РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ КОММУНАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Разработаны «Гипронигазом»
Утверждены приказом Минжилкомхоза РСФСР 15 апреля 1981 г. № 216

Рекомендации составлены в результате разработки темы «Методические указания по проектированию, монтажу и эксплуатации протекторной защиты разветвленных подземных коммуникаций коммунального назначения».

При составлении Рекомендаций использованы результаты изучения передового опыта проектирования и натурных исследований эффективности протекторной защиты в городских условиях, а также ведомственной нормативно-технический документ Р 224—76 «Руководство по применению и технологии монтажа протекторов ПМ5У, ПМ10У, ПМ20У», разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ) в 1976 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации предназначены для проектных организаций, разрабатывающих проектно-сметную документацию на строительство устройств защиты городских подземных металлических сооружений от электрохимической коррозии, а также для контор «Подземметаллзащита», подчиненных газовым хозяйствам РСФСР.

1.2. Рекомендации помогут проектировщикам осуществить выбор рационального варианта электрохимической защиты городских подземных сооружений, дают четкие указания, где следует применять протекторную защиту в городских условиях, методику расчета протекторной защиты разветвленных подземных сооружений и технические данные стандартных протекторов серийного производства.

1.3. Рекомендации составлены в соответствии с требованиями

gost.e-ecolog.ru

стандартов, СНиП и ведомственной нормативно-технической документации. Требования этих документов в части протекторной защиты в настоящем документе разъясняются, и уточняется порядок их применения.

1.4. Рекомендации не распространяются на магистральные подземные сооружения и ответвления от них.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

2.1. Раздел по защите от коррозии входит в состав проекта на строительство подземного сооружения и выполняется в пределах общих сроков разработки проектно-сметной документации в соответствии со стадийностью проектирования сооружения.

2.2. Проектирование электрохимической защиты действующих подземных сооружений, своевременно не обеспеченных активной защитой от коррозии, производится по отдельным заказам эксплуатационных организаций, как правило, в стадии технорабочего проекта.

2.3. Решение о необходимости электрохимической защиты принимается в соответствии с требованиями ГОСТ 9.015—74 на основании результатов коррозионных исследований, выполняемых с целью выявления на участках прокладки сооружений опасности почвенной коррозии или коррозии блуждающими токами, а также определения эффективности работы средств действующей или экспериментальной электрозащиты.

2.4. Основными документами, которыми следует руководствоваться при проектировании защиты от коррозии, являются: ГОСТ 9.015—74 «Единая система защиты от коррозии и старения. Подземные сооружения. Общие технические требования»; ГОСТ 21.102—79, ГОСТ 21.103—78, ГОСТ 21.201—78, ГОСТ 21.202—78, ГОСТ 21.203—78 «Система проектной документации для строительства»; Инструкция для разработки проектов и смет для промышленного строительства, СН 202—76; Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от электрохимической коррозии. М., МЖКХ РСФСР, 1974; Инструкция по защите тепловых сетей от электрохимической коррозии. М., Стройиздат, 1975; Руководство по проектированию и защите от коррозии подземных металлических сооружений связи. М., Связь, 1978; Методические рекомендации по проектированию электрохимической защиты городских подземных сооружений (на стадии проектирования сооружений). М., 1979; Методические рекомендации по определению технико-экономической эффективности электрохимической защиты городских подземных трубопроводов. М., АКХ, 1978.

2.5. Проектирование протекторной защиты городских подземных металлических сооружений от коррозии производится с использованием настоящих Рекомендаций.

2.6. Протекторная защита как самостоятельный вид электрохимической защиты в основном применяется для защиты от почвенной коррозии. Условия применения протекторов для защиты подземных сооружений от блуждающих токов указаны ниже.

2.7. Выбор катодной или протекторной защиты производится по результатам анализа схемы подземных сооружений и коррозионных условий на основании сравнения технико-экономических показателей и особенно в случаях, когда капитальные затраты по видам защиты одинаковы. Пример выбора вида электрохимической защиты дан в приложении к настоящим Рекомендациям.

2.8. Рекомендуется также применение протекторных установок в комплексе с катодной защитой на трубопроводах или кабелях для расширения зон катодной поляризации.

2.9. Протекторная защита — достаточно эффективный вид электрохимической защиты подземных сооружений, проложенных в грунтах с удельным электросопротивлением на более 50 Ом·м, при следующих условиях:

отсутствие блуждающих токов или в случаях, когда блуждающие токи оказывают анодные или знакопеременные смещения потенциалов подземных сооружений, средние значения которых не превышают 0,1 В;

плотность необходимого защитного тока, определенная расчетным или экспериментальным путем, для сооружений не превышает 10 мА/м^2; в большинстве случаев эти условия выполняются, когда для локальной защиты отдельных подземных сооружений расчетный защитный ток не превышает 1 А.

2.10. Наиболее эффективно протекторная защита работает в сочетании с изолирующими фланцевыми соединениями и вставками на газопроводах, размещенными на наружной части вводов к потребителям и предназначенным для исключения металлических контактов газопроводов с плохо изолированными и заземленными конструкциями и сооружениями.

