проводов марки АВРГ, ВВГ, ВРГ или специальных кабелей подземной прокладки для катодной защиты, не допуская использования провода АПВ;

- строгим соблюдением технологии пайки и изоляции контактных узлов соединения токоведущих линий анодного заземления\*.

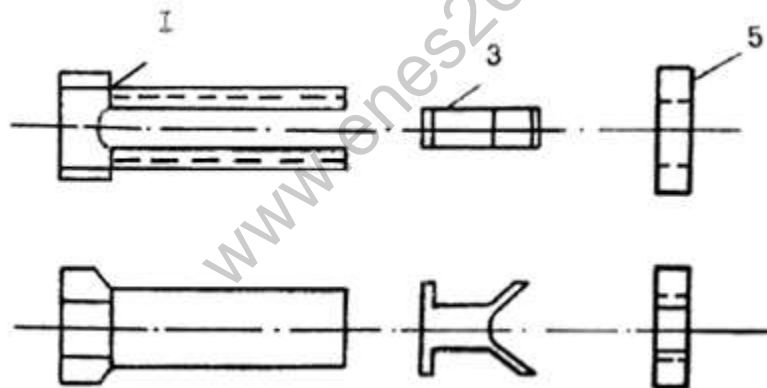
-----  
\* Сборка контактных узлов графитовых электродов (ЭГТ-2,5 и др.) без графитовой смазки приводит к выходу их из строя через 2-3 мес.

4.1.10. Повышение эксплуатационной надежности воздушных линий электроснабжения УКЗ достигается:

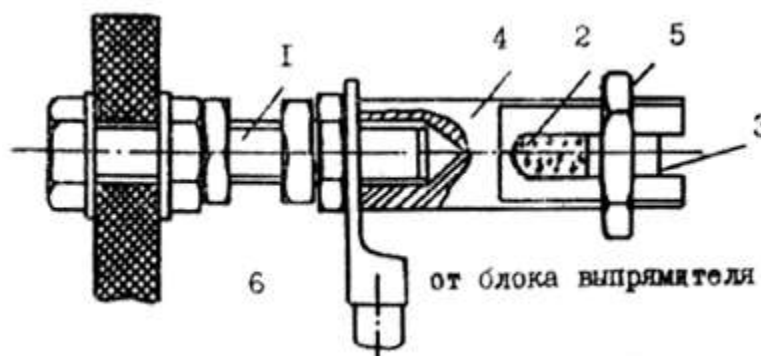
- повышением категорийности электроприемников систем катодной защиты в грунтах с удельным электрическим сопротивлением менее 10 Ом·м и зонах действия блуждающих токов с обязательным автоматическим включением резервного источника (Л.12);

- сооружение на вдольтрассовых ЛЭП для многониточных систем газопроводов, устройств автоматического повторного включения линии (АПВ) и сигнализации отключения ЛЭП на главном щите управления КС;

- установкой устройств секционирования и разъединителей, позволяющих отключить поврежденные участки ЛЭП 6-10 кВ с питанием от ТП КС;



Конструкция зажима



Болтовое соединение на выходе катодной станции

Рис. 4.1. Резьбовое соединение повышенной надежности.

1 - болт; 2 - кабель (провод); 3 - вкладыш; 4 - зажим; 5 - гайка; 6 - наконечник.

- введением технологического резервирования, обеспечивающего перекрытие защитного потенциала при отключении УКЗ из-за отказа ЛЭП на коррозионноопасных участках газопровода;
- установкой на выходных фидерах ТП КС счетчиков моточасов,
- реконструкцией траверс высоковольтных опор и изоляторов в степных районах эксплуатации с учетом экологических проблем (рис. 4.4);
- применением термостабилизаторов-пасынков для закрепления опор ЛЭП 6-10 кВ (рис. 4.5, приложение 16.1);
- применением технологических схем катодно-протекторной защиты (рис. 3.1) или автономных источников электроснабжения УКЗ в труднодоступных районах со сложными природно-климатическими условиями (п.3.5, приложение 9).

#### 4.2. Дистанционный контроль за работой УКЗ.

4.2.1. Основные параметры эксплуатационной надежности установок катодной защиты выражаются через интенсивность отказов, среднее время восстановления и суммарное время работы установок. Процесс восстановления устройств ЭХЗ после их отказа складывается из двух этапов: времени обнаружения отказа и его устранения.

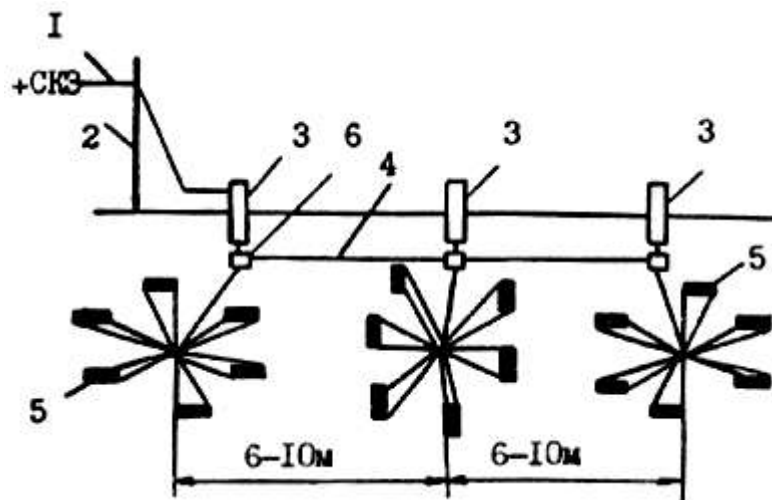
4.2.2. Как правило, основное время простоя УКЗ при периоде технического осмотра два раза в месяц падает на время обнаружения отказа УКЗ. Введение непрерывного дистанционного контроля за работой катодной защиты позволяет свести к минимуму простои УКЗ по этой причине.

4.2.3. Для дистанционного контроля за работой средств ЭХЗ используются: промышленные системы телемеханики, различные модификации радиоконтроля, специальные системы телеконтроля по трубопроводному каналу.

4.2.4. Наиболее надежным и экономичным каналом связи является физический канал "труба-земля", использование которого реализовано в разработанных ВНИИГАЗом системах телеконтроля типа ТКЗ (п.5).

4.2.5. Системы телеконтроля типа ТКЗ обеспечивают непрерывный дистанционный контроль самих станций (преобразователей) катодной защиты, они реагируют на отказы элементов УКЗ (анодных заземлений, линий электропитания, дренажных линий и т.п.), чувствительны к уменьшению длины защитной зоны катодной станции, связанное, например, с ухудшением изоляционного покрытия газопровода.

а)



б)

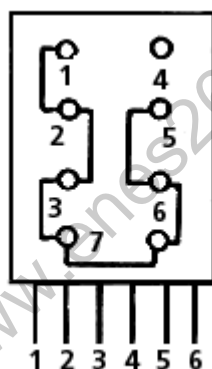


Рис. 4.2. Схема анодного заземления (АЗ) с радиальным расположением электродов.

а) схема расположения электродов;

б) монтажная плата КИП.

1 - линия АЗ воздушная; 2 - опора; 3 - КИП; 4 - линия АЗ подземная;  
5 - электроды АЗ; 6 - соединительная муфта; 7 - перемычка.

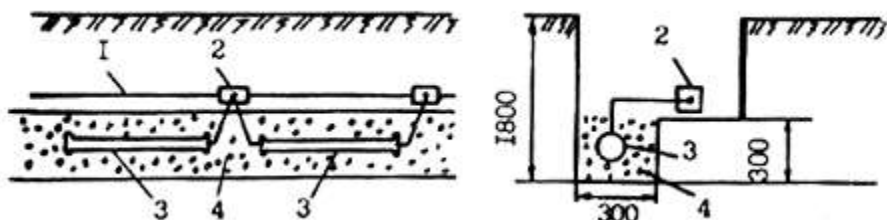


Рис. 4.3. Схема укладки анодных заземлителей в траншею с коксовой засыпкой.

1 - кабель; 2 - узел соединения; 3 - анодный заземлитель; 4 - коксовая мелочь.

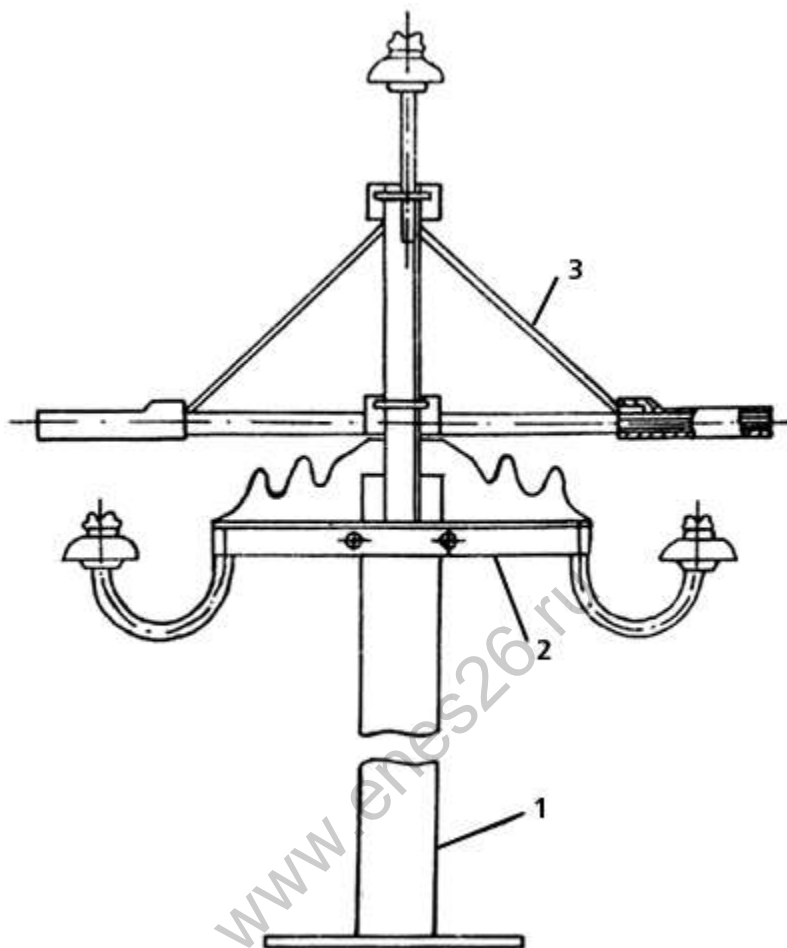


Рис. 4.4. Реконструкция траверсы высоковольтной опоры с установкой "Присада-1".

1 - опора; 2 - траверса; 3 - присада.

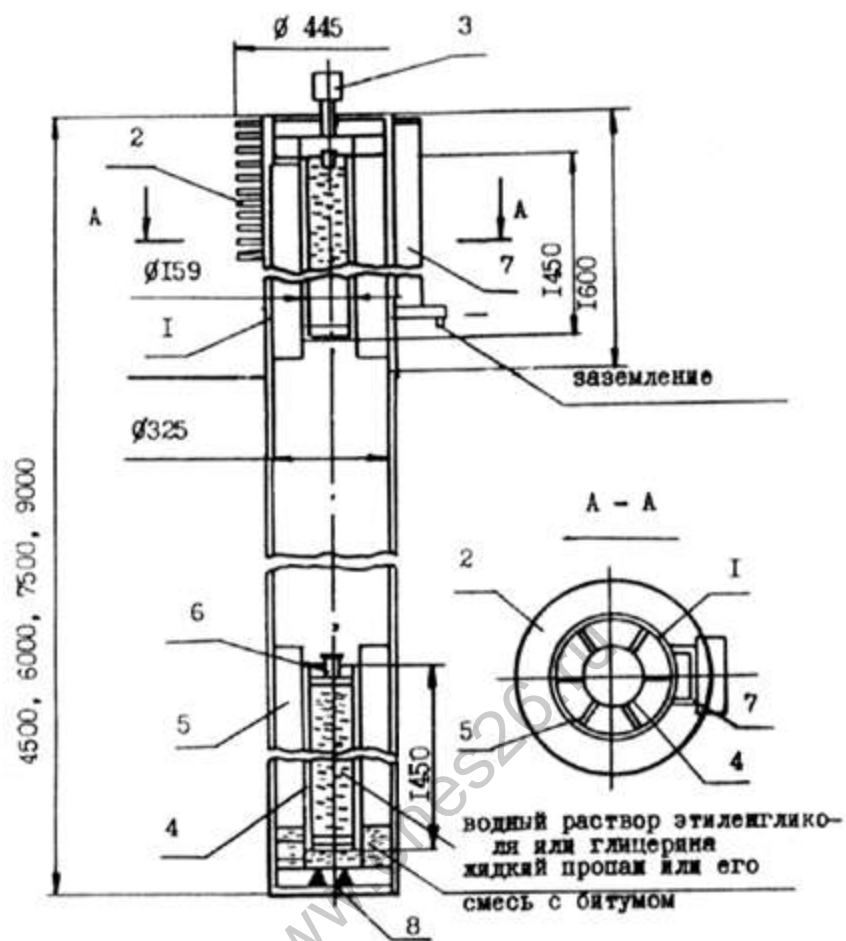


Рис. 4.5. Термостабилизатор-пасынок опор ЛЭП.

- 1 - корпус термостабилизатора; 2 - ребра кольцевые радиальные; 3 - заправочное устройство;  
 4 - корпус аккумулятора холода; 5 - ребра вертикальные продольные;  
 6 - заливочный штуцер с пробкой; 7 - стойка опорная;  
 8 - технологическое отверстие.

4.2.6. Введение телеконтроля за работой УКЗ по трубопроводному каналу позволяет:

- существенно снизить затраты времени и средств на объезды УКЗ;
- резко сократить время перерывов в работе УКЗ от момента обнаружения отказа до замены или ремонта поврежденных элементов УКЗ;
- повысить стабильность поддержания заданных параметров УКЗ;
- выявлять статистику отказов установок катодной защиты и концентрировать усилия служб эксплуатации на наиболее узких местах.

4.2.7. В целом введение системы телеконтроля за работой УКЗ по трубопроводному каналу значительно повышает технический уровень эксплуатации средств ЭХЗ, т.к. работа этих систем

функционально требует поддержания хорошего технического состояния системы электрохимической защиты магистральных газопроводов.

#### 4.3. Организация профилактического, капитального и централизованного ремонтов средств ЭХЗ.

##### 4.3.1. Основные положения.

4.3.1.1. Своевременное и качественное выполнение ремонтных работ - основная задача служб эксплуатации по защите от коррозии и важный фактор повышения эксплуатационной надежности системы ЭХЗ.

4.3.1.2. Цель ремонтно-профилактических работ - систематическая проверка правильности эксплуатации средств ЭХЗ, линий электроснабжения и устройств телеконтроля, выявление неисправностей и дефектов этих средств и их устранение, поверка и ремонт контрольно-измерительных приборов, накопление и анализ материалов, характеризующих износ, бесперебойную и надежную работу элементов, входящих в систему ЭХЗ.

4.3.1.3. Организационно ремонт средств ЭХЗ состоит из системы планово-предупредительного ремонта (ППР) установок ЭХЗ в полевых условиях и централизованного ремонта оборудования ЭХЗ в стационарных условиях.