3. РАЗМЕЩЕНИЕ ПРОТЕКТОРОВ И ПРОТЕКТОРНЫХ ГРУПП ПО ТРАССАМ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Протекторные установки следует применять для электрохимической защиты следующих городских подземных металлических сооружений:

резервуаров и газопроводов сжиженных газов, не имеющих контактов со смежными протяженными металлическими коммуникациями;

отдельных участков внутриквартальных газопроводов природного газа или вводов газопроводов к потребителям, которые не обеспечиваются защитными потенциалами ГОСТ 9.015—74 от катодных преобразователей, предназначенных для защиты городских магистральных или распределительных сетей;

отдельных участков водопроводов, выполненных из стальных труб (стальные вставки);

участков стальных трубопроводов, электрически отсеченных от общей сети изолирующими фланцевыми соединениями и изолирующими вставками (например, на территории, прилегающей к ГРП и ГРС, подземные переходы при наружной прокладке и т. д.);

городских кабелей связи (в том числе радиофикации, лифтовой и пожарной сигнализации), электрических силовых кабелей, имеющих металлические оболочки без защитных покровов шлангового типа;

стальных футляров для прокладки коммуникаций, подземных и заглубленных резервуаров и емкостей, днищ резервуаров, стальных опор и других сосредоточенных сооружений.

3.2. Протекторы с активатором следует размещать в скважинах или шурфах в грунтах с удельным электросопротивлением не более 50 Ом·м. Допускается устанавливать протекторные аноды без активатора в грунтах с удельным электросопротивлением не более 10 Ом·м.

3.3. В целях более эффективного использования протекторных анодов рекомендуется увеличивать высоту столба активатора в соотношении $l_a/L>3$, где l_a — высота столба активатора; L — длина анода.

3.4. Рекомендуется устанавливать протекторы в стороне от защищаемого сооружения. Допускается установка протекторов под трубопроводами, если такое решение является вынужденным. Расстояние от протекторов до защищаемого сооружения рекомендуется принимать в пределах от 5 до 10 м.

3.5. Протекторы, применяемые для защиты протяженных и разветвленных сооружений, как правило, объединяются в группы, подсоединение протекторов к защищаемому сооружению производится через контактные устройства. Расстояние между протекторами в группах принимается от 3 до 6 м в зависимости от типа и количества протекторов, условий их установки при оптимальном коэффициенте взаимоэкранирования.

3.6. Для электрохимической защиты газопроводов сжиженного газа в основном должна применяться протекторная защита.

3.7. Резервуары, испарители которых подключены к теплопроводам, должны быть электрически отсечены от распределительных газопроводов путем установки изолирующего фланцевого соединения на газопроводе паровой фазы. В этом случае резервуары в котловане должны засыпаться песком, имеющим низкую коррозионную активность по всем показателям, установленным ГОСТ 9.015—74, и электрической защите от почвенной коррозии не подлежат.

Резервуары с электрическими и огневыми испарителями обеспечиваются электрохимической защитой совместно с распределительными газопроводами путем использования протекторов в качестве заземлителей молниезащиты. Если при проектировании для электрохимической защиты принята катодная защита, то в этом случае сопротивление растеканию контура заземления молниезащиты должно быть не менее 5 Ом. Верхний предел сопротивления

растеканию контура молниезащиты определяется по «Инструкции по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» СН 305—77.

3.8. Количество протекторов, применяемых для защиты от коррозии резервуаров для сжиженных газов и используемых в качестве контура молниезащиты, принимается таким, чтобы обеспечить требуемое сопротивление растеканию контура по СН 305—77.

3.9. Разъемные контактные устройства для присоединения протекторных групп, предназначенных для защиты распределительных газопроводов сжиженных газов, рекомендуется устанавливать на расстоянии не менее 5 м от резервуаров.

4. ПРОТЕКТОРЫ ИЗ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

4.1. Наиболее распространенными протекторами, выпускаемыми промышленностью по ТУ 48—10—28 — 74 для защиты подземных сооружений, являются ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У с гальваническими анодами ПМ-5, ПМ-10 и ПМ-20.

4.2. Аноды изготавливаются из магниевого сплава МПУ и МПУвч (магниевый протекторный универсальный и магниевый протекторный универсальный высокой частоты). Внутрь анода помещен контактный стальной сердечник (рис. 1).

Типы и размеры анодов и протекторов приведены в табл. 1, 2.

4.3. Комплектные протекторы с активатором типа ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У представляют собой магниевые аноды, упакованные в хлопчатобумажные мешки вместе с порошкообразным активатором (рис. 2). Размеры и масса протекторов с активатором указаны в табл. 3.

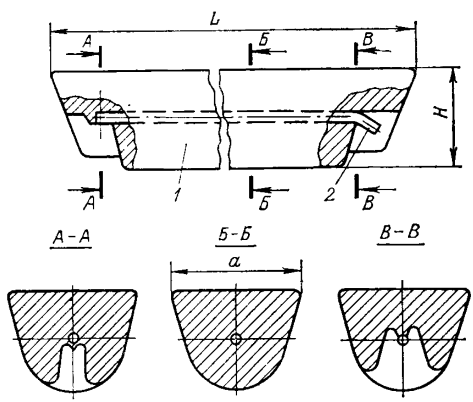


Рис. 1. Конструкция магниевых анодов типа ПМ.
1 — анод магниевый; *2* — сердечник контактный.

Таблица 1

Технические данные магниевых анодов

Тип анода	Размеры, мм		Масса, кг	Площадь рабочей поверхности, м²
	Условный диаметр	Длина		
ПМ-5	95	500	5	0,16
ПМ-10	123	600	10	0,23
ПМ-20	181	610	20	0,35

Таблица 2

Технические данные протекторов типа ПМ

Тип протектора	Тип магниевого анода	Размеры, мм			
		L	*H*	*a*	*d*
ПМ-5У	ПМ-5	500±10	75±5	100±5	5
ПМ-10У	ПМ-10	600±10	100±10	130±5	5
ПМ-20У	ПМ-20	610±10	155±10	175±5	5

4.4. К выводу контактного сердечника в заводских условиях подключен проводник ПСРП-1 или кабель ВРГ 1×2,5 длиной 3 м. Место подключения проводника (или кабеля) к сердечнику тщательно изолировано поливинилхлоридной изоляционной лентой, верхняя и нижняя воронки протектора залиты битумно-резиновой мастикой.

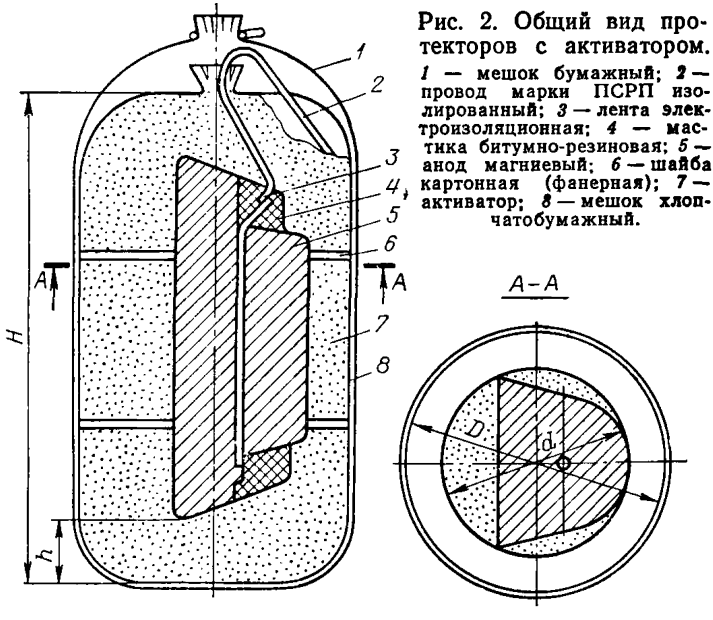


Рис. 2. Общий вид протекторов с активатором. *1* — мешок бумажный; *2* — провод марки ПСРП изолированный; *3* — лента электроизоляционная; *4* — мастика битумно-резиновая; *5* — анод магниевый; *6* — шайба картонная (фанерная); *7* — активатор; *8* — мешок хлопчатобумажный.

4.5. Активатор представляет собой порошкообразную смесь, имеющую следующий состав, %: гранулированный сернокислый натрий — 25; сернокислый кальций — 25; бентонитовая глина — 50.

4.6. Стационарные потенциалы комплектных протекторов с анодами из сплава МПУ и МПУвч соответственно равны —1,60 и —1,62 В относительно медносульфатного электрода сравнения. Теоретическая токоотдача составляет 2332 А·ч/кг.

Таблица 3

Технические данные протекторов с активатором

Тип протектора	Размеры, мм				Масса, кг, не менее
	H (не менее)	*n*	*d*	*D*	
ПМ-5У	580	40	115	165	16
ПМ-10У	700	50	144	200	30
ПМ-20У	710	50	206	270	60

4.7. Коэффициент полезного действия и поляризационное сопротивление протекторов зависят от анодной плотности тока. Эти зависимости представлены на рис. 3 и 4.

4.8. Допускается поставка магниевых анодов ПМ-5 и ПМ-10, ПМ-20 без активатора при условии специальной оговорки в спецификациях или заявочных ведомостях.

4.9. Для защиты от коррозии морских нефтепромыслов по ТУ 48—10—23 — 80 выпускаются гальванические магниевые аноды П1-69, П2-69, П3-69 и П4-69, которые могут быть применены и для защиты подземных сооружений.

Технические данные таких протекторов приведены в табл. 4.

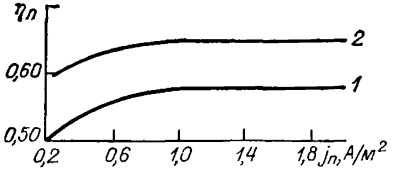


Рис. 3. Зависимость кпд ($\eta_п$) комплектных протекторов от анодной плотности тока ($j_п$).

1 — из сплава МПУ; *2* — из сплава МПУвч.

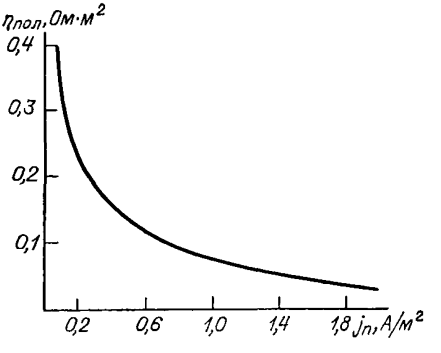


Рис. 4. Зависимость поляризационного сопротивления ($\eta_{пол}$) протектора от анодной плотности тока ($j_п$).

Таблица 4

Технические данные протекторов П1-69, П2-69, П3-69, П4-69

Типы протектора	Диаметр, мм	Длина, мм	Масса, кг		Площадь рабочей поверхности, м²
			установки	сердечника	
П1-69	170	600	32,8	2,8	0,4
П2-69	170	1200	64,2	4,2	0,8
П3-69	100	600	12,8	2,8	0,23
П4-69	100	1200	24,2	4,2	0,46

Протекторы этой серии выпускаются без активатора. При использовании их для подземных сооружений в проектах следует предусматривать активатор, количество которого зависит от размеров протектора и диаметра скважины. Состав активатора указан в п. 4.5.

4.10. Технические данные и характеристики протяженных прутковых или стержневых протекторов типа ПММ, разработанных ВНИИСТ, в настоящем документе не отражены, так как промышленное производство таких протекторов в настоящее время не освоено.

5. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТ ПРОТЕКТОРНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДОВ

5.1. При расчете протекторных установок последовательно определяют следующие величины: переходное сопротивление одиночного протектора $R_п$; силу тока протектора $I_п$; силу тока, необходимого для защиты определенного участка подземных коммуникаций; число необходимых для этого участка протекторов, срок их службы.

5.2. Переходное сопротивление одиночного протектора

$$R_п = R_р + R_{пол},$$

где $R_р$ — сопротивление растеканию одиночного протектора, Ом; $R_{пол}$ — поляризационное сопротивление протектора в активарис. 4).

5.3. Для вертикально установленного протектора в активa-

$$R_р = \frac{\rho_г}{2\pi l_а}\left(\ln\frac{2l_а}{d_а} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h + l_а}{4h - l_а} + \frac{\rho_а}{\rho_г}\ln\frac{d_а}{d_э}\right); \qquad (5.1)$$

где $\rho_г$ — удельное электросопротивление грунта на участке, на котором установлен протектор, Ом·м; $\rho_а$ — удельное электросопротивление активатора (наибольшее значение $\rho_а$ 5 Ом·м); $l_а$ — высота столба активатора, м; $d_а$ — диаметр комплектного протектора, м; $d_э$ — эквивалентный диаметр гальванического анода, м;

h — глубина установки протектора (расстояние от поверхности земли до середины протектора), м.

5.4. Для горизонтально установленного протектора с активатором

$$R_{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l_{\text{а}}}\left(\ln\frac{2l_{\text{а}}}{d_{\text{а}}} + \ln\frac{l_{\text{а}} + \sqrt{l_{\text{а}}^2 + 16h^2}}{4h} + \frac{\rho_{\text{а}}}{\rho_{\text{г}}}\ln\frac{d_{\text{а}}}{d_{\text{э}}}\right). \quad (5.2)$$

5.5. Для вертикально установленного протектора без активатора

$$R_{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l}\left(\ln\frac{2l}{d_{\text{э}}} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h+l}{4h-l}\right), \quad (5.3)$$

где l — длина протектора, м.

Для горизонтально установленного протектора

$$R_{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l}\left(\ln\frac{2l}{d_{\text{э}}} + \ln\frac{l^2 + \sqrt{l^2 + 16h^2}}{4h}\right). \quad (5.4)$$

При горизонтальной закладке протекторов без активатора небольшой длины ($l < h$)

$$R_{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l}\ln\frac{2l}{d}. \quad (5.5)$$

В случае протяженного горизонтального протектора (ленточного типа), когда $l > 12h$,

$$R_{\text{р}} = \frac{\rho_{\text{г}}}{2\pi l}\ln\frac{l}{\sqrt{d_{\text{э}}h}}. \quad (5.6)$$

5.6. Сопротивление растеканию магниевых протекторов типа ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У, выпускаемых отечественной промышленностью, может быть рассчитано по эмпирической формуле

$$R_{\text{р}} = A\rho_{\text{г}} + B, \quad (5.7)$$

где A — коэффициент, зависящий от размеров протектора и глубины его установки; B — коэффициент, зависящий от размеров протектора и удельного сопротивления активатора.

Значения этих коэффициентов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения коэффициентов A и B

Тип протектора	A	B
ПМ-5У	0,56	0,24
ПМ-10У	0,47	0,18
ПМ-20У	0,4	0,15

Таблица 6

Зависимость сопротивления растеканию комплектных протекторов от удельного электрического сопротивления грунтов

Тип протектора	Удельное сопротивление грунта, Ом·м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ПМ-5У	5,84	11,44	17,04	22,64	28,24	33,84	39,44	45,04	50,64	56,24
ПМ-10У	4,88	9,58	14,28	18,98	23,68	28,38	33,08	37,78	42,48	47,18
ПМ-20У	4,15	8,15	12,15	16,15	20,15	24,15	28,15	32,15	36,15	40,15

5.7. При ориентировочных расчетах предлагается использовать табл. 6, где приведены значения переходного сопротивления протекторов серии ПМ в условиях часто встречающихся грунтов.

5.8. Силу тока в цепи протектор — трубопровод для одиночного протектора, А, определяют по формуле

$$I_{\text{п}} = (\varphi_{\text{п}} - \varphi_{\text{с}} - k\varphi_{\text{э}} - cS_{\text{п}})/(R_{\text{р}} + R_{\text{пр}}), \qquad (5.8)$$

где $\varphi_{\text{э}} = \varphi_{\text{м}} - \varphi_{\text{с}}$ — минимальная защитная разность потенциалов, В; K — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения потенциалов «труба — земля», принимается 1,15; $\varphi_{\text{м}}$ — минимальный защитный потенциал «труба — земля», В; $\varphi_{\text{п}}$ — стационарный потенциал протектора, В; $\varphi_{\text{с}}$ — стационарный потенциал сооружения, В; c — коэффициент, учитывающий поляризацию протектора, в большинстве случаев $c = 0{,}004$ В/м^2; $S_{\text{п}}$ — площадь рабочей поверхности анода, м^2; ПМ-5У $S_{\text{п}} = 0{,}16$ м^2, ПМ-10У $S_{\text{п}} = 0{,}23$ м^2, ПМ-20У $S_{\text{п}} = 0{,}35$ м^2; $R_{\text{пр}}$ — сопротивление соединительных проводов, Ом.

Если $\varphi_{\text{п}}$ и $\varphi_{\text{с}}$ не известны, то в случае применения магниевых комплектных протекторов можно разность потенциалов $\varphi_{\text{п}} - \varphi_{\text{с}}$ считать равной 1 В.