4.3.1.4. Система ППР предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по осмотру, ремонту и замене в полевых условиях отдельных блоков, узлов и деталей сооружений ЭХЗ, обеспечивающих длительную и надежную защиту.

4.3.1.5. Система централизованного ремонта оборудования (ЦРО) предусматривает капитальный ремонт в стационарных условиях наиболее сложного оборудования ЭХЗ (автоматических катодных станций, блоков телеконтроля и др.), коррозионно-измерительных приборов, высоковольтного оборудования, ремонт которого требует определенной квалификации персонала.

4.3.1.6. Централизованный ремонт оборудования организуется в мастерских производственных лабораторий ЭХЗ и других, имеющих в производственных объединениях отрасли.

4.3.1.7. При ЦРО накапливается статистический материал, позволяющий выявить наиболее уязвимые узлы и элементы конструкций, принять меры к повышению эксплуатационной надежности работы системы ЭХЗ с учетом конкретных условий эксплуатации.

4.3.1.8. Система ЦРО позволяет внедрить единую технологию ремонта, обеспечивающую высокое качество работы, применять приспособления, ускоряющие ремонтные работы, упростить и улучшить систему снабжения материалами и запчастями, подготовить высококвалифицированные кадры технического персонала по ремонту и наладке средств защиты и телеконтроля.

4.3.1.9. Сущность системы ППР заключается в том, что после отработки средствами ЭХЗ заданного количества часов проводится определенный вид профилактического осмотра и ремонта; текущего, среднего и капитального.

4.3.1.10. Текущий ремонт является планово-предупредительным ремонтом, осуществляется с минимальными по объему ремонтными работами и имеет целью путем замены или восстановления небольшого количества деталей, путем устранения дефектов и посредством регулирования обеспечить нормальную эксплуатацию сооружений ЭХЗ до очередного планового ремонта.

4.3.1.11. Средний ремонт является планово-предупредительным ремонтом, при котором путем ремонта отдельных узлов и регулировки сооружений возвращаются предусмотренные ГОСТом или ТУ номинальные параметры до очередного среднего или капитального ремонта. В объем среднего ремонта входят также все работы, предусмотренные тонущим ремонтом.

4.3.1.12. Капитальный ремонт - это наибольший по объему работ вид планово-предупредительного ремонта, при котором производятся замена или восстановление отдельных узлов и деталей, сборка, регулировка, испытание и наладка сооружения ЭХЗ. Испытания должны показать, что сооружению возвращены первоначальные паспортные данные, предусмотренные техническими условиями.



4.3.1.13. Ввиду наибольшего объема работ для проведения капитального ремонта необходимо длительное время. ГОСТ 25812-83 регламентирует перерыв в действии каждой установки ЭХЗ (при необходимости проведения регламентных и ремонтных работ) до 80 ч не более одного раза в квартал. Поэтому проведение капитальных ремонтов средств ЭХЗ требует тщательного планирования, организации и подготовки.

4.3.1.14. Внеплановый ремонт - ремонт, не предусмотренный системой ППР, вызванный внезапным отказом или нарушением правил технической эксплуатации. Четкая организация линейной службы магистрального газопровода должна обеспечить проведение таких ремонтов в кратчайший срок. В процессе эксплуатации газопровода должны приниматься меры, сводящие к минимуму возможность возникновения потребности во внеплановых ремонтах.

#### 4.3.2. Планирование и организация работ по ремонту средств ЭХЗ на год.

4.3.2.1. Технический осмотр, текущий и средний ремонты ЭХЗ выполняет персонал группы защиты газопроводов от коррозии по графикам, составленным в соответствии с положением о ППР.

4.3.2.2. Капитальный ремонт анодных заземлений, протекторных и дренажных установок, а также ЛЭП и КИП в полевых условиях производится бригадами ПМК ЭХЗ и другими подрядными организациями.

4.3.2.3. Старший инженер (инженер) ЛПУ МГ, СПХГ и др. на основании документов по данным записей в журнале эксплуатации установок электрохимической защиты составляет график планово-предупредительного ремонта на следующий год с учетом необходимых запасных частей, оборудования и материалов.

4.3.2.4. Заявки на необходимые запасные части, оборудование и материалы высылают в отдел материально-технического снабжения объединения магистральных газопроводов не позднее 1 февраля.

4.3.2.5. График ППР направляют не позднее 1 декабря начальнику производственного отдела ЭХЗ объединения на утверждение в 2 экземплярах (один остается в объединении, другой после утверждения возвращается в ЛПУ МГ, СПХГ и т.д.).

4.3.2.6. Изменения в графике ППР могут быть произведены только по согласованию с начальником ПТО объединения.

4.3.2.7. Сметы на капитальный ремонт сооружений ЭХЗ составляются старшим инженером (инженером) службы электрохимической защиты и утверждаются в установленном порядке.

4.3.2.8. Старший инженер (инженер) электрохимической защиты осуществляет руководство и контроль качества всех видов ремонта средств ЭХЗ.

4.3.2.9. При проведении ремонта сооружений ЭХЗ подрядным способом руководство проведением работ осуществляет ответственный руководитель работ от подрядной организации.

4.3.2.10. В случае подрядного способа ведения работ по ремонту сооружений ЭХЗ старший инженер (инженер) электрохимической защиты осуществляет технический надзор за проведением работ и приемку отремонтированных сооружений в эксплуатацию.

4.3.2.11. Старший инженер (инженер) электрохимической защиты составляет график подготовительных работ с указанием поэтапно сроков выполнения.

4.3.2.12. Ведомость объема ремонтных работ составляется на основании записей в эксплуатационных журналах.

#### 4.4. Регламент ППР средств ЭХЗ.

4.4.1. Периодичность технических осмотров (ТО), текущих (ТР), средних (СР) и капитальных (КР), ремонт средств ЭХЗ приведена в табл.4.1.

Таблица 4.1

№№ пп	Средства ЭХЗ	Вид ППР	Регламент выполнения работ, не реже	Примечание, НТД
1	2	3	4	5
1.	Устройства дренажной защиты	ТО	4-х раз в мес.	ГОСТ 25812-83
		ТР	2-х раз в мес.	P-77*
		СР	2-х раз в год	-"
		КР	1-го раза в 2 года	-"
2.	Устройства катодной защиты, работающие без средств дистанционного контроля	ТО	2-х раз в мес.	ГОСТ 25812-83 P-77
		ТР	1-го раза в мес.	-"
		СР	2-х раз в год	-"
		КР	1-го раза в 2 года	-"
3.	Устройства катодной защиты, работающие совместно со средствами дистанционного контроля	ТО	1-го раза в мес.	-"
		ТР	1-го раза в мес.	-"
		СР	2-х раз в год	P-77
		КР	1-го раза в 2 года	-"
4.	Устройства катодной защиты в зоне действия блуждающих токов	ТО	4-х раз в мес.	ГОСТ 25812-83
		ТР	2-х раз в мес.	P-77
		СР	2-х раз в год	-"
		КР	1 раза в 2 года	-"
5.	Контролируемые протекторные установки	ТО	1-го раза в 2 года	-"
		ТР	1-го раза в год	-"
		КР	по рабочим режимам	
6.	Поляризованные протекторные установки	ТО	1-го раза в 6 мес.	-"
		ТР	2-х раз в год	-"
7.	Катодные выводы и контрольно- измерительные колонки	ТР	2-х раз в год	-"
		СР	1-го раза в год	-"
		КР	1-го раза в 5 лет	-"
8.	Изолирующие фланцы	ТР	1-го раза в год	-"

\* Руководство по эксплуатации средств ЭХЗ магистральных газопроводов. М., ВНИИГАЗ, 1977.

4.4.2. Периодичность осмотров, профилактических измерений и проверок на высоковольтных линиях электропередачи приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

**Периодичность осмотров, профилактических измерений и проверок  
на линиях электропередач**

Работы		Сроки осмотров	Примечание
1		2	3
1.	Периодические осмотры в дневное время ВЛ напряжением до 20 кВ на штыревых изоляторах	Не реже 1-го раза в мес.	По графику, утв. лицом, ответственным за электрохозяйство
2.	То же, для участков ВЛ, проходящих в населенных пунктах, промышленных районах, местах сильного загрязнения и интенсивного строительства	То же	Зона, периодичность учащенных обходов определяются ежегодно лицом, ответственным за электрохозяйство
3.	Осмотры ВЛ ИТР	1 раз в год	По графику осмотров
4.	Осмотры ВЛ или участков, на которых проводят капитальный ремонт	То же	По окончании капитального ремонта
5.	Верховые осмотры ВЛ напряжением до 20 кВ (без снятия напряжения)	1 раз в 3 года, начиная с 1-го года эксплуатации	Выемку провода и троса из зажимов проводят выборочно. При выявлении большого числа повреждений объем дальнейшей проверки устанавливается главным энергетиком. При наличии специальных инструкций в случае необходимости, выемку провода из зажимов можно проводить под напряжением
6.	Проверка штыревых и стержневых изоляторов внешним осмотром	1 раз в 6 лет	
7.	Проверка состояния деревянных опор и измерение глубины их загнивания	1 раз в год	
8.	Проверка загнивания деталей	1 раз в 3 года	
9.	Проверка ржавления металлических опор и металлических траверс железобетонных опор	-"	Одновременно с верховыми осмотрами ВЛ
10.	Выборочная проверка ржавления металлических подножников со вскрытием грунта	1 раз в 6 лет	В зависимости от результатов выборочной проверки назначается следующий срок окраски или

			осмоления подножников
11.	Измерение сопротивления заземлений опор с выборочным вскрытием отдельных элементов заземления	1 раз в 6 лет, начиная с 9-го года эксплуатации	
12.	Проверка габаритных размеров от проводов:  до земли	при приемке ВЛ в эксплуат. и далее по мере необходимости	
13.	Проверка трубчатых разрядников со снятием их с опор	1 раз в 3 года	Одновременно с верховыми осмотрами и проверками
14.	Проверка противопожарного состояния трассы и окопки опор в зоне возможных пожаров	ежегодно	При периодических осмотрах
15.	Проверка раскрытия трещин в железобетонных опорах и пасынках	1 раз в 6 лет, начиная с 3-го года эксплуатации	
16.	Проверка и подтяжка болтовых соединений и гаек анкерных болтов железобетонных и металлических опор	1 раз в год	В дальнейшем производится по мере необходимости

#### 4.5. Содержание ППР средств ЭХЗ

##### 4.5.1. Технический осмотр.

4.5.1.1. Технический осмотр средств ЭХЗ в эксплуатационных условиях заключается в периодическом техническом осмотре всех доступных для внешнего наблюдения конструктивных элементов установок электрохимической защиты в соответствии с правилами технической эксплуатации защищаемых сооружений.

4.5.1.2. При техническом осмотре средств ЭХЗ необходимо выполнять и записывать в журнале следующие работы:

а) профилактическое обслуживание всех доступных контактных соединений, особенно силовых цепей УДЗ и УКЗ, их дренажных анодных и питающих линий, клеммников и разъемов подключения функциональных блоков токовых цепей, контролируемых протекторных установок, устранение обнаруженных неисправностей;

б) снятие показаний контрольно-измерительных приборов;

в) проверка показаний встроенных электроизмерительных приборов контрольными приборами;

г) измерение разности потенциалов "сооружение-земля" в точках дренажа;

д) оценка непрерывности работы УКЗ по специальному счетчику или счетчику электрической энергии;

е) измерение электрического сопротивления цепи постоянного тока УКЗ, УДЗ, тока в цепи УПЗ.

##### 4.5.2. Текущий ремонт.

4.5.2.1. При текущем ремонте установок катодной защиты выполняются работы:

- а) снятие показаний амперметра, вольтметра и счетчика расхода электроэнергии;
- б) регулировка защитного потенциала в точке дренажа при изменении режимов работы УКЗ;
- в) зачистка, промывка разъемных соединений, предохранителей, выключателей и др.;
- г) удаление пыли, грязи и влаги путем продувки элементов конструкции, монтажных плат и выпрямительных блоков при помощи компрессора полевой лаборатории (ПЭЛ ЭХЗ (ЗИЛ-131);
- д) контроль и регулировка сопротивления цепи постоянного тока УКЗ. При увеличении сопротивления цепи УКЗ выполнить ремонт проводов, переделку контактных соединений, установить катодную станцию с более высоким выходным напряжением или дополнительную станцию последовательно с действующей, усилить заземление;
- е) замер сопротивления цепи стационарного электрода сравнения при работе УКЗ в автоматическом режиме, исправление или замена электрода сравнения при увеличении сопротивления растеканию свыше 25% от первоначальной величины;
- ж) устранение неисправностей в соответствии с приложениями 26, 27;
- з) запись в журнале проведенных работ.

4.5.2.2. При текущем ремонте установок дренажной защиты выполняются:

- а) снятие показаний амперметра (определение среднего тока дренажа при прохождении не менее двух электропоездов в разных направлениях);
- б) измерение разности потенциалов "труба-земля" в точке дренажа;
- в) осмотр и чистка болтовых соединений дренажа и дроссель-трансформаторов;
- г) проверка и устранение неисправностей контактора (электромагнитного дренажа), чистка и притирка контактов контактора, регулировка пружины контактора;
- д) проверка сопротивления цепи дренажа прямому и обратному току;
- е) проверка и продувка диодных блоков вентильного дренажа;
- ж) устранение неисправностей согласно приложениям 28, 29;
- з) запись в журнале проведенных работ (приложения 32, 33).

4.5.2.3. При текущем ремонте установок протекторной защиты производится:

- а) измерение сопротивление цепи, потенциала и тока протектора;
- б) выборочное вскрытие, определение износа протекторов и состояния заполнителя (5-10 шт. на 100 протекторов);
- в) устранение неисправностей согласно приложениям 28, 29;
- г) окраска контрольно-измерительных колонок;
- д) запись проведенных работ в журнал (приложения 32,33).

4.5.2.4. При текущем ремонте катодных выводов, контрольно-измерительных колонок и контролируемых перемычек между газопроводами выполняется:

- а) проверка исправности по величинам электрических сопротивлений;

б) чистка и смазка электрических контактов техническим вазелином (солидолом или литолом-24).

Обычно чистка и смазка контактов производится при проведении измерений защитного потенциала по трассе газопроводов.

4.5.2.5. При текущем ремонте изолирующих фланцев производится:

- а) проверка диэлектрических свойств фланцевого соединения;
- б) чистка контактов и смазка их техническим вазелином;
- в) регулировка и мелкий ремонт шунтирующих резисторов;
- г) покраска фланцев.

4.5.3.1. При среднем ремонте установок катодной защиты производятся:

- а) работы текущего ремонта УКЗ;
- б) проверка работы блоков выпрямительных элементов, блоков управления и измерения, при необходимости их замена (приложения 26, 27);
- в) измерение сопротивления цепи УКЗ и ее элементов - выпрямительной установки, соединительных линий и сопротивления растеканию тока анодных и защитных заземлений;
- г) измерение сопротивления изоляции проводов, проложенных в трубах и кабельных линиях;
- д) проверка железобетонных и деревянных опор на разрушение и загнивание, правка опор;
- е) осмотр натяжения и крепления проводов к изоляторам ЛЭП постоянного тока, чистка изоляторов;
- ж) ремонт ограждений (один раз в год) и окраска всех нетоковедущих металлических узлов и деталей;
- з) обновление плакатов по технике безопасности.

4.5.3.2. При среднем ремонте установок дренажной защиты выполняются:

- а) работы текущего ремонта УДЗ;
- б) полная разборка и чистка всех узлов дренажной установки;
- в) измерение сопротивления изоляции кабелей;
- г) проверка сопротивления вентиля прямому и обратному току;
- д) окраска всех нетоковедущих узлов и деталей, ремонт ограждений;
- е) обновление плакатов по технике безопасности.

4.5.3.3. При среднем ремонте катодных выводов и контрольно-измерительных пунктов производится:

- а) текущий ремонт;
- б) окраска контрольно-измерительных колонок и катодных столбиков\*;

-----  
\* В зонах культурного земледелия катодные столбики и КИПы рекомендуется делать высотой не менее 1 м и окрашивать в яркие цвета.

в) восстановление нумерации контрольно-измерительных колонок, щебеночных отмоств и одерновка.

#### 4.5.4. Капитальный ремонт.

4.5.4.1. При капитальном ремонте установок катодной защиты выполняются:

- а) работы среднего ремонта;
- б) замена вышедших из строя опор и установка железобетонных приставок;
- в) протяжка, а при необходимости и замена проводов, изоляторов, траверс, крючьев;
- г) частичная или полная замена анодного и защитного заземлений;
- д) ревизия и ремонт катодного кабеля и контакта "кабель-газопровод".

4.5.4.2. При капитальном ремонте установок дренажной защиты производятся:

- а) работы среднего ремонта;
- б) осмотры и ремонт контакта "кабель-газопровод";
- в) выборочный осмотр дренажного кабеля и его ремонт;
- г) ремонт, окраска и нанесение опознавательных знаков на визирных кабельных столбиках.

4.5.4.3. При капитальном ремонте протекторных установок выполняются:

- а) работы среднего ремонта;
- б) замена заполнителя и протекторов;
- в) замена контрольно-измерительных колонок;
- г) замена неисправных полупроводниковых элементов (для поляризованных протекторных установок).

4.5.4.4. При капитальном ремонте катодных выводов и контрольно-измерительных колонок выполняются:

- а) работы среднего ремонта;
- б) выборочное вскрытие и проверка контактов катодных выводов с газопроводом;
- в) восстановление изоляции подземной части катодных столбиков и контрольно-измерительных колонок.

4.5.4.5. При капитальном ремонте изолирующих фланцев выполняется:

- а) проверка диэлектрических свойств и замена при необходимости изолирующих уплотнительных прокладок;
- б) замена дефектных изолирующих фланцев с врезкой и вырезкой катушек;
- в) окраска фланцев;
- г) ремонт или замена шунтирующего резистора.

4.5.4.6. Результаты всех видов планово-предупредительных и внеплановых ремонтов заносятся в соответствующие журналы (паспорта) установок ЭХЗ.

4.5.4.7. Нормативы основных запасных частей и резервного оборудования, необходимые для выполнения ППР приведены в табл.4.3. Типовой таблицей оснащения служб защиты от коррозии ЛПУМГ в приложении 31. Рекомендации по использованию ПЭЛ-ЭХЗ - в приложении 7.3.

4.6. Обеспечение заданного уровня защищенности на всей поверхности сооружений.

4.6.1. Характеристика катоднозащищенной стальной поверхности изолированных трубопроводов.

4.6.1.1. При эксплуатации магистральных газопроводов с течением времени наблюдается увеличение расхода тока катодной защиты (табл.4.4.)

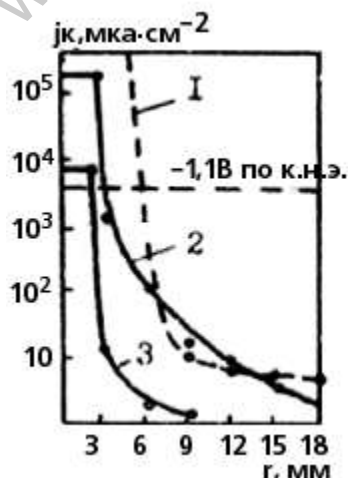
4.6.1.2. Данные табл. 4.4 указывают на рост электрохимически активной поверхности металла со временем и на необходимость увеличения тока катодной защиты для поддержания защитного потенциала на заданном уровне, что не всегда может быть достигнуто в условиях эксплуатации.

4.6.1.3. Скорость коррозии изолированных газопроводов на отдельных участках связана с распределением защитных потенциалов и токов в дефектах и под изоляционным покрытием.

4.6.1.4. На рис. 4.6 а, б показаны кривые распределения тока катодной защиты под битумным и полимерным (пленочным) покрытием. Из характера кривых следует крайне неравномерное распределение тока катодной защиты с концентрацией его в дефектах покрытия и непосредственной близости от них, практически независимо от размера дефектов, вида покрытия (грунтовок) и удельного электрического сопротивления грунта. При наличии прокатной окалины катодная защита стали под покрытием еще более затруднена (Л, 11).

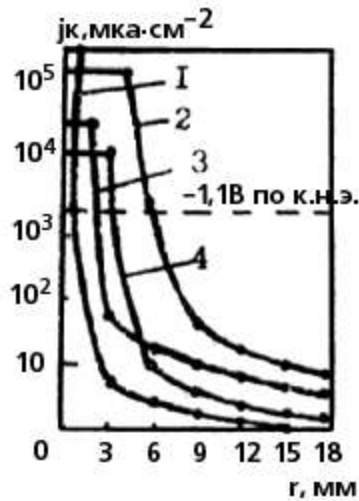
4.6.1.5. Распределение плотности катодного тока по длине защищаемого трубопровода также неравномерно и определяется в основном характером и размерами дефектов в изоляционном покрытии и удельным сопротивлением грунта. На практике встречаются различные варианты распределения защитной плотности тока и потенциала вдоль трубопровода (рис. 4.7).

4.6.1.6. Кроме электрохимической гетерогенности, возникающей на границе раздела трех фаз - "металл - покрытие - грунт", при проведении измерений защитных потенциалов необходимо учитывать неопределенность, связанную с погрешностью измерений за счет омической составляющей в суммарной величине измеряемого потенциала (п. 2.1.3.).



1 - Дд - 5 мм; 2 - Дд - 3 мм,  $\rho_{гр} = 5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $U_{с-з} = 2,2 \text{ В}$ ; 3 - Дд - 3 мм,  $\rho_{гр} = 40 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $U_{с-з} = 1,2 \text{ В}$ .





1 - Дд - 0,5 мм,  $U_{с-з} = 3,3$  В, грунтовка - перхлорвиниловый клей; 2 - Дд - 4,5 мм,  $U_{с-з} = 1,9$  В без грунтовок;  
3 - Дд - 2,0 мм,  $U_{с-з} = 1,8$  В, грунтовка - каучуковый клей; 4 - Дд - 3,0 мм,  $U_{с-з} = 2,3$  В, грунтовка - перхлорвиниловый клей.

Рис. 4.6. Распределение тока и потенциала под битумно-резиновым и ПВХ защитным покрытиями в условиях катодной поляризации.

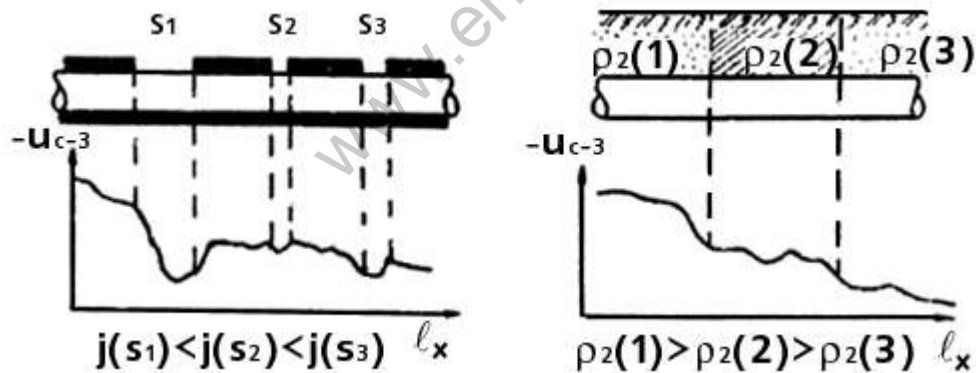


Рис. 4.7. Примеры различного распределения защитных потенциалов вдоль трубопровода.

4.6.1.7. На рис. 4.8а приведена зависимость относительной поляризации (защищенности) поверхности газопроводов от размеров дефектов в изоляции и удельного сопротивления грунта в дефектах изоляции диаметром 0,01 и 1,0 см в зонах минимального защитного и максимального допустимого потенциала при удельном сопротивлении грунта в диапазоне от 10 до  $10^4$  Ом·м (Л.14).

На рис. 4.8б показаны обобщенные поляризационные характеристики стального электрода в грунтах.

4.6.1.8. Сильная неравномерность распределения защитных токов и потенциалов по поверхности сооружения указывает на недостаточность контроля защитного потенциала в отдельных точках газопроводов, например в контрольно-измерительных пунктах, установленных с интервалом 1 км и

на необходимость непрерывной регистрации потенциалов по всей поверхности газопроводов.

4.6.2. Технология определения фактической защищенности подземных изолированных сооружений.

4.6.2.1. Указанная технология должна удовлетворять следующим основным требованиям, вытекающим из характера распределения потенциалов и токов вдоль газопровода:

а) определять защищенность по всей длине и поверхности защищаемого сооружения в соответствии с критериями ЭХЗ стальных подземных сооружений (приложение 15);

б) определять защищенность избирательно в местах повреждений защитных покрытий;

в) определять защищенность с учетом или исключением омической составляющей по величине поляризационного потенциала.

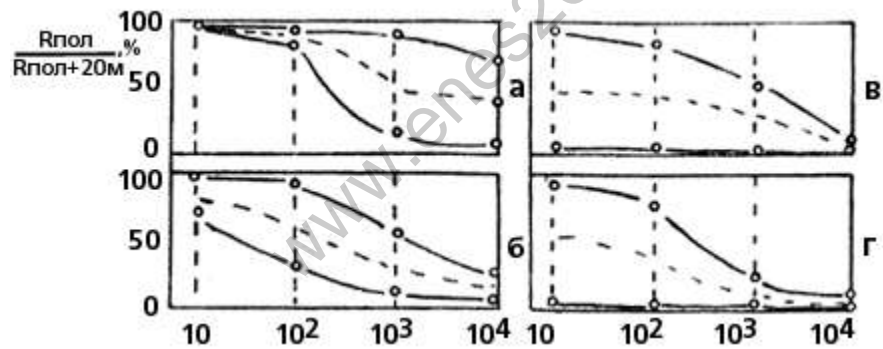
4.6.2.2. Для практической реализации этих требований на современном этапе используются следующие методы\*:

\* В стадии разработки находятся: агрегат для непрерывной регистрации потенциала АРП-1, экстраполяционные методы для измерения поляризационного потенциала.

а) метод измерения потенциала при помощи выносного электрода (п.2.1.14);

б) метод обнаружения дефектов в изоляции по величине токов утечки (п.2.9);

а)



Удельное сопротивление грунта, Ом·м

Распределение поляризационных потенциалов стали в дефектах изоляционного покрытия газопроводов

а и б - в зонах минимальных, в и г - в зонах максимально допустимых защитных потенциалов

а и в, б и г - в дефектах соответственно диаметрами 0,01 и 1,00 см

б)

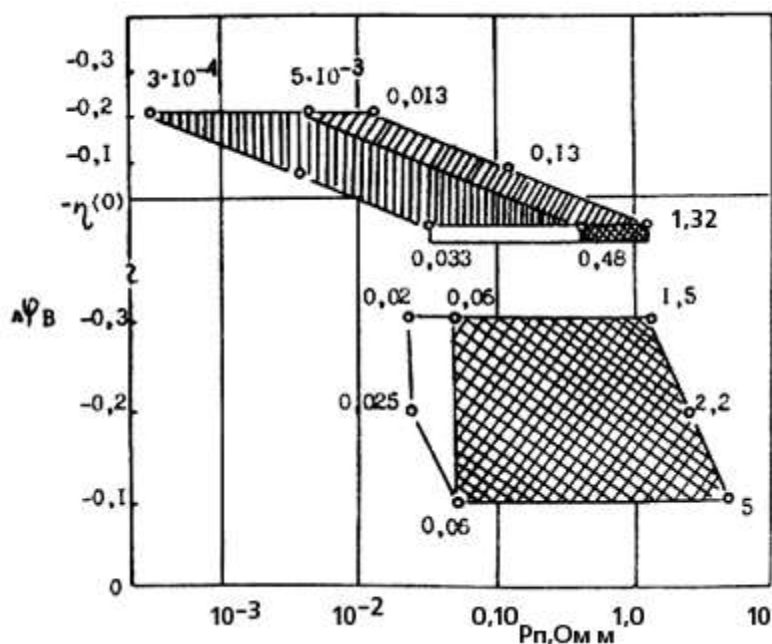


Рис.4.8. Обобщенные поляризационные характеристики стали в различных по влажности и засоленности грунтах.

Таблица 4.3

### Нормативы основных запасных частей и резервного оборудования в системе службы ЭХЗ ЛПУ

Наименование	Количество
Специальное оборудование	
Сетевые катодные станции, шт.	5% от общего числа СКЗ
Электродренажные установки, шт.	10% от общего числа электродренажей
Протекторные установки, шт.	5% от общего числа протекторов
Анодные заземлители, шт.	10 (на каждую УКЗ)
Блоки управления СКЗ, шт.	10% от общего числа СКЗ
Устройства телеконтроля, шт.	5% от общего числа блоков телеконтроля
Модуляторы устройств телеконтроля, шт.	5% от общего числа блоков телеконтроля
Вспомогательное оборудование и приборы	
Измерительные провода, м	200
Полупроводниковые вентили, тиристоры для сетевых катодных станций	25% от общего числа установленных на СКЗ
Полупроводниковые вентили для	30% от общего числа электродренажей

электродренажных установок, шт.	
Полупроводниковые элементы для поляризованных протекторов, шт.	10% от общего числа поляризованных протекторов
Разрядники и варисторы для сетевых катодных станций, шт.	25% от общего числа СКЗ
Высокоомный измеритель защитных потенциалов (ВВ-1), шт.	1
Указатель высокого напряжения (УВН), шт.	1
Пакетные переключатели СКЗ, шт.	10% от общего числа СКЗ
Выключатели СКЗ, шт.	3% от общего числа СКЗ
Прибор типа М-4200, 0-500 А, шт.	1
Контрольно-измерительные пункты (КИП), шт.	3% от общего числа СКЗ
Инструмент	
Электропаяльник, шт.	1
Индивидуальный монтерский инструмент, к-т	1
Тигель-форма, шт.	2
Бур ручной (диаметром 250 мм), шт.	1
Материалы	
Термитные патроны медные и железные, шт.	100
Термитные шашки, шт.	50
Термитные спички, коробка	10
Изоляторы ТФ-2, шт.	50
Крючья КН-18, шт.	25
Кабель дренажный, м	50
Провода изолированные АВРГ, БВГ, м	100
Провода голые алюминиевые (А-16, А-25, АС-35, А-50, А-70), м	50 (на каждые 1000 м воздушных линий)
Железобетонные опоры, шт.	5
Приставка железобетонная ПЭ-1, шт.	10
Вставки к предохранителям ПД, шт.	1 (на каждый электродренаж)
Предохранители к СКЗ, шт.	1 (на каждую СКЗ)
Гнезда предохранительные, шт.	10

Таблица 4.4

Газопровод	Плотность катодного тока (мА/дм <sup>2</sup> ) в различные годы эксплуатации			
	4	7	10	20
Дашава - Киев	0,056	0,099	0,142	0,291
Джаркак - Бухара- Самарканд - Ташкент	0,670	0,900	1,100	-

в) релаксационный метод для измерения поляризационного потенциала с использованием вспомогательного электрода (п. 2.3).