5.9. Сила тока в цепи одиночный протектор — сооружение для сосредоточенных сооружений определяется по формуле

$$I_{\text{п}} = \Delta\varphi/(R_{\text{с}} + R_{\text{пр}} + R_{\text{и}}), \qquad (5.9)$$

где $\Delta\varphi$ — наложенная разность потенциалов «сооружение — земля», после подключения протектора принимается равной 0,75 В; $R_{\text{с}}$ — переходное сопротивление сооружения, равное сопротивлению гидроизоляции всей поверхности сооружения, $R_{\text{с}} = R_{\text{и}}/S$, где $R_{\text{и}}$ — удельное сопротивление битумной весьма усиленной изоляции, с учетом старения можно принять равной 500 Ом · м^2; S — площадь поверхности заземленной части сооружения, м^2.

5.10. Для проектируемых разветвленных подземных сооружений общий ток защиты определяется по формуле

$$I_{\text{э}} = 1{,}3j\sum S, \qquad (5.10)$$

где j — плотность тока, мА/м^2, необходимого для защиты газопроводов; рассчитывается по формуле (3) «Методических рекоменда-

ций по проектированию электрохимической защиты городских подземных сооружений».

5.11. Для существующих сооружений общий необходимый ток защиты определенного участка может быть определен по опытным включениям катодной защиты.

5.12. Необходимое число одиночных протекторов для защиты участка определяется по формуле

$$N = I_э / I_п. \qquad (5.11)$$

5.13. В целях эффективного использования и удобства контроля при эксплуатации протекторы размещают в группы. Количество групп, их местоположение и число протекторов в каждой из групп определяются в зависимости от условий их установки при проектировании.

5.14. Общее число протекторов при групповой их расстановке принимается по формуле

$$n_{гр} = I_э / (\eta_{э.\,ср} I_п), \qquad (5.12)$$

где $\eta_{э.\,ср}$ — средний коэффициент экранирования. Для протекторов типа ПМ при установке их в группах по 3—5 протекторов при расстоянии между ними 4—5 м в предварительных расчетах можно принять $\eta_{э.\,ср} = 0{,}85$.

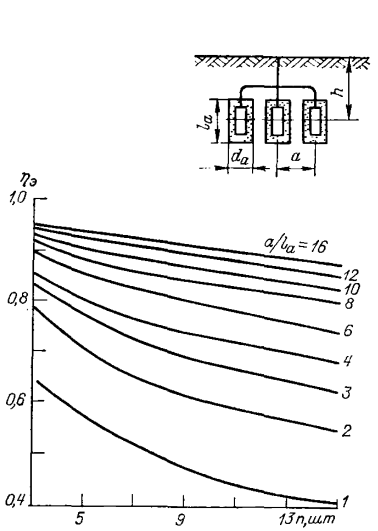


Рис. 5. Зависимость коэффициента экранирования ($\eta_э$) протекторов ПМ-5У от их числа (n) в группе и соотношения a/l_a.

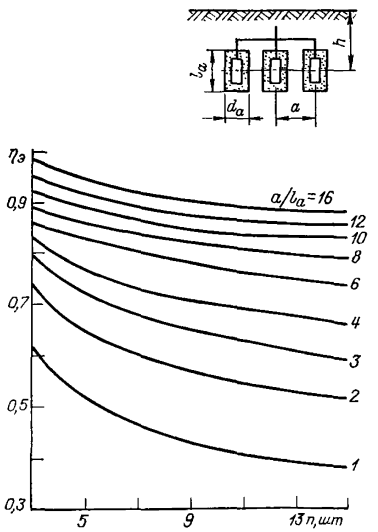


Рис. 6. Зависимость коэффициента экранирования ($\eta_э$) протекторов ПМ-10У, ПМ-20У от их числа (n) в группе и соотношения a/l_a.

5.15. После размещения протекторных групп и протекторов в группах на плане подземных сооружений уточняется сила тока каждой протекторной группы

$$I_{гр} = nI_{п}\eta_{э}, \qquad (5.13)$$

где $\eta_{э}$ — коэффициент экранирования, который находится по диаграммам, представленным на рис. 5 для протекторов ПМ-5У и на рис. 6 для протекторов ПМ-10У и ПМ-20У; n — число протекторов в группе, шт.

5.16. При установке в группе более трех протекторов с одноконтактным устройством большое значение имеет сопротивление соединительных проводников, в том числе контактных соединений. Сопротивление каждого механического контакта (зажима, скрутки) в цепи протектор — трубопровод можно принять равным 0,05 Ом.

5.17. Срок службы одиночных протекторов (в годах) вычисляют по формуле

$$T = Gq\eta_{и}\eta_{п}/(I_{ср} \cdot 8760), \qquad (5.14)$$

где G — масса протектора, кг; q — теоретическая токоотдача материала протектора, А·ч/кг; для протекторов из сплава МПУ и МПУвч $q = 2332$ А·ч/кг; $\eta_{п}$ — кпд протекторов (зависимость кпд комплектных протекторов от анодной плотности тока представлена на рис. 3); $\eta_{и}$ — коэффициент использования материала протектора; для ПМ-5У, ПМ-10У, ПМ-20У $\eta_{и} = 0{,}95$.

6. ПОЛЯРИЗОВАННАЯ ПРОТЕКТОРНАЯ ЗАЩИТА

6.1. Для защиты подземных сооружений, находящихся в районах с блуждающими токами, как правило, используются поляризованные протекторные установки.

6.2. Подключение протекторов к газопроводу производится через специальные контактные устройства, в которые вмонтированы малогабаритные панели с полупроводниковыми вентилями и другими элементами схемы.

6.3. Известные по справочной литературе схемы включения поляризованных протекторов используют германиевые полупроводниковые диоды, которые лучше включать параллельно в количестве 3—6 шт. Для таких схем рекомендуются также триоды ГТ403 в диодном включении. Порог открывания диодов должен быть в пределах 0,3—0,4 В.

6.4. При применении кремниевых диодов рекомендуется схема снижения порога открывания вентильного устройства (см. рис. 7). В качестве источника тока используется сухой элемент типа 373 «Марс».

Схема регулирования напряжения открывания и уменьшения прямого сопротивления вентильного устройства представлена на рис. 8.

Общий вид вентильного блока поляризованной протекторной защиты представлен на рис. 9.

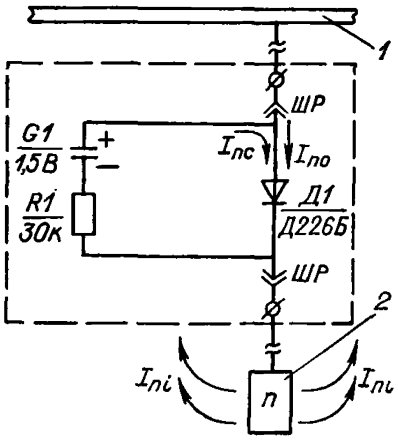


Рис. 7. Схема протекторного вентильного устройства со смещенным порогом открывания 0,3 В.
1 — защищаемое сооружение; *2* — протектор.

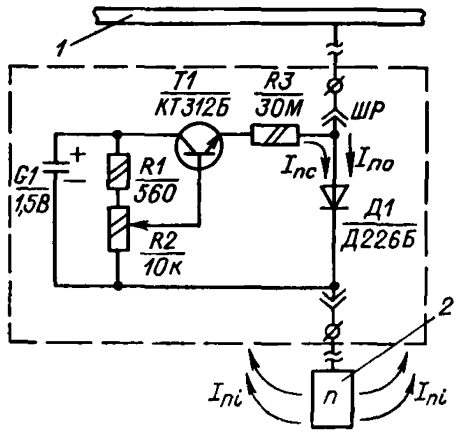


Рис. 8. Схема протекторного вентильного устройства с регулируемым порогом открывания.
1 — защищаемое сооружение; *2* — протектор.

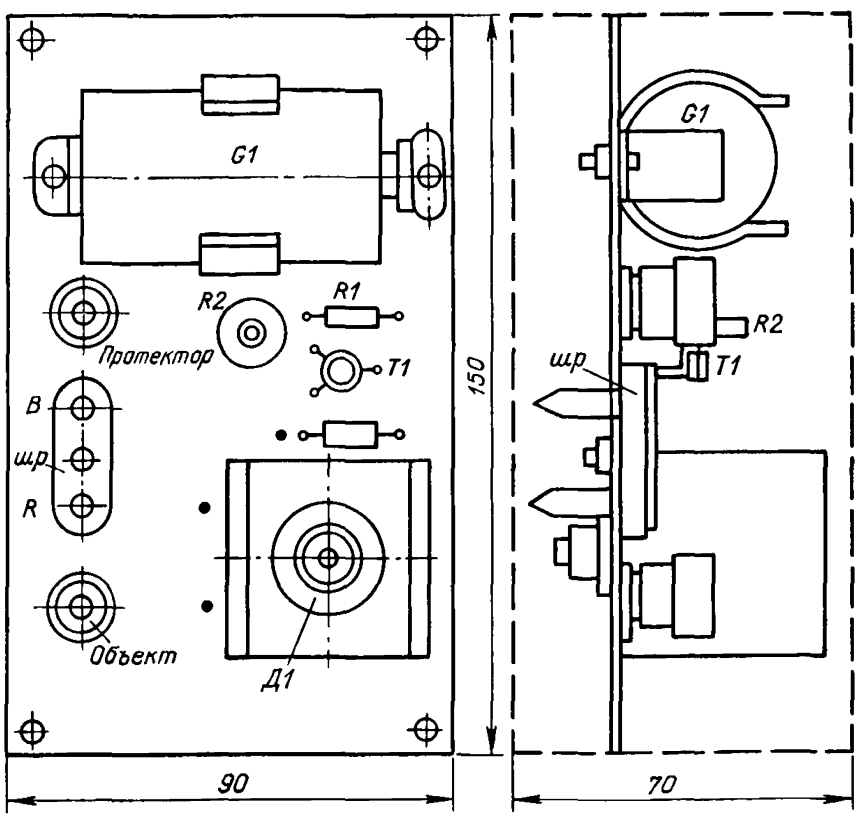


Рис. 9. Общий вид компоновки монтажной платы смещенного вентильного устройства в закрытой коробке.

7. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛНЕНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ПРОТЕКТОРНЫХ УСТАНОВОК

7.1. Рабочие чертежи протекторной защиты принимаются по альбому серии 4.900—5/74 «Узлы и детали электрозащиты подземных инженерных сетей от коррозии».

7.2. Контактные устройства должны быть в таком исполнении, которое исключает попадание грязи и влаги на клеммные зажимы и другие элементы схемы, т. е. должны располагаться:

— в закрытой коробке на стене;

— в контрольном железобетонном столбике;

— в металлической контрольно-измерительной колонке.

В качестве коробки используются протяжные коробки, изготавливаемые заводами Главэлектромонтажа, уплотненные резиновыми прокладками.

7.3. При использовании протекторов для контура заземления молниезащиты резервуаров сжиженных газов в качестве заземляющих проводников принимаются круглая сталь диаметром не менее 6 мм или полосовая сталь сечением не менее 48 мм^2.