4.6.2.3. Для проведения избирательного контроля потенциала в дефектах изоляции необходимо предварительное (или одновременное) обнаружение мест сквозных повреждений изоляции газопровода. Наиболее совершенными техническими средствами, позволяющими определять места повреждений изоляции, являются: устройство для обнаружения дефектов в изоляции УДИП-1М и искатель повреждений изоляции ИПИ-76 (приложения 6.2, 6.4).

4.6.2.4. Измерения поляризационных потенциалов на подземных газопроводах должны проводиться в специально оборудованных контрольно-измерительных пунктах (СКИП, п.2.3).

4.6.2.5. СКИП следует оборудовать:

- в зонах минимального и максимального защитных потенциалов;
- на участках пересечения или сближения нескольких трубопроводов и коммуникаций;
- на участках, где трубопровод полностью или частично заземлен (вблизи компрессорных станций, крановых узлов и т.п.);
- на анодных участках сооружений в зонах действия блуждающих токов;
- на участках, где ранее была обнаружена опасная коррозия сооружений (разрывы, свищи, каверны глубиной свыше 3 мм);
- на "горячих" участках газопроводов ( $> 40^{\circ}\text{C}$ ) и на участках с низким удельным электрическим сопротивлением грунта ( $R_{\Gamma} < 10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ );
- на участках с резким чередованием грунтов: выборочно в зонах эффективно работающих анодов макрокоррозионных пар дифференциальной аэрации.

4.6.2.6. Для измерения поляризационных защитных потенциалов в СКИП рекомендуется использовать электронные прерыватели, например, ПТ-1, АПТ-3 (Л. 15), с периодом поляризации вспомогательного электрода 10 мс и с периодом измерений 0,25 мс. Вольтметр, применяемый при измерениях поляризационных потенциалов, должен иметь высокое входное сопротивление.

4.6.2.7. Допускается измерение поляризационного защитного потенциала сооружения методом электролитического ключа. Контакт стационарного неполяризующегося электрода сравнения с поверхностью защищаемого сооружения осуществляется при помощи электролитического ключа, представляющего собой гибкую трубку из полимерного материала диаметром  $1,5 \div 2,5$  см, заполненную нейтральным электролитом. Наиболее достоверные результаты измерений получаются при подведении электролитического контакта в зону дефекта изоляционного покрытия, обнаруженного ранее одним из методов (рис. 4.9).

4.6.2.8. Контроль защищенности сооружений заключается в периодических измерениях на всем

протяжении сооружения потенциалов "сооружение-земля" и сравнении полученных величин с нормативными значениями защитных потенциалов, а также в определении суммарного времени, в течение которого сооружение имело значение не ниже (по абсолютной величине) минимального защитного потенциала.

4.6.2.9. Защитные (в том числе поляризационные) потенциалы следует измерять в увлажненных грунтах; электрометрические работы проводить в мерзлых или сухих грунтах не допускается.

4.6.2.10. Защитные потенциалы на всем протяжении сооружения следует измерять выносным медносульфатным электродом сравнения с шагом 10-20 м не реже одного раза в пять лет. Первое измерение должно быть проведено не ранее 10 месяцев после засыпки сооружения грунтом.

4.6.2.11. Проведение сплошных измерений потенциалов в контрольно-измерительных пунктах (КИП), специальных контрольно-измерительных пунктах (СКИП), устанавливаемых в соответствии с требованиями ГОСТ 25812-83, а также выносным электродом с шагом 10-20 м, в зонах минимальных защитных потенциалов следует выполнять прибором с входным сопротивлением не менее 10 МОм/В не реже двух раз в год в периоды характерного наибольшего (весна) и наименьшего (лето - осень) увлажнения грунта на глубине газопровода, а также дополнительно при изменении режимов работы УКЗ, изменениях, связанных с развитием систем ЭХЗ, появлением источников блуждающих токов, прокладкой новых подземных сооружений.

4.6.2.12. По результатам измерений потенциалов определяется защищенность сооружений по протяженности. На основании данных дистанционного контроля (телеконтроля) за работой УКЗ, показаний счетчиков моточасов, счетчиков электроэнергии и по результатам технических осмотров УКЗ определяется защищенность сооружений во времени.

4.6.2.13. Для накопления и машинной обработки данных о фактической защищенности магистральных газопроводов и коммуникаций создается банк данных, в котором предусматривается заполнение коррозионных карт на каждые 10 км сооружения согласно приложению 37.

4.6.3. Способы обеспечения заданного уровня защищенности от коррозии подземных сооружений.

4.6.3.1. К основным способам обеспечения заданного уровня защищенности относятся:

- повышение защитного потенциала в точках дренажа УКЗ, в том числе использование схем катодной защиты с экраным заземлением и противопотенциалом (Л. 16, рис. 3.1);
- применение технологических схем ЭХЗ с протяженно-распределенными анодами (п.3.3);
- выборочный ремонт изоляционного покрытия газопровода;
- установка групповых (протяженных) протекторов на участках недостаточной защищенности средствами катодной защиты (п.3.5);
- автоматизация работы установок катодной защиты.

4.6.3.2. Выбор способов обеспечения заданного уровня защищенности подземных сооружений от коррозии определяется характером распределения потенциалов и токов защиты на данном участке трубопровода, эксплуатационной надежностью средств ЭХЗ и осуществляется на основе конкретного опыта эксплуатации средств защиты от коррозии.

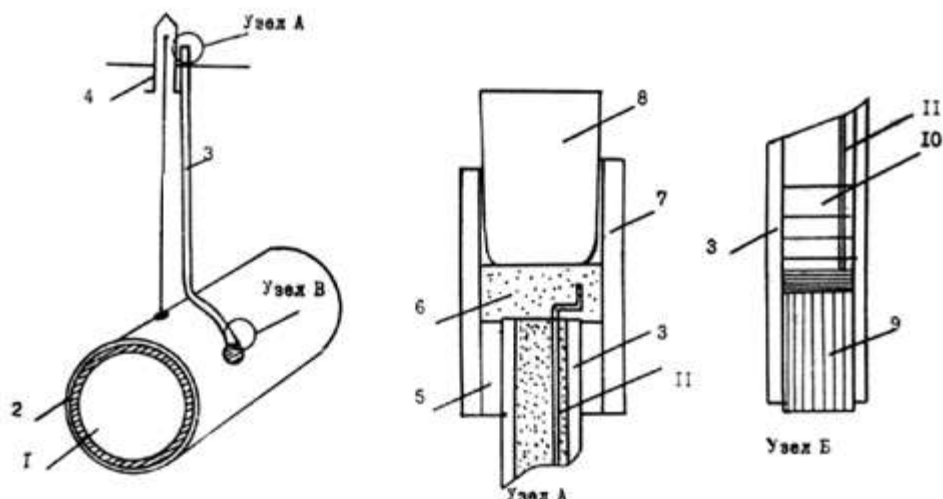


Рис. 4.9. Обустройство КИП для измерения поляризационного потенциала трубопровода методом электролитического ключа.

- 1 - труба; 2 - защитное покрытие; 3 - полимерная трубка (Д = 15...25 мм); 4 - КИП; 5 - резиновый уплотнитель;  
6 - паралон; 7 - кольцо из шланга; 8 - резиновая пробка; 9 - пробка (осина);  
10 - 1% NaCl; 11 - капилляр (кембрик).

4.7. Классификация коррозионных участков и прогноз коррозионного состояния подземных металлических сооружений.

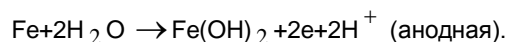
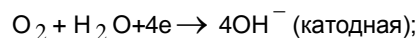
#### 4.7.1. Основные факторы грунтово-почвенной коррозии.

4.7.1.1. Грунтово-почвенная коррозия - один из наиболее сложных видов коррозии стали. Процессы подземной коррозии металлов протекают в зоне взаимодействия атмосферы, литосферы, гидросферы и биосферы. Поэтому степень коррозионной опасности определяется совокупностью изменяющихся во времени химических, физических, физико-химических и биологических факторов.

4.7.1.2. Наиболее детально разработана теория коррозии металлических конструкций как результат электрохимического взаимодействия многоэлектродных коррозионных элементов, образующихся на поверхности конструкций вследствие гетерогенности поверхности металла и контактирующей почвы, выступающей в роли специфического электролита. Согласно этой теории вся поверхность корродирующего сооружения разделена на катодные и анодные участки, образующие коррозионные элементы. При этом коррозионное повреждение (растворение) металла протекает на анодных участках и его скорость определяется плотностью анодного тока.

4.7.1.3. Гетерогенную теорию коррозии дополняет и развивает кинетическая или гомогенная теория, согласно которой скорость коррозии определяется скоростью сопряженных электрохимических реакций и зависит от наиболее медленной из них.

4.7.1.4. На стальном трубопроводе, заглубленном в грунт, в основном протекают одновременно две сопряженные реакции:



4.7.1.5. Каждой реакции соответствует определенная величина равновесного потенциала; при одновременном протекании обеих реакций на трубопроводе устанавливается так называемый стационарный потенциал (или потенциал коррозии) промежуточный между равновесными

потенциалами. Величина стационарного потенциала определяется поляризационными характеристиками данного участка поверхности конструкции (рис. 4.10). Обычно потенциалы коррозии стали в грунтах лежат в пределах минус 0,35 ÷ 0,75 В по м.с.э.

4.7.1.6. По данным электрохимической кинетики в грунтовых условиях преобладает катодный контроль, т.е. ограничение скорости коррозии стали со стороны катодной реакции, что находится в соответствии с выводами гетерогенной теории коррозии, согласно которой доля анодной поляризуемости стали в грунтах не превышает 15-25%. Это означает, что скорость коррозии стальных сооружений в почве зависит в основном от аэрируемости (т.е. свободы доступа кислорода воздуха к поверхности сооружения). Однако это не единственный фактор, влияющий на скорость коррозии стали.

4.7.1.7. Процесс зарождения и развития коррозии стальных сооружений зависит от многих факторов: вида и влажности грунта, концентрации и состава солей в почвенном электролите, величины pH, электропроводности грунта, рельефа местности, диаметра и протяженности сооружения, его температуры, состояния изоляции и ряда других условий (Л.17).

4.7.1.8. На рис. 4.11 приведена типичная зависимость скорости коррозии стали от влажности грунта. В слабовлажных грунтах скорость коррозии невелика из-за анодной пассивности стали. Скорость коррозии постепенно возрастает с увеличением влажности, причем сама коррозия приобретает неравномерный (язвенный) характер. При влажности 12-17% коррозия достигает максимума и затем снижается по мере торможения катодной реакции, вследствие затруднения доставки кислорода становясь все более равномерной.

4.7.1.9. Коррозионное разрушение стали в грунте связано с химическим составом почвенного электролита, в частности, с величиной pH, влияющей на потенциалы коррозионных элементов, способность к выпадению из раствора солей железа, кальция и устойчивость защитных пленок на металле. Наименьшее коррозионное воздействие на сталь наблюдается при pH электролита от 10 до 14. Наибольшая глубина местных коррозионных поражений наблюдается в нейтральных или слабощелочных грунтах, содержащих значительное количество хлор- и сульфатионов (например, 0,46-0,48%  $\text{Cl}^-$  и 0,39-1,1%  $\text{SO}_4^{2-}$ ). С уменьшением содержания хлоридов и сульфатов глубина коррозионных поражений снижается. Однако функциональной зависимости между этими показателями и интенсивностью коррозионных поражений трубопровода не наблюдается, т.к. на развитие коррозии влияет комплекс различных по воздействию факторов.

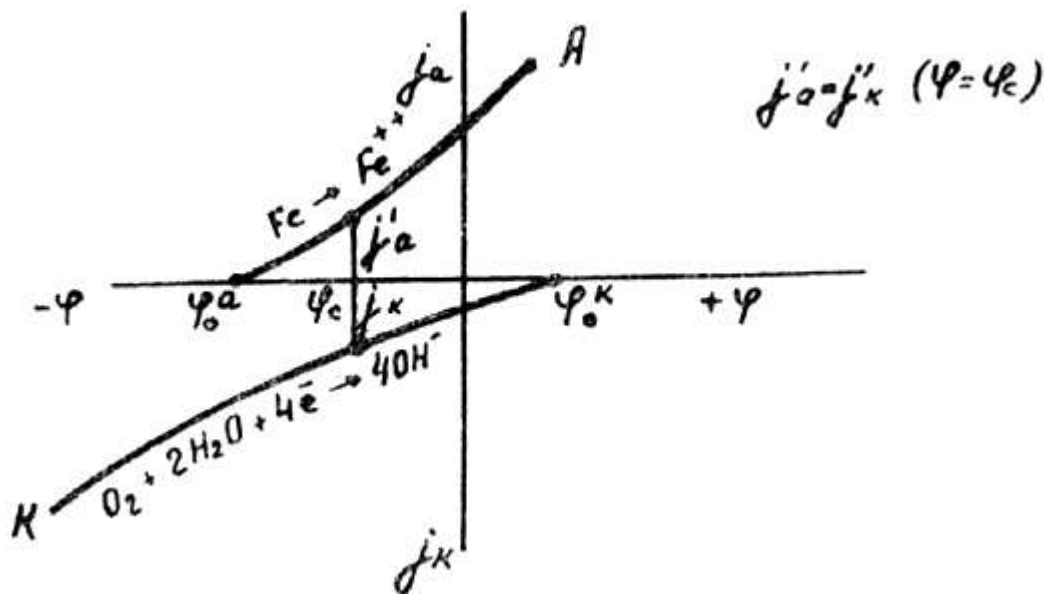


Рис. 4.10. Поляризационная диаграмма коррозии стали с кислородной деполяризацией.



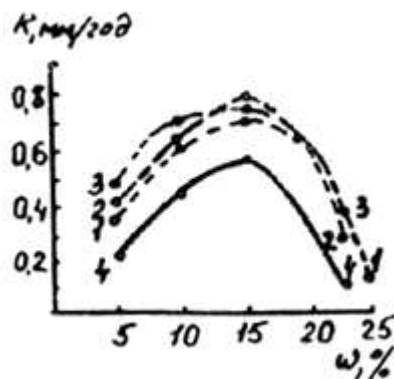


Рис. 4.11. Зависимость скорости коррозии стали от влажности грунта.

4.7.1.10. Наличие адгезионной связи (сцепления) покрытия с металлом существенно тормозит развитие коррозионного процесса, особенно в первый период эксплуатации. Время торможения коррозии адгезионным слоем зависит, с одной стороны, от покрытия, а с другой - от коррозионной активности внешней среды.

4.7.1.11. Присутствие на металле первичного слоя окиси весьма заметно тормозит анодную реакцию металла даже при больших толщинах адсорбированной пленки влаги. Активация процесса коррозии возможна лишь при адсорбции веществ, разрушающих окисный слой ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$  и др.), условия доставки которых через покрытие к поверхности металла значительно затруднены по сравнению с условиями доставки воды.

4.7.1.12. Определяющим фактором коррозии металла под покрытием является степень запассивированности поверхности металла и возможность ее активации. О пассивирующей способности покрытия судят по величине стационарного потенциала изолированного металла и по характеру поляризационных кривых. Применение битумных и полимерных покрытий облагораживает стационарный потенциал трубопровода, смещая его в положительную сторону; величина смещения потенциала в область положительных значений зависит от природы материала, конструкции и качества нанесения покрытия и может достигать в сильноувлажненных грунтах 0,2-0,3 В.

4.7.1.13. При наличии в защитном покрытии сквозных дефектов коррозия металла развивается неравномерно. На рис. 4.12 показано характерное распределение коррозии металла в сквозных дефектах (диаметром 0,5 ÷ 5 мм) и под изоляционным покрытием. На кривой можно выделить три участка: участок максимальной коррозии металла непосредственно в зоне самого дефекта (а-б), участок резкого уменьшения коррозии (б-в) и участок минимальной коррозии (в-г). Первый участок, как правило, занимает площадь, определяемую 1-2 диаметрами дефекта; второй распространяется не более чем на 2-3 диаметра дефекта; третий занимает всю зону отслаивания покрытия. Наибольшее значение в реальных условиях имеет третий участок, поскольку на первом и втором коррозия металла снижается электрохимической защитой. В зонах блуждающих токов при хорошей адгезии покрытия к металлу коррозионное поражение стенки трубы имеет специфический характер. В этих случаях в результате коррозии в стенке трубы образуются ровные гладкие отверстия, повторяющие форму сквозного дефекта в изоляционном покрытии.

4.7.1.14. Скорость коррозии стали в зоне дефекта покрытия сильно зависит от размера дефекта, вида покрытия и коррозионной среды, а под изоляционным покрытием (при отсутствии адгезии) практически не зависит от этих факторов и на два-три порядка меньше скорости коррозии стали в дефекте покрытия. Исключение составляет коррозия стали в сильно агрессивных засоленных средах, в режиме переменного увлажнения и высыхания грунтов. На этих участках трубопровода сильная язвенная (или пластовая) коррозия развивается как в зонах самих дефектов, так и под изоляционным покрытием на значительном удалении (десятки метров) от дефекта.

4.7.1.15. Наиболее глубокие каверны, как правило, образуются в нижней части трубы, где коррозия стали в дефектах покрытия при прочих равных условиях увеличивается.

При небольших размерах дефектов (0,5-5 мм) с уменьшением диаметра дефекта коррозия металла уменьшается. При диаметрах дефектов менее 1 мм часто происходит пассивация металла на участке повреждения покрытия вследствие отложения в канале дефекта продуктов коррозии и затруднения электродного обмена. При диаметрах дефектов, превышающих 3 мм, опасность развития язвенной коррозии значительно возрастает.

4.7.1.16. Вследствие гетерогенности грунта, покрытия и металла на любом участке сооружения имеется минимум два различных по величине потенциала, которые обуславливают разность потенциалов коррозионного элемента. Эта разность потенциалов в сочетании с поляризационным и омическим сопротивлением определяет ток коррозионного элемента. Протекание анодных и катодных реакций, изменение во времени состава грунтового электролита, его pH, влажности и температуры непрерывно изменяют условия работы коррозионных элементов, в одном случае подавляя, в другом - активизируя их, зарождая новые элементы. Например, скорость коррозии стали в солончаках Азербайджана сильно зависит от времени года. Она достигает 4-5 мм/год в зимний период и уменьшается до 0,7 мм/год в летний (Л.17).

4.7.1.17. Таким образом, чтобы определить коррозионно опасные участки подземных сооружений, необходимо выявить характерные признаки этих участков и выбрать метод для обнаружения и количественной оценки этих признаков.

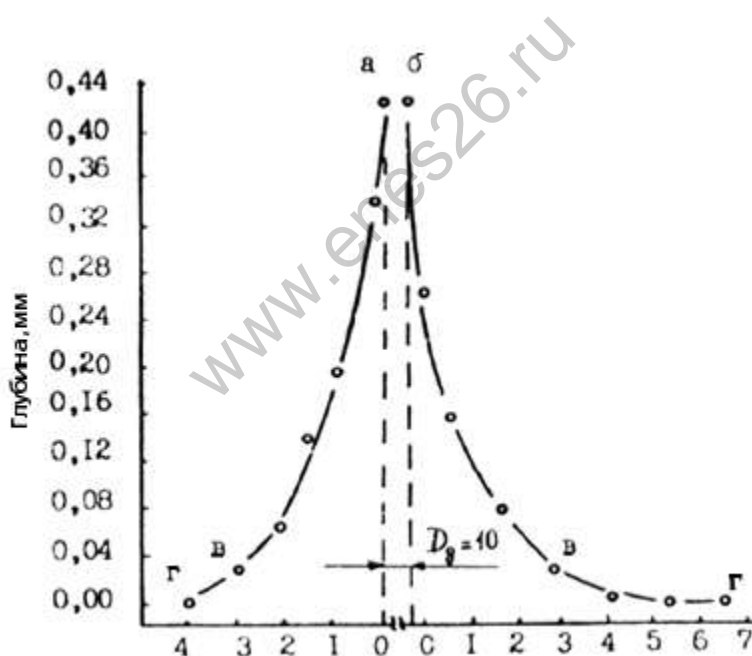


Рис. 4.12. Распределение коррозии стали в зоне дефекта изоляционного покрытия.

#### 4.7.2. Характеристика коррозионноопасных участков подземных газопроводов.

4.7.2.1. Подземный газопровод представляет собой типичную многоэлектродную коррозионную систему в виде множества рассеянных по поверхности трубопровода коррозионных микро- и макроэлементов. Новое изоляционное покрытие газопроводов высокого качества в значительной мере сокращает число коррозионных элементов газопровода, а покрытие с большим количеством пор и дефектов вносит дополнительный фактор гетерогенности в работу коррозионной системы, в одних случаях ослабляя, а в других усиливая работу коррозионных элементов.

4.7.2.2. Не все коррозионные элементы представляют практическую опасность для сооружения.

Развитие наружной коррозии стенок труб носит ярко выраженный избирательный характер. Даже на самых коррозионноопасных участках очаги интенсивной коррозии, как правило, развиваются локально на небольших участках трубопроводов, их площадь редко превышает 1-2 м<sup>2</sup>. Примечательно, что подавляющая часть примыкающей к этим участкам поверхности газопроводов коррозии практически не подвергается, т.е. коррозия газопроводов имеет характер локальных поражений, к которому неприменимы методы контроля по потере массы образцов, установленных без учета специфики взаимодействия коррозионных элементов.

4.7.2.3. Специфика коррозии газопроводов указывает на то, что сквозные повреждения изоляции, в которых следовало бы ожидать наиболее интенсивное развитие коррозии, не во всех случаях приводят к значительной коррозии, а в ряде случаев коррозия в них отсутствует.

4.7.2.4. Например, на газопроводе Саратов-Москва после 6 лет эксплуатации был сделан анализ распределения коррозии. Показано, что на участках с выявленными повреждениями изоляции каверны глубиной более 4 мм встречаются лишь в 1% от общего количества дефектов изоляции, а глубиной до 1 мм - в 81%, т.е. в подавляющем большинстве дефектов в изоляции скорость коррозии не превышает 0,16 мм/год (Л.17).

4.7.2.5. Крайне неравномерное распределение опасных коррозионных поражений по поверхности газопроводов связано не только с характером повреждений в изоляции. Наличие дефектов в изоляции является лишь необходимым, но не достаточным условием для ускоренного развития коррозионного процесса. Примечательно, что и гетерогенность грунтов при их чередовании не во всех случаях приводит к созданию эффективно действующих коррозионных элементов. Только неблагоприятное для конкретного участка сооружения сочетание коррозионных свойств грунта с характером и распределением дефектов в изоляционном покрытии приводит к созданию эффективных анодов многоэлектродного коррозионного элемента и созданию коррозионного элемента и созданию коррозионноопасных условий для сооружения.

4.7.2.6. Основными причинами создания коррозионноопасных участков для магистральных газопроводов являются макрокоррозионные пары дифференциальной аэрации, работающие как по длине, так и по глубине сооружения.

4.7.2.7. Скорость коррозии трубной стали в условиях функционирования по длине трубопровода макропар дифференциальной аэрации может достигать 2-4 мм/год.

4.7.2.8. Основные факторы, способствующие созданию на газопроводах макропар дифференциальной аэрации:

- неоднородность рельефа местности, гидрогеологической структуры состава почвообразующих пород;
- аномалии электрических свойств грунтов;
- изменения гранулометрического состава и влажности грунтов, их капиллярных и водоудерживающих свойств;
- неправильная технология разработки и засыпки траншей.

4.7.2.9. Статистическая оценка характера распределения коррозионных повреждений газопроводов показала, что в средней полосе и южных районах эксплуатации подавляющая часть каверн приходится на нижнюю часть трубопровода. Скорость роста каверн снизу трубы примерно в 1,5 раза превышает скорость развития каверн в верхней части трубопровода. Такое соотношение скоростей связано со значительно более высокой повреждаемостью изоляции снизу трубы и с работой пар дифференциальной аэрации по протяженности и глубине залегания трубопровода. С ростом диаметра трубы значение этого фактора возрастает.

4.7.2.10. Определенное значение в образовании макрокоррозионных элементов на трубопроводах имеет отключение катодной защиты, которое приводит к созданию локальных участков с разными электрохимическими потенциалами, определяемыми различием значений pH приэлектродного слоя.

4.7.2.11. Наряду с рассмотренными признаками, отражающими специфику грунтово-почвенной

коррозии подземных сооружений, существует еще целый ряд немаловажных факторов, ускоряющих процессы коррозии магистральных газопроводов:

- наличие блуждающих токов в земле, значительно усиливающих опасность коррозии;
- повышенная температура транспортируемого продукта, резко усиливающая скорость грунтово-почвенной коррозии стали при тех же параметрах защиты и ускоряющая термостарение изоляционных покрытий;
- перепад температур, приводящий к деформации (подвижкам) газопроводов;
- механическое воздействие со стороны грунта нормальной составляющей давления грунта, приводящей к продавливанию изоляции, и тангенциальной составляющей, приводящей в связанных грунтах к "обдиранию" изоляции при температурных перемещениях газопроводов и в периоды сезонных увлажнений и высыханий грунтов;
- микробиологическая коррозия (в основном в плотных анаэробных грунтах) за счет жизнедеятельности сульфат-восстанавливающих и других бактерий.

4.7.2.12. Совокупность перечисленных факторов не позволяет установить единые признаки и критерии коррозионной опасности подземных сооружений, пригодные для всех условий эксплуатации.

4.7.2.13. Для определения опасности коррозии сооружений ранее широко использовался критерий "коррозионная активность грунтов", учитывающий поляризационные характеристики сооружений (Л.19). С развитием теории локальных элементов этот критерий был признан некорректным и на первый план выдвинулся критерий "Коррозионная активность участка трассы газопровода" (Л.18), который учитывает гамму коррозионных элементов (протяженные пары дифференциальной аэрации и местной неоднородности почвы, макропары различия глубины залегания конструкции и т.п. Опыт эксплуатации магистральных газопроводов показывает, что применительно к подземным изолированным газопроводам необходимо учитывать не только факторы, связанные с взаимодействием сооружения и грунта, но и факторы, существенно зависящие от характера и распределения дефектов в изоляционном покрытии. Таким образом, для оценки коррозионной опасности подземных изолированных газопроводов необходимо использовать критерий "локальная коррозионная опасность сооружений", который определяется (или рассчитывается) на крайний случай, потенциально возможной в данных условиях коррозии, наиболее точно и полно учитывает взаимодействие всех факторов коррозии, реализуемое на данном участке сооружения.

4.7.3. Порядок определения участков подземных сооружений повышенной коррозионной опасности.

4.7.3.1. Участки подземных сооружений повышенной коррозионной опасности (кроме магистральных газопроводов) устанавливаются по наличию блуждающих токов, анодных зон макрокоррозионных элементов с учетом коррозионной активности грунтов (грунтовых вод), определяемых по ГОСТ 9.015-74.

4.7.3.2. К участкам магистральных газопроводов повышенной коррозионной опасности относятся:

- зоны блуждающих токов от электрифицированных железных дорог, линий электропередач постоянного тока и других промышленных источников тока в земле;
- горячие участки трубопроводов с температурой газа выше 40°C;
- участки газопровода, эксплуатирующиеся в грунтах с низким удельным электрическим сопротивлением (до 10 Ом·м);
- в болотистых, заболоченных и поливных почвах;
- на подводных переходах и в поймах рек, а также на переходах через железные и автомобильные дороги;
- на территории КС и станций ГРС;

- на пересечениях с различными подземными коммуникациями;
- на участках промышленных и бытовых стоков, свалок мусора, шлака и т.п.

4.7.3.3. Для определения очагов интенсивных коррозионных поражений газопроводов участки, перечисленные в п.4.7.3.2, подлежат первоочередному коррозионному обследованию.

4.7.3.4. При коррозионном обследовании первоначально определяют места повреждений изоляции газопроводов в соответствии с п.2.9.

4.7.3.5. На участках с поврежденной изоляцией измеряется методом выносного электрода величина защитного (поляризационного) потенциала сооружения при включенной катодной защите согласно п.2.1.13.

4.7.3.6. На участках с поврежденной изоляцией, где длительное время (6 месяцев и более) не достигалась катодная поляризация сооружения, при защитных потенциалах производится измерение удельного электрического сопротивления грунта по методике п.2.7.

4.7.3.7. В зонах минимальных удельных электрических сопротивлений грунта, определенных по п.4.7.3.6 в сезон максимальной коррозии, производится измерение поперечного (или продольного) градиента потенциала земли для выявления активно действующих анодных участков макрокоррозионных пар по методике ПО "Союзоргэнергогаз".

4.7.3.8. Окончательным и наиболее ответственным этапом определения коррозионноопасных участков сооружений является осмотр (согласно приложению 35) коррозионного состояния металлической стенки сооружений в шурфах, вскрываемых точно в местах выявленных потенциальноопасных анодных зонах, определяемых по п.4.7.3.7.