Проводники должны быть изолированы поливинилхлоридной трубкой (стержни) или битумной изоляцией (стальные полосы) весьма усиленного типа. Соединения проводников с контактным сердечником протектора, резервуарами или трубопроводами, подходящими к резервуарам, должны быть сварными. Проводник протектора в этом случае отсоединяется от контактного сердечника.

7.4. В групповой установке проводники отдельных протекторов присоединяются к общей магистрали, выполненной одножильными кабелями типа АВРГ или АВВГ сечением не менее 16 мм^2, места соединения провода с магистралью тщательно изолируются полихлорвиниловой лентой и битумом (см. рис. 10). В качестве кон-

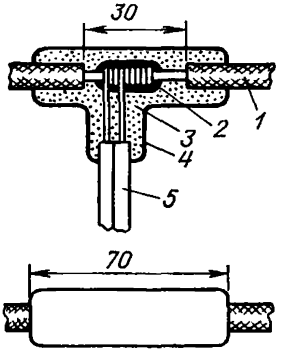


Рис. 10. Подключение проводника протектора к соединительному кабелю.

1 — кабель; *2* — припой; *3* — изоляция поливинилхлоридная; *4* — покрытие битумное; *5* — проводник протектора.

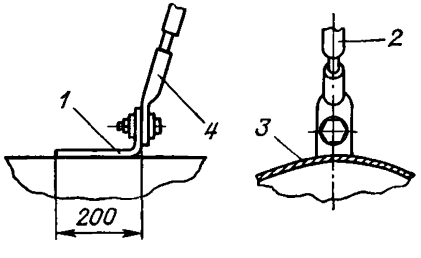


Рис. 11. Подключение кабеля электрозащиты к трубопроводу.

1 — уголок; *2* — кабель электрозащиты; *3* — трубопровод; *4* — наконечник.

тактных устройств с трубопроводами предпочтительно наружное соединение, пример которого дан на рис. 11.

Примечания. 1. ГОСТ 9.015—74 заменен на ГОСТ 9.015—74*. 2. СН 202—76 заменены на СН 202—81*. 3. Взамен «Инструкции по защите городских подземных трубопроводов от электрохимической коррозии». М., МЖКХ РСФСР, 1974, издана «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от электрохимической коррозии». М., 1982. 4. Взамен альбома серии 4.900—5/74 «Узлы и детали электрозащиты подземных инженерных сетей от коррозии» Мосгазниипроектом разработан альбом серии 5.905—6 «Узлы и детали электрозащиты подземных инженерных сетей от коррозии», 1982.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИМЕР ВЫБОРА ВИДА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

Задание

1. Предусмотреть защиту от почвенной коррозии вновь строящихся внутриквартального распределительного газопровода низкого давления с наружным диаметром 108 мм, длиной 240 м и дворовых вводов газопровода в жилые здания диаметром 57 мм общей длиной 300 м.

2. Выполнить технико-экономическое сравнение вариантов с катодной и протекторной защитой.

Дополнительные условия

1. Вновь строящийся газопровод врезается в действующий газопровод, обеспеченный катодной поляризацией, потенциал действующего газопровода в точке врезки — 0,85 В по МСЭ.

2. Среднее удельное электрическое сопротивление грунта составляет 40 Ом·м.

3. Вводы газопроводов оборудованы изолирующими фланцевыми соединениями.

4. Смежные подземные сооружения (чугунные водопроводные сети; теплопроводы с плохим защитным покрытием в каналах без изолирующих прокладок на опорах; кабели с пластмассовыми оболочками и покровами) электрохимической защите не подлежат.

Решение

По данным измерений параметров катодной защиты, смонтированной на соседних действующих газопроводах, находящихся в аналогичных рассматриваемому участку коррозионных условиях, плотность защитного тока $j=6$ мА/м².

1. Требуемая сила тока для защиты данных газопроводов находится по формуле (5.10):

$$I_з = 1{,}3j\Sigma S,$$

где j — плотность тока защиты, мА/м²; $\Sigma S = S_1 + S_2$, причем S_1 — площадь поверхности распределительного газопровода, м², и S_2 — площадь поверхности дворовых газопроводов, м².

$$S_1 = \pi \cdot 0{,}108 \cdot 218 = 74 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = \pi \cdot 0{,}057 \cdot 300 = 54 \text{ м}^2;$$

$$I_з = 1{,}3 \cdot 6 \cdot 128 = 1{,}0 \text{ А}.$$

2. По варианту катодной защиты потребуется установка катодной станции типа КСС-300 с устройством анодного заземления из угольно-графитовых электродов (3 электрода, глубина заложения 12 м).

3. По варианту протекторной защиты выбираем число протекторов по формуле (5.12):

$$n = I_з/(I_п\eta_э),$$

где $I_п$ — сила тока в цепи протектор — трубопровод для одиночного протектора, А; $\eta_э$ — средний коэффициент экранирования (по номограмме на рис. 5 $\eta_э=0{,}9$).

Учитывая, что грунты вдоль защищаемых газопроводов характеризуются довольно высоким удельным электрическим сопротивлением, принимаем протекторы с минимальной массой типа ПМ-5У.