4.7.3.9. Поскольку ГОСТ 25812-83 ограничивает время перерывов в работе УКЗ до 10 суток в год, то определение анодных участков макропар по методу градиента потенциала земли при полностью располяризованном участке газопровода вызывает определенные трудности. Поэтому целесообразно использовать для этих целей методики ВНИИГАЗа, описанные в приложении 19.1.

4.7.3.10. Наиболее детальную информацию по глубине и распределению коррозионных повреждений в стенке трубы дает метод магнитной дефектоскопии, аппаратура которого находится в стадии разработки.

#### 4.7.4. Прогноз коррозионного состояния подземных сооружений.

4.7.4.1. Составление прогноза коррозионного состояния сооружения - наиболее ответственный и сложный этап в работе инженера по защите от коррозии.

4.7.4.2. Для составления прогноза коррозионного состояния сооружения необходимо иметь статистические данные по распределению каверн с различной глубиной коррозии по длине газопровода и изменению скорости развития каверн во времени.

4.7.4.3. На основании большого числа опытных данных можно считать, что средняя скорость коррозии углеродистой стали в грунте составляет 0,2-0,4 мм/год, а максимальная - 1-2 мм/год и что в большинстве случаев наблюдается значительное уменьшение скорости коррозии во времени. Однако в ряде случаев затухание коррозии происходит медленно и возможно увеличение скорости коррозии, особенно при ее определении по максимальным язвенным поражениям.

4.7.4.4. Основным фактором, определяющим коррозионное поведение металла во времени, является характер продуктов коррозии и их воздействие на коррозионный процесс. При образовании малорастворимых продуктов коррозии и затруднении электродного обмена создаются условия для устойчивого торможения коррозии во времени.

4.7.4.5. Учитывая избирательный характер коррозии подземных изолированных трубопроводов для прогноза их коррозионного состояния наиболее важно своевременно выявить участки с максимальными и активно растущими коррозионными поражениями по п. 4.7.3.

4.7.4.6. Статистическое распределение каверн по скоростям коррозии определяется по результатам ежегодно выполняемых шурфовок, планируемых в соответствии с п. 4.7.3.8, осмотром газопроводов при выборочных капитальных ремонтах, ремонтных работах, связанных с ликвидацией коррозионных свищей и разрывов газопроводов.

4.7.4.7. Определенную информацию об изменении скорости коррозии во времени получают на стальных образцах, наклеенных на стенку газопровода (подключенных к нему), имитирующих анодные участки предполагаемых или фактически выявленных коррозионных макропар, периодически (через 1, 2 и 5 лет) извлекаемых и обследуемых по глубине каверн и потери массы образца.

4.7.5. Организация работы по накоплению и анализу данных о коррозионной ситуации на газопроводе\*.

-----  
\* Раздел 4.7.5 подготовлен по материалам П/О "Союзоргэнергогаз".

4.7.5.1. При организации и проведении данной работы следует иметь в виду достижение трех целей:

- оценку степени потенциальной коррозионной опасности на различных участках газопровода и избирательное планирование в соответствии с этим противокоррозионных мероприятий;

- объективную оценку фактического коррозионного состояния газопровода на любой момент эксплуатации для использования при планировании ремонтов линейной части;

- прогнозирование изменения коррозионного состояния газопроводов на длительный период (5 ÷ 10 лет).

4.7.5.2. Вначале делается оценка потенциальной коррозионной опасности на основе сбора и совокупного анализа данных о рельефе, по которому проходит газопровод, о физико-химических свойствах грунтов (аэрируемости, влажности, засоленности, величине pH и др.), о чередовании различного вида грунтов, о состоянии изоляции разных участков газопровода, о температурном режиме на всем его протяжении, о времени нахождения участков без электрохимической защиты со дня укладки трубопровода в грунт, о наличии и характере распределения блуждающих токов.

В соответствии со сделанной оценкой необходимо планировать и осуществлять дополнительные защитные мероприятия на участках с повышенной коррозионной опасностью (ставить дублирующую протекторную или катодную защиту, резервировать электропитание, отремонтировать опасные сквозные дефекты в изоляции, установить более частый контроль состояния ЭХЗ).

4.7.5.3. После технического оформления результатов анализа потенциальной коррозионной опасности необходимо тщательно собирать и отображать в графических и табличных материалах все сведения об изменении коррозионной обстановки, об обнаруженной на газопроводе коррозии и ее величине (при шурфовке, при ликвидации свищей и аварий при проведении капремонта) с тем, чтобы в результате анализа всего собранного материала была сделана коррозионная карта (приложение 37), показывающая фактическое коррозионное состояние газопровода и причины, обуславливающие различие коррозии на разных участках.

На основе сделанных выводов, с учетом технико-экономических соображений должен обоснованно планироваться капитальный ремонт трубопровода.

4.7.5.4. На основе изучения развития коррозии на более старых газопроводах с учетом анализа, выполненного по пунктам 4.7.5.2 и 4.7.5.3 делается прогноз изменения коррозионного состояния трубопровода и состояния его комплексной защиты и в конечном счете прогноз потребности в различных видах капитального ремонта или замены различных участков газопроводов.

4.7.5.5. Вся совокупность сведений о коррозионной ситуации на газопроводе сводится в коррозионные паспорта, составляемые на отдельные его участки (приложение 37).

4.7.5.6. Отчет о коррозионном состоянии сооружений на коррозионноопасных участках составляется ежегодно, прогноз коррозионного состояния сооружения в целом составляется каждые пять лет.

## 5. СРЕДСТВА ТЕЛЕКОНТРОЛЯ РАБОТЫ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

### 5.1. Назначение и принцип работы.

5.1.1. Повышению надежности и эффективности работы средств электрохимической защиты магистральных газопроводов в значительной степени способствует организация телеконтроля их работы, которая в системе Мингазпрома осуществляется в настоящее время в основном с помощью устройств типа ТКЗ, а именно ТКЗ-2М и ТКЗ-4.

5.1.2. Оба эти устройства по принципу работы аналогичны и предназначены для осуществления контроля работы установок катодной защиты магистральных газопроводов с использованием в качестве канала связи физической цепи "труба-земля". Технические характеристики устройств ТКЗ-2М и ТКЗ-4 помещены в табл.5.1.

5.1.3. При выходе из строя любой из контролируемых УКЗ устройством формируется сигнал, который на пункте сбора информации преобразуется в аварийно-предупредительный световой сигнал, указывающий номер неисправной УКЗ.

5.1.4. Устройства состоят из блоков приема-передачи (БПП) и блоков приема и сигнализации (БПС).

5.1.5. Блок приема-передачи устанавливается в непосредственной близости от контролируемых УКЗ. Каждый блок БПП имеет возможность контролировать работу до 5 СКЗ, входящих в одну контролируемую УКЗ. При этом ток одной из контролируемых СКЗ используется для формирования сигналов передачи, а контроль работы остальных СКЗ осуществляется по наличию выходных напряжений.

5.1.6. Блоки приема и сигнализации устанавливаются на пункте сбора информации (в непосредственной близости от контролируемого пункта системы телемеханики линейной части газопровода, на ГРС, на главном щите управления компрессорной станции и т.д.). Блоки БПС имеют возможность осуществлять контроль работы нескольких СКЗ, расположенных поблизости от мест их установки. Контроль работы СКЗ осуществляется по наличию выходного напряжения.

5.1.7. На выходе блоков БПС имеются электромагнитные реле, перекидные контакты которых могут быть использованы для выдачи аварийного сигнала в контролируемый пункт (КП) системы телемеханики или для подключения выносного пульта световой индикации.

Таблица 5.1

### Технические характеристики устройств

Наименование параметра		Устройство	
		ТКЗ-2М	ТКЗ-4
1.	Канал связи	физическая цепь "труба-земля"	
2.	Вид сигнала в линии связи	маркерные частотные импульсы, разделенные между собой паузой, длительность которой несет информацию	
3.	Вид частотного импульса	одночастотный	двухчастотный с последовательной передачей частоты
4.	Частота импульса, Гц	3,1; 6,2; 13,5	3,1 и 3,5; 6,2 и 7,05; 12,5 и 14,1

5.	Длительность частотного импульса, с	1,3	1,3 ÷ 1,3
6.	Длительность паузы, с	от 10 до 70	от 40 до 1200
7.	Чувствительность приемной части, не хуже, мВ	1,5	3
8.	Динамический диапазон, мВ	1,5...1000	3...3000
9.	Количество контролируемых УКЗ, шт.	до 8	до 16
10.	Количество СКЗ, контролируемых одним:		
	БПП, шт.	до 4	до 5
	БПС, шт.	до 3	до 4
11.	Контролируемая модулятором мощность, кВт, не более	3	5
12.	Температурный диапазон блоков устройств, ° С	минус 40, плюс 50	минус 50, плюс 50
13.	Напряжение питающей сети переменного тока с частотой 50 Гц, В	220 <sup>+22</sup> <sub>-33</sub>	
14.	Мощность, потребляемая блоком, ВА, не более:		
	БПП	30	20
	БПС	50	30
15.	Исполнение блоков	пылебрызгозащищенное	
16.	Габаритные размеры блоков БПП и БПС	475x400x300	565x700x395

Примечание: В устройстве ТКЗ-4 может быть использована одна из следующих комбинаций частот: 3,1 и 3,5; 3,5 и 3,1; 6,25 и 7,05; 7,05 и 6,2; 12,5 и 14,1; 14,1 и 12,5.

5.1.8. Основой организации катодной защиты подземного изолированного трубопровода является то, что труба подвергается катодной поляризации путем наложения на нее отрицательного потенциала. В качестве переносчика информации при организации телеконтроля работы УКЗ с помощью устройств типа ТКЗ используется защитный ток трубопровода. При правильно организованной защите газопровода ток одной станции катодной защиты достигает места установки другой. Если промодулировать этот ток с определенной частотой, то на соседней станции этот сигнал можно выделить с помощью приемного устройства.

5.1.9. Организовать передачу с наиболее удаленной УКЗ до места сбора информации невозможно из-за большого километического затухания цепи "труба-земля". Поэтому для организации телеконтроля работы УКЗ с использованием трубы в качестве канала связи используется принцип ретрансляции сигнала от одной установки до другой. При этом в качестве ретранслятора служит блок БПП устройства телеконтроля и СКЗ, выполняющая функцию передатчика контрольного сигнала.

5.1.10. Сигнал передается от одного блока устройства (БПП) к следующему с использованием принципа "прием-передача". Таким образом, контроль одной из СКЗ, входящей в состав УКЗ,



осуществляется путем модуляции тока этой станции. Контроль остальных СКЗ, входящих в это же УКЗ, осуществляется путем проверки наличия выходного напряжения на выходах этих СКЗ. Для этого плюсовые выводы контролируемых СКЗ подсоединяются к соответствующим входам узла контроля работы СКЗ блока БПП или БПС.

5.1.11. Схема организации телеконтроля УКЗ по трубопроводному каналу приведена на рис. 5.1.

5.1.12. Для расшифровки адреса неисправной УКЗ (или участка с защитным потенциалом ниже максимального) применяется временная селекция передаваемых сигналов. Наиболее удаленный от БПС блок приема-передачи (БПП № 1) является задающим и формирует программу передачи сигналов контрольной частоты с самой короткой длительностью паузы.

5.1.13. При нормальном уровне защитного потенциала контролируемого участка трубопровода промежуточные блоки приема-передачи (БПП № 2) + (БПП № n) являются ретрансляторами программы задающего блока БПП № 1. Блок БПС, принимая и обрабатывая данную программу сигналов, не выдает аварийно-предупредительного сигнала.

5.1.14. В случае выхода из строя одной на УКЗ или снижения защитного потенциала трубопровода ниже максимально допустимого цепь передачи сигнала оказывается разорванной. В этом случае следующий блок БПП по порядку за поврежденным участком начинает вырабатывать свою программу передачи контрольной частоты с другой, только ему присущей, длительностью паузы, т.е. этот блок становится задающим. В блоке БПС при этом загорается контрольная лампа неисправности соответствующей УКЗ и выдается аварийный сигнал в систему телемеханики. После устранения неисправности УКЗ ведущим блоком снова становится первый блок БПП № 1, а в блоке БПС аварийный сигнал снимается.

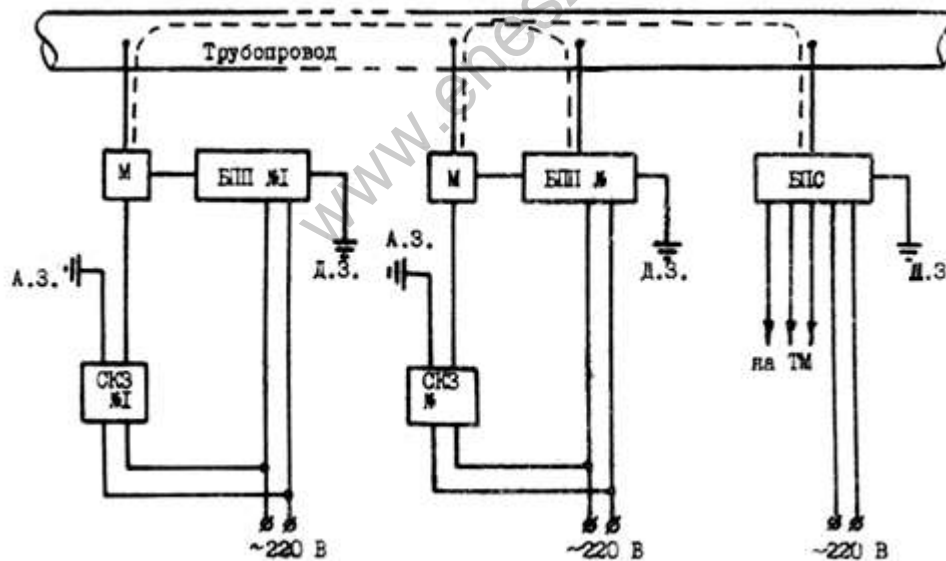


Рис. 5.1. Блок-схема электрических соединений блоков устройства типа ТКЗ.

БПП - блок приема-передачи, БПС - блок приема и сигнализации, СКЗ - станция катодной защиты,  
А.З. - анодное заземление, Д.З. - дополнительное заземление,  
М - модулятор

## 5.2. Структурный состав блоков БПП

5.2.1. Структурно блок БПП состоит из четырех функциональных узлов: приемной части, блока логики, модулятора и блока питания (рис.5.2).

5.2.2. Приемная часть предназначена для выделения сигналов контрольной частоты, поступающих из канала связи (физическая цепь "труба-земля"), и преобразование их в импульсы постоянного тока для управления работой логической части блоков. Приемная часть блока состоит из приемника и узла блокировки.

5.2.3. Блок логики предназначен для формирования временной программы работы устройства как в режиме собственного цикла передачи, так и в режиме ретрансляции контрольной частоты. Блок логики состоит из генератора импульсов (ГИ), триггерного делителя частоты (счетчик импульсов), блока программы, узла установки счетчика импульсов в исходное состояние и блока согласования и сигнализации.

5.2.4. В устройстве ТКЗ-2М в качестве ГИ используется питающее переменное напряжение с частотой 50 Гц, а в устройстве ТКЗ-4 - самостоятельный управляемый генератор тактовых импульсов, вырабатывающий частоты 400 и 450 Гц.

5.2.5. Весь узел программы в целом представляет собой генератор импульсов с перестраиваемой длительностью паузы между импульсами.

5.2.6. Модулятор предназначен для осуществления амплитудной модуляции постоянного тока станции катодной защиты.

5.2.7. Коммутация станции осуществляется со стороны питающего переменного напряжения или со стороны постоянного тока.

5.2.8. В устройстве ТКЗ-2М при использовании неавтоматических СКЗ, мощностью до 2 кВт, применяется модулятор переменного тока. В остальных случаях необходимо применять модулятор постоянного тока.

5.2.9. В устройстве ТКЗ-4 используется только модулятор постоянного тока. Конструктивно модуляторы представляют собой бесконтактные (тиристорные) переключатели.

5.2.10. Блок питания состоит из стабилизированных источников питания с выходным напряжением, необходимым для питания всех узлов блоков устройства.

5.2.11. Блок контроля работы станций катодной защиты предназначен для осуществления контроля СКЗ, входящих в контролируемую УКЗ. Схема состоит из функционально законченных узлов, состоящих из ограничителя напряжения и 2-каскадного усилителя постоянного тока.

5.2.12. В устройстве ТКЗ-2М блок контроля может осуществляться контроль работы до трех СКЗ, а в устройстве ТКЗ-4 - до четырех СКЗ.

### 5.3. Структурный состав блоков БПС.

5.3.1. Структурная схема блока приема и сигнализации (БПС) устройств ТКЗ-2М и ТКЗ-4 приведена на рис. 5.3. Структурно БПС состоит из приемного блока, блока логики питания. Блок БПС предназначен для приема поступающих контрольных сигналов от контролируемых УКЗ, их расшифровки, вывода световой индикации на сигнальные лампы и выдачи аварийной сигнализации в контролируемый пункт системы телемеханики.

5.3.2. Блок приемника по назначению, принципу работы и конструкции аналогичен приемному блоку БПП.

5.3.3. Логическая часть блока БПС в свою очередь содержит следующие функциональные узлы.

5.3.4. Блок программы осуществляет восстановление принимаемых импульсов, искаженных по длительности приемным блоком, формирует импульсы управления работой блока логики и формирует цикл работ блока БПС при осуществлении сигналов с выхода приемного блока.

5.3.5. Генератор тактовых импульсов со счетчиками импульсов служит для измерения временных интервалов (пауз) между принимаемыми импульсами и формирования импульсов управления работы узлов блока логики.

5.3.6. Узел защиты блока логики от выдачи ложной информации осуществляет трехкратную проверку принимаемой информации. Узел защиты состоит из счетчика циклов, узла выявления рассогласования, выдающего импульсы в счетчик числа рассогласований. С выхода счетчика числа рассогласований выдается разрешение на узел формирования импульсов сбора, на выходах которого формируются три последовательно идущих импульса. Первый используется для стирания памяти в блоке памяти, второй дает разрешение на запись в блок памяти новой информации, а третий производит установку счетчиков импульсов в исходное состояние.

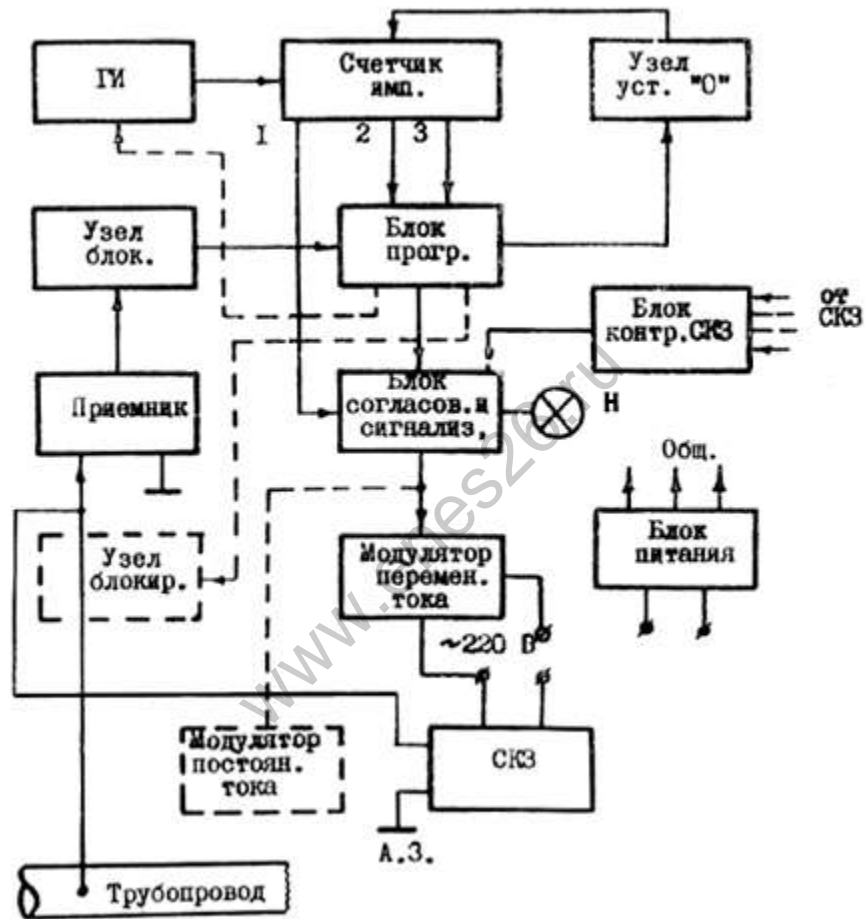


Рис. 5.2. Структурная схема блока приема-передачи (БПП).

Сплошными линиями показаны связи для ТКЗ-2М,

Сплошными и пунктирными - для ТКЗ-4.

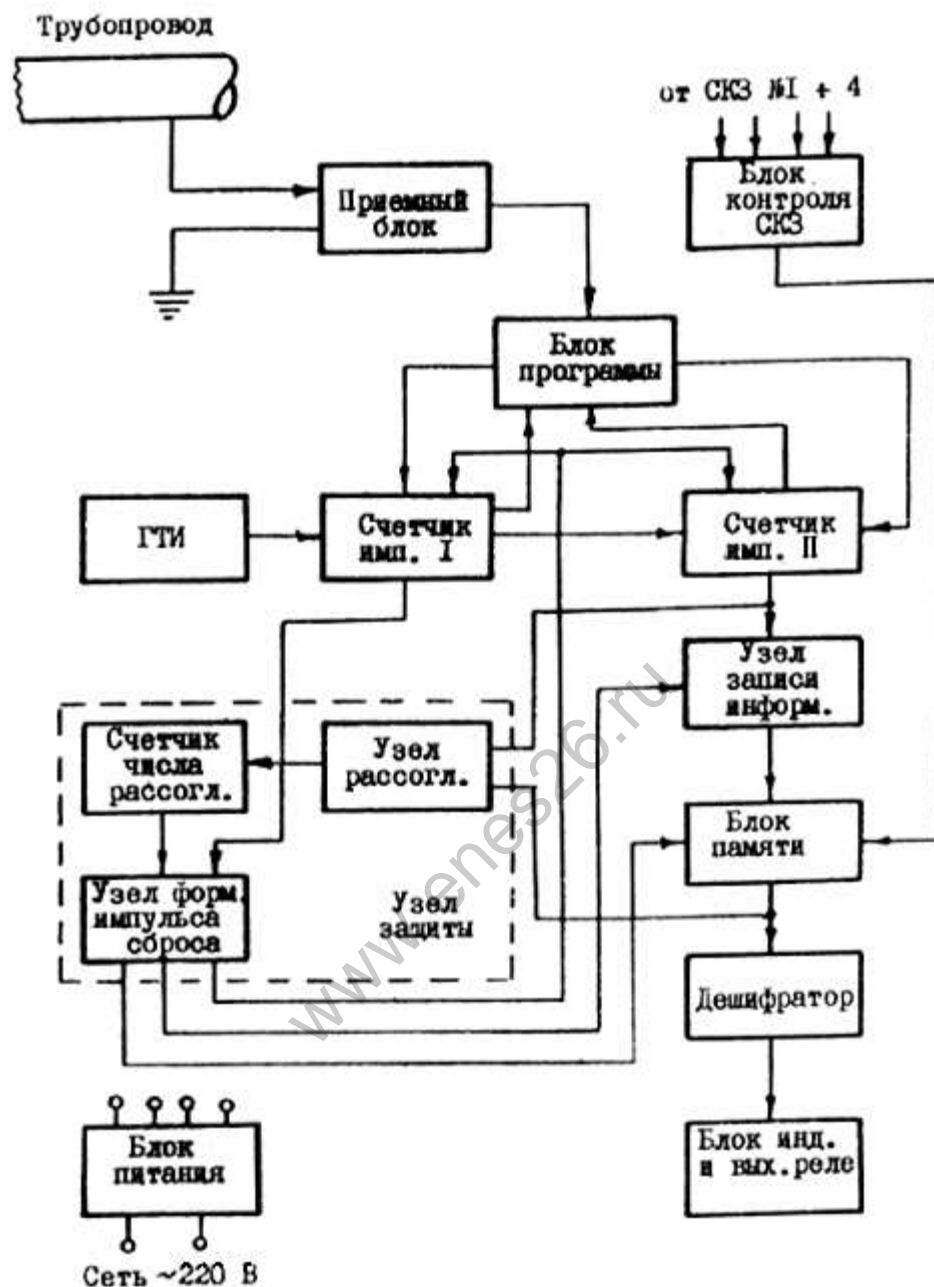


Рис. 5.3. Структурная схема БПС.

5.3.7. Выход счетчиков через узел записи информации подключен к блоку памяти, информация с которого через дешифратор выводится на блок индикации и выходе реле.

#### 5.4. Приемник устройства ТКЗ-2М.

5.4.1. Приемник (рис.5.4) состоит из защитного устройства, предварительного усилителя, полосового перестраиваемого активного шестизвенного RC-фильтра, двухкаскадного усилителя с выпрямителем и фильтром и усилителя постоянного тока.

5.4.2. Защитное устройство служит для подавления помех, выдаваемых выпрямителем станции

катодной защиты и для снижения импульсных помех от грозовых разрядов. Оно состоит из двух последовательно соединенных фильтров: пассивного RC-фильтра нижних частот с частотой среза порядка 35 Гц и режекторного контура, настроенного на частоту 100 Гц, в качестве которого используется двойной Т-образный мост. Между этими фильтрами включена схема защиты от перенапряжений, состоящая из встречно включенных стабилитронов.

5.4.3. Выход схемы защиты подключен к входу предварительного усилителя, который усиливает входящий сигнал до уровня, необходимого для нормальной работы полосового фильтра.

5.4.4. Усиленный до  $20 \div 30$  мВ сигнал с усилителя поступает на вход полосового активного RC-фильтра. Фильтр настроен на контрольную частоту предыдущего блока приема-передачи и имеет полосу пропускания на уровне 0,7 порядка 3 Гц. Перестройка фильтра с одной частоты на другую осуществляется путем изменения величины емкости входящих в него конденсаторов.

5.4.5. На выходе фильтра имеется аттенуатор выходного напряжения, обеспечивающий плавную регулировку величины выходного сигнала.

5.4.6. К выходу фильтра подключен двухкаскадный усилитель низкой частоты.

5.4.7. Назначение усилителя низкой частоты - усиление сигнала, выделенного фильтром до величины, необходимой для срабатывания преобразователя, представляющего собой выпрямитель по схеме удвоения напряжения, нагрузкой которого служит П-образный сглаживающий фильтр.

5.4.8. Усилитель постоянного тока работает в ключевом режиме.

5.4.9. При отсутствии входного сигнала на выходе усилителя имеется потенциал "I", а при наличии сигнала - "0" (0,5 В).

5.5. Приемники устройства ТКЗ-4.

5.5.1. Приемник устройства ТКЗ-4 в отличие от приемника устройства ТКЗ-2М кроме приема телемеханических сигналов осуществляет также проверку принимаемых сигналов по комбинации частот и по их длительности. Блок-схема приемного устройства представлена на рис. 5.5.

5.5.2. Приемник состоит из защитного устройства, предварительного регулируемого усилителя, фильтра низких частот, второго усилителя с регулируемым коэффициентом, перестраиваемого полосового фильтра с усилителем переменного тока, амплитудно-временного селектора, частотного дискриминатора и логической схемы "И".

5.5.3. Назначение узлов  $1 \div 7$  блока приемника аналогично узлам приемника ТКЗ-2М. Проверка достоверности принятого сигнала осуществляется по длительности амплитудно-временным селектором и по комбинации частот в принятом сигнале частотным дискриминатором. В случае соответствия принимаемого сигнала заданным параметрам на схему "И" поступают импульсы разрешения и на ее выходе появляется логический ноль, который управляет работой блока логики.

5.6. Конструкция устройств.

5.6.1. Блоки устройств ТКЗ-2М и ТКЗ-4 конструктивно состоят из шкафов БПП и БПС, имеющих одинаковые размеры и конструктивное исполнение. Конструкция шкафов предусматривает настенную установку.

5.6.2. Электрические схемы устройств имеют блочную конструкцию для блоков устройства ТКЗ-2М и субблочную - для блоков устройства ТКЗ-4. Блоки питания и модуляторы выполнены в виде объемных блоков.

5.6.3. Для связи СКЗ с линией связи и питающей сетью в шкафах БПП и БПС установлены коммутационные клеммники.

5.6.4. В качестве основной элементной базы в устройстве ТКЗ-2М использованы транзисторные логические элементы типа "Логика", а в устройстве ТКЗ-4 - интегральные микросхемы серии 133 и 140.

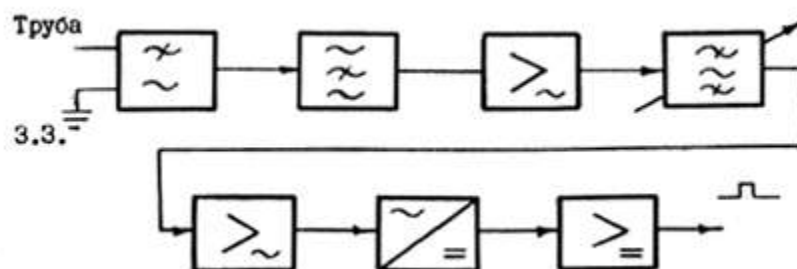


Рис. 5.4. Приемник устройства ТКЗ-2М

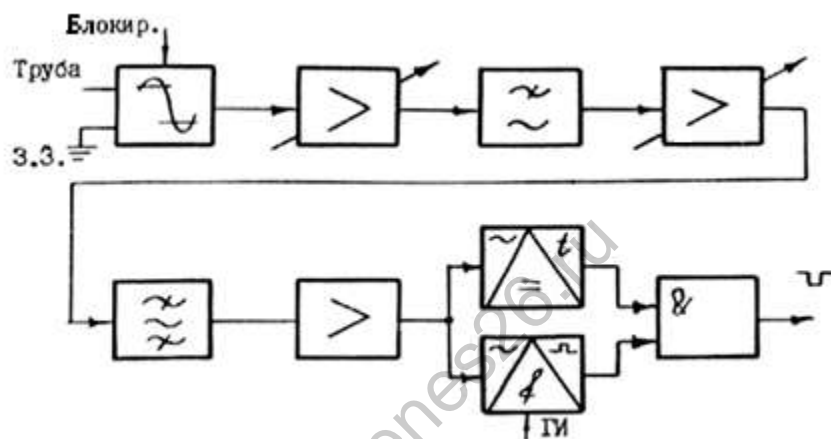


Рис. 5.5. Приемник устройства ТКЗ-4

#### 5.7. Предустановочная проверка блоков устройств.

5.7.1. Приемку и ввод в эксплуатацию устройств телеконтроля типа ТКЗ необходимо производить после осмотра внешнего вида блоков устройств, проверки комплектности и их функционирования.