Сила тока одного протектора подсчитывается по формуле (5.8):

$$I_п = (\varphi_п - \varphi_с - k\varphi_з - cS_п)/(R_{пр} + R_п),$$

где $\varphi_п - \varphi_с = 1$ В; $k=1{,}25$; $\varphi_з=0{,}30$ В; $S_п=0{,}16$ м². Сопротивление проводов с учетом всех контактных соединений $R_{пр}=0{,}1$ Ом. Сопротивление растеканию протектора определяем по формуле (5.7):

$$R_п = A\rho_г + B = 0{,}56 \cdot 25{,}0 + 0{,}24 = 14{,}24 \text{ Ом}.$$

Сила тока протектора

$$I_п = (1{,}6 - 0{,}55 - 1{,}15 \cdot 0{,}32 - 0{,}64 \cdot 0{,}16)/(14{,}24 + 0{,}1) = 0{,}04 \text{ А}.$$

Необходимое число протекторов

$$N = 1{,}0/(0{,}04 \cdot 0{,}85) = 28 \text{ шт}.$$

Принимаем с учетом топогеодезической подосновы 7 групп по 4 протектора типа ПМ-5У в каждой.

4. Результаты сметной части проекта (капитальные затраты) сводим в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Сумма по вариантам, руб	
	Катодная защита	Протекторная защита
Стоимость оборудования	343	—
Затраты на строительно-монтажные работы	1418	1867
Всего по капиталовложениям	1761	1867

5. **Эксплуатационные затраты.** Расчет годовых эксплуатационных расходов производится по формуле

$$C_i = A + Э + З;$$

где A — амортизационные отчисления на средства электрозащиты, руб; $Э$ — затраты на электроэнергию, руб; $З$ — затраты на обслуживание и ремонт устройств электрохимической защиты, руб.

Амортизационные отчисления при эксплуатации средств электрозащиты составляют 12 % от стоимости оборудования, т. е. учитываются только для варианта катодной защиты:

$$A_1 = 343 \cdot 0{,}12 = 41{,}2 \text{ руб}.$$

Затраты на потребляемую электроэнергию станций КСС-300 вычисляются по формуле

$$Э = PK_зTC_э,$$

где $P=0{,}515$ — потребляемая мощность станции, кВт·ч; $K_з=0{,}5$ — коэффициент загрузки по мощности; $T=8700$ ч — время работы катодной станции в году; $C_э=0{,}0145$ руб — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии.

Тогда

$$Э_1 = 0{,}515 \cdot 0{,}5 \cdot 8700 \cdot 0{,}0145 = 32{,}50 \text{ руб/год.}$$

Затраты на электроэнергию для варианта протекторной защиты нет.

Затраты на обслуживание защитных установок состоят из зарплаты обслуживающего персонала и транспортных расходов на периодические осмотры. Транспортные расходы у сравниваемых вариантов одинаковы и поэтому в настоящем расчете не учитываются.

Затраты на обслуживающий персонал подсчитываются по формуле

$$u = C_т t_п K m,$$

где $C_т$ — тарифная ставка электромонтера 5-го разряда; $C_т=0{,}89$ руб/ч; K — коэффициент, учитывающий премию к зарплате (20 %) и отчисления на социальное страхование (4,7 %); $t_п$ — норма времени одной проверки, $t_п=3{,}2$ чел.-ч; m — число проверок (измерений) в год.

Для варианта катодной защиты при $m=24$

$$u_1 = 0{,}89 \cdot 3{,}2 \cdot 1{,}247 \cdot 24 = 85{,}2 \text{ руб.}$$

Для варианта протекторной защиты при $m=2$

$$u_2 = 0{,}89 \cdot 3{,}2 \cdot 1{,}247 \cdot 2 = 7{,}1 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт *защитных установок рассчитываются по формуле*

$$З_р = M + P,$$

где M — стоимость материалов, необходимых для ремонта, руб; P — затраты на зарплату персонала, руб/год.

Стоимость материалов для ремонта катодной станции КСС-300 по данным горьковской конторы «Подземметаллзащита» составляет $M_1=17$ руб/год.

Учитывая, что профилактические ремонты протекторных установок производятся не чаще 1 раза в 3 года, расходы на материалы в среднем на одну протекторную группу составляют 0,8 руб/год, таким образом, $M_2=7 \cdot 0{,}8=5{,}6$ руб/год.

Затраты на зарплату ремонтного персонала:

а) по катодной защите определяются по формуле

$$P_1 = C_т t_{р1} k m,$$

Таблица 2

Наименование затрат	Показатели по вариантам, руб/год	
	Катодная защита	Протекторная защита
Амортизационные отчисления	41,2	—
Затраты на электроэнергию	32,5	—
Затраты на профилактическое обслуживание	85,2	7,1
Затраты на текущий ремонт	7,0	2,3
Всего эксплуатационных расходов	165,9	9,4

где $C_т$ — тарифная ставка электромонтера, $C_т = 0{,}89$ руб/ч; $t_{р1}$ — норма времени на ремонт катодной станции, $t_{р1} = 6{,}3$ чел.-ч; m — число ремонтов в году;

$$P_1 = 0{,}89 \cdot 6{,}3 \cdot 1{,}247 \cdot 1 = 7 \text{ руб/год.}$$

б) по протекторной защите (в 3 раза меньше)

$$P_2 = 2{,}3 \text{ руб/год.}$$

Годовые изменяющиеся эксплуатационные расходы по вариантам катодной и протекторной защиты сведены в табл. 2.

Годовой экономический эффект от выбора более экономичного варианта определяется по формуле

$$Э = (C_1 + E_н K_1) - (C_2 + E_н K_2),$$

где K_1 и K_2 — капитальные затраты по вариантам катодной и протекторной защиты, руб; C_1 и C_2 — текущие затраты по тем же вариантам, руб; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности;

$$Э = (165{,}9 + 0{,}15 \cdot 1761) - (9{,}4 + 0{,}15 \cdot 1867) = 155 \text{ руб/год.}$$

Таким образом, протекторная защита рассмотренных выше газопроводов является более экономичной.

gost.e-ecolog.ru