5.7.2. При осмотре внешнего вида необходимо определить отсутствие вмятин, вздутий, следов коррозии, сколов краски, небрежностей монтажа (плохой пайки, непропаянных выводов и т.п.), ухудшающих внешний вид и нарушающих работу блоков.

5.7.2. Проверку комплектности устройств производят путем сличения фактического комплекта с комплектом поставки, соответствующим прилагаемому паспорту.

5.7.4. Проверку на соответствие блоков устройств чертежам производят по комплекту эксплуатационной документации.

5.7.5. На блоках устройств должны быть фирменные планки с указанием:

- товарного знака или наименования завода-изготовителя;
- шифра изделия;
- заводского номера;
- года выпуска.

5.7.6. Проверка устройств на функционирование должна производиться испытанием устройств в целом комплекте, с подключением блоков устройств к физической цепи "труба-земля" или к ее эквиваленту, согласно инструкции по эксплуатации, прилагаемой к данному комплекту. При работе с блоками устройств необходимо соблюдать "Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", утв. Госэнергонадзором 12 апреля 1969 года и согласованных с ВЦСПС 9 апреля 1969 года, а также требования инструкций, действующих на объекте.

#### 5.8. Монтаж и наладка блоков устройств в полевых условиях.

5.8.1. Блоки устройств устанавливаются на открытом воздухе по трассе газопровода в непосредственной близости от контролируемых установок катодной защиты. Расстановка блоков устройств вдоль трассы газопровода и подключение их к соответствующей нитке газопровода на многониточных системах осуществляется в соответствии с проектными решениями на телемеханизацию катодной защиты, которые выполняются на основании типовых проектных решений ТПР 015909-01-80, разработанных ВНПО СГА.

5.8.2. Электрический монтаж блоков на трассе газопровода осуществляется в соответствии с инструкцией по эксплуатации устройств и проектными решениями. При этом особое внимание необходимо обратить на правильность распылки блоков на необходимую частоту передачи, а в блоках устройства ТКЗ-4 и на их комбинацию и на настройку полосовых фильтров и частотных дискриминаторов (для ТКЗ-4) на рабочие частоты. При этом на один из входов всех схем контроля работы станций катодной защиты должно подаваться положительное напряжение от контролируемых СКЗ или от своего источника блока БПП.

5.8.3. После установки блоков вдоль контролируемого участка трассы газопровода и проведения электрического монтажа необходимо произвести настройку блоков и проверку функционирования всего комплекса устройства в целом.

5.8.4. Для проведения наладочных работ необходимо иметь следующие измерительные приборы:

1. Милливольтметр переменного тока, низкочастотный, с нижним пределом измерения до 1 мВ, кл. точности - 1.0 типа ВЗ-6;

2. Осциллограф низкочастотный, типа С1-68;

3. Тестер типа Ц4315;

4. Секундомер механический типа СДСпр-1;

5. Вольтметр высокоомный типа ВВ-1;

6. Медносульфатный электрод сравнения.

5.8.5. Перед настройкой блоков устройства необходимо на контролируемом участке трассы трубопровода снизить защитный потенциал до величины, превышающей приблизительно на 10% минимально допустимый. Снижение потенциала производится путем изменения режима работы контролируемых УКЗ.

5.8.6. После снижения защитного потенциала на контролируемом участке трубопровода включаются в работу все блоки устройства.

5.8.7. Проверку работоспособности устройства начинают с первого, самого удаленного от БПС, блока. На этом блоке по миганию индикатора контроля программы и по отклонениям стрелок приборов СКЗ проверяют с помощью секундомера правильность формирования программы передачи. При этом импульс передачи (время мигания индикатора и колебаний стрелок измерительных приборов (СКЗ) должен быть равен 1,3 с в блоках устройства ТКЗ-2М и 2,6 - в ТКЗ-4, а пауза между импульсами передачи - 10 с или 40 с соответственно в блоках устройств ТКЗ-2М и ТКЗ-4.

5.8.8. Перед проверкой последующих блоков устройств необходимо в первую очередь проверить формирование блоками собственной программы передачи. Для этого вход блоков отсоединяется от

трубопровода и с помощью секундомера измеряется длительность цикла передачи, формируемого каждым блоком, которая должна соответствовать определенному номеру блока.

5.8.9. Затем вход блоков подсоединяется к трубопроводу и производятся измерения величины принимаемых сигналов и регулируется чувствительность приемных блоков устройств.

5.8.10. В блоках устройства ТКЗ-2М измерения величины принимаемых сигналов в первую очередь измеряют на выходе двойного Т-моста. Величина принимаемого сигнала должна превышать величину помехи на 2...3 мВ, если эта величина оказывается больше номинальной, то необходимо на предыдущем блоке БПП уменьшить глубину модуляции, т.е. уменьшить уровень передачи во столько раз, во сколько принимаемый сигнал превышает номинальный уровень. Глубина модуляции регулируется путем установки соответствующих перемычек на колодке К4 платы модулятора.

5.8.11. После этого необходимо выставить уровень срабатывания блока логики. При помощи регулятора уровня срабатывания (потенциометр Р129 в блоке приемника) устанавливается уровень принимаемых сигналов на входе второго усилителя равным 8...10 мВ. После чего блок должен надежно работать в режиме ретрансляции сигналов, которая проверяется путем измерения милливольтметром принимаемых сигналов и по миганию светового индикатора, который начинает светиться с запаздыванием от переднего фронта принимаемого сигнала на 0,5+0,7 с.

5.8.12. В блоках устройства ТКЗ-4 величину принимаемых сигналов измеряют милливольтметром на конденсаторе С11/41 субблока Сбу-41, уровень которой должен составлять 200+250 мВ. Выставляется этот уровень путем регулирования коэффициента усиления масштабных усилителей А1 и А3 в субблоке Сбу-40. Регулировка коэффициента усиления осуществляется перепайкой перемычек на контактных колодках Х1 и Х2 в субблоке Сбу-40.

5.8.13. После установки чувствительности блоки проверяются на работу в режиме ретрансляции принимаемых сигналов, которые передаются блоками БПП и задержкой в 1,8 с + 2,2 с.

5.8.14. Если блоки не ретранслируют принимаемые сигналы, то необходимо проверить с помощью осциллографа функционирование частотного дискриминатора (субблок Сбу-44) и амплитудно-временного селектора (субблок Сбу-43). На их выходах при приеме второй частоты двухчастотного сигнала должны появляться положительные импульсы, которые, поступая на входы логической схемы И-НЕ, вызывают срабатывание этой схемы и триггера приема в блоке логики. В противном случае необходимо выяснить, какой из субблоков не работает, и устранить неисправность.

5.8.15. После настройки всех блоков устройства на контролируемом участке трассы газопровода необходимо восстановить защитный потенциал до номинального значения и в случае необходимости подкорректировать чувствительность блоков.

5.8.16. Затем приступают к проверке правильности воспроизведения принимаемой информации блоком БПС, для чего необходимо, последовательно отключая и включая контролируемые УКЗ (или блоки БПП), убедиться в правильности загорания сигнальных индикаторов в блоке БПС.

5.8.17. Достоверной сигнализацией считается такая, когда один и тот же индикатор горит в течение длительного времени (не менее 5...7 циклов приема).

5.8.18. В процессе эксплуатации при нормальной работе всех контролируемых УКЗ в блоке БПС включается на время приема сигнального импульса только индикатор контроля программы. Остальные сигнальные индикаторы гореть не должны. При выходе из строя одной из контролируемых УКЗ или блока БПП в блоке БПС включается индикатор этого контролируемого пункта.

## **6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

6.1. При выполнении работ по защите подземных газопроводов от коррозии следует руководствоваться:

СНиП III-4-60 "Техника безопасности в строительстве". М., Стройиздат, 1980;



"Правилами техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов". М., "Недра", 1970;

"Правилами технической эксплуатации магистральных газопроводов". М., "Недра", 1973;

ГОСТ 9.015-74 "Подземные сооружения. Общие технические требования";

"Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителями и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителями". М., "Атомиздат", 1978;

"Правилами безопасности в нефтегазодобывающей промышленности". М., "Недра", 1974;

"Инструкциями и рекомендациями по технике безопасности при производстве изоляционно-укладочных работ", Сб. 3. М., "Недра";

Указаниями по технике безопасности в заводских инструкциях по эксплуатации соответствующих приборов и оборудования.

6.2. Лица, контролирующие качество изоляционных покрытий, должны пройти проверку знаний в квалификационной комиссии с присвоением группы электротехническому персоналу:

а) работающим с электроприборами I квалификационной группы;

б) занимающимся проверкой качества изоляции способом катодной поляризации III квалификационной группы.

6.3. При работе с дефектоскопом его корпус должен быть заземлен, а работники соблюдать следующие правила:

а) работать только в диэлектрических перчатках и резиновых сапогах;

б) не прикасаться к щупу и заземлителям, если не отключен источник электропитания;

в) не подключать аккумуляторные батареи при включенном тумблере питания;

г) не оставлять искровой дефектоскоп, подготовленный к работе, без наблюдения;

д) не отсоединять от генератора щуп и заземление при включенном приборе.

6.4. Контролеры во время проверки битумного изоляционного покрытия должны находиться не ближе 10 м от шланга битумовоза и ванной изоляционной машины при ее заправке мастикой.

Необходимо также соблюдать следующие правила:

а) не находиться под стрелами трубоукладчика;

б) не находиться между траншеей и укладываемым трубопроводом;

в) не подлезать под трубопровод;

г) использовать индукционный толщиномер при изменении толщины покрытия на нижней части трубопровода.

6.5. В зоне укладки трубопровода запрещается находиться на трубопроводе и опускаться в траншею. При переходе на другую сторону траншеи (вне зоны укладки трубопровода) следует пользоваться стремянками и переносными мостиками.

6.6. Пробу мастики из ванны изоляционной машины для лабораторного контроля отбирает машинист изоляционной машины по указанию лаборанта. Мастику берут в металлическое ведро с прочно укрепленной ручкой и крышкой.

6.7. При контроле изоляции методом катодной поляризации включают в работу генератор или другой источник электропитания после монтажа всей схемы. Демонтаж схемы осуществляется только при отключенном источнике питания.

6.8. Запрещается находиться в траншее, если не приняты предварительные меры безопасности, в частности:

- а) уплотнены откосы траншеи;
- б) уменьшена местная крутизна откосов;
- в) искусственно обрушены откосы в местах, где обнаружены "козырьки", трещины у бровок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9.015-74. Подземные сооружения. Общие технические требования.
2. ГОСТ 25812-83. Трубопроводы стальные магистральные.
3. ГОСТ 5272-68. Коррозия металлов. Термины.
4. ГОСТ 18311-72. Электрооборудование. Основные понятия. Термины и определения.
5. ГОСТ 18322-76. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
6. ГОСТ 27.002-83. Надежность в технике. Термины и определения.
7. ГОСТ 16504-74. Качество продукции. Контроль и испытания. Основные термины и определения.
8. ОСТ 51.80-82. Надежности линейной части магистральных газопроводов. Система сбора и обработки информации.
9. ОСТ 51.100-83. Надежность магистральных газопроводов. Термины и определения.
10. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. М., "Недра", 1982.
11. В.Бэкман, В.Швенк. Катодная защита от коррозии. М., "Металлургия", 1984.
12. РТМ. Методические указания по проектированию систем электроснабжения линейных потребителей магистральных газопроводов. М., ВНИИГАЗ, 1983.
13. Инструкция по сооружению установок электрохимической защиты от коррозии линейной части магистральных газопроводов. ВСН.2-127-81, Миннефтегазстрой. М., 1981.
14. Петров Н.А. и др. Повышение эффективности электрохимической защиты магистральных газопроводов от коррозии. Газовая промышленность. Серия транспорт и хранение газа. Выпуск 9, ВНИИЭгазпром. М., 1980.
15. Стрижевский И.В. и др. Защита подземных теплопроводов от коррозии. М., Энергоатомиздат, 1983.
16. Инструкция по проектированию и расчету электрохимзащиты магистральных трубопроводов и промышленных объектов. ВСН.2-106-78, Миннефтегазстрой. М., 1980.
17. Глазков В.И. и др. Коррозия и защита подземных трубопроводов. М., ВНИИОЭНГ, 1972.
18. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. М., изд. АН СССР, 1960.

19. Негреев В.Ф. и др. Методы определения коррозионных свойств почвы. Баку, изд. АН Азерб. ССР, 1953.

20. Wallen B., Linder B. Ohmic Potential Drop in Cathodic Protection of Buried Structures Evaluation of Measurement Methods. British Corrosion Journal, 1973, v. 8, № 1 p.p. 7-14.

21. Лине Й. Возможности измерения без падения напряжения на внутреннем омическом сопротивлении (без I·R) под влиянием блуждающего тока, в сб. секционных докладов № 3 на III-й Международной научно-технической конференции по проблеме СЭВ "Разработка мер защиты металлов от коррозии". Варшава, 21-25 апреля 1980 г., стр. 237-240.

22. Кривиян Л. Определение электродного потенциала металлических сооружений, размещенных в почве, методом экстраполяции. В сб. секционных докладов № 3 III-й Международной научно-технической конференции по проблеме СЭВ "Разработка мер защиты металлов от коррозии". Варшава, 21-25 апреля 1980 г., стр. 225-228.

23. Bushman J.B. and Rizzo F.E. I·R Drop in Cathodic Protection Measurements. Proceedings of the 24-th Annual Appalachian Underground Corrosion Short Course West Virginia Univ., 1979, p.p. 267-271.

24. Baeckmann V., Baltest A., Prinze W. New Developments in Measuring the Effectiveness of Cathodic Protection-Corrosion Australasia, 1983, 8, № 1, p.p. 4-9.

25. Baeckman W., Hildebrand H., Prinz W., Schwenk W. New Verfahren der I·R - freie Potentialmessung beim Kathodischen Korrosionsschutz endverlegter Rohrleitungen. Werkstoff und Korrosion, 1983, 34, № 5, p.p. 230-235.

26. Петров Н.А., Сидоров Б.В., Соколов А.С., Сулимин В.Д., Щелкунов Ю.Н., Никитенко Е.Е. Современные средства комплексной защиты подземных металлических трубопроводов от коррозии. Обзорная информация. Сер. "Транспорт и хранение газа", вып. № 8, М., ВНИИГазпром, 1984 г.

Текст документа сверен по:  
официальное издание  
М.: ВНИИГАЗ, 1986