

ГОСТ Р 50571.10-96 "Заземляющие устройства и защитные проводники".
ГОСТ Р 50571.19-2000 "Защита электроустановок от грозовых и коммутационных перенапряжений".

3.2. Внешняя молниезащитная система

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. Их материал и сечения элементов выбирают по табл. 3.1.

Таблица 3.1 Материал и минимальные сечения элементов внешней МЗС

Уровень защиты	Материал	Сечение, мм ²		
		молниеприемника	токоотвода	заземлителя
I—IV	Сталь	50	50	80
I—IV	Алюминий	70	25	Не применяется
I—IV	Медь	35	16	50

Примечание. Указанные значения могут быть увеличены в зависимости от повышенной коррозии или механических воздействий.

Таблица 3.2 Толщина кровли, трубы или корпуса резервуара, выполняющих функции естественного молниеприемника

Уровень защиты	Материал	Толщина t не менее, мм
I—IV	Железо	4
I—IV	Медь	5
I—IV	Алюминий	7

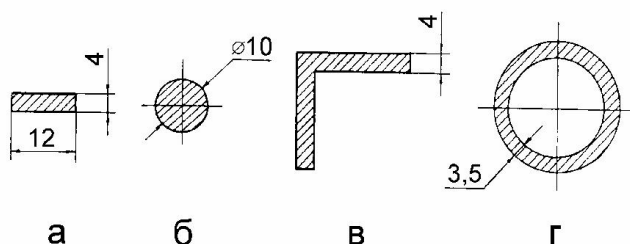


Рис. 1. Минимально-допустимые геометрические размеры сечений заземляющих элементов

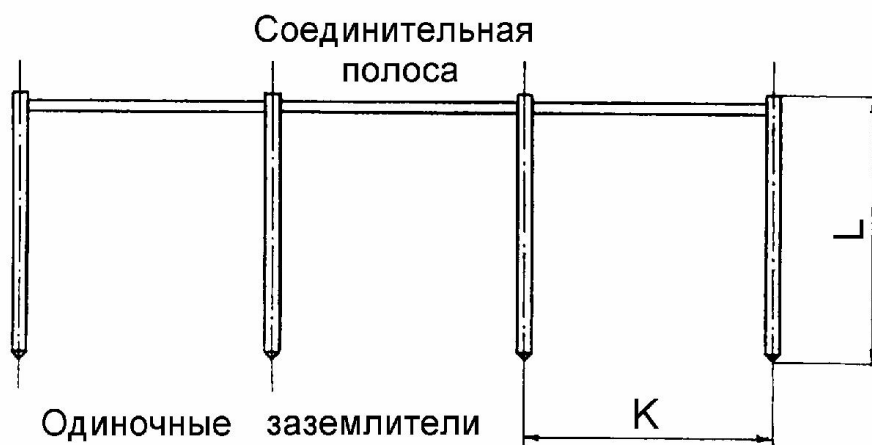


Рис. 3. Конструкция заземляющего устройства:
L – длина одиночного заземлителя; K – расстояние между соседними (смежными) заземлителями.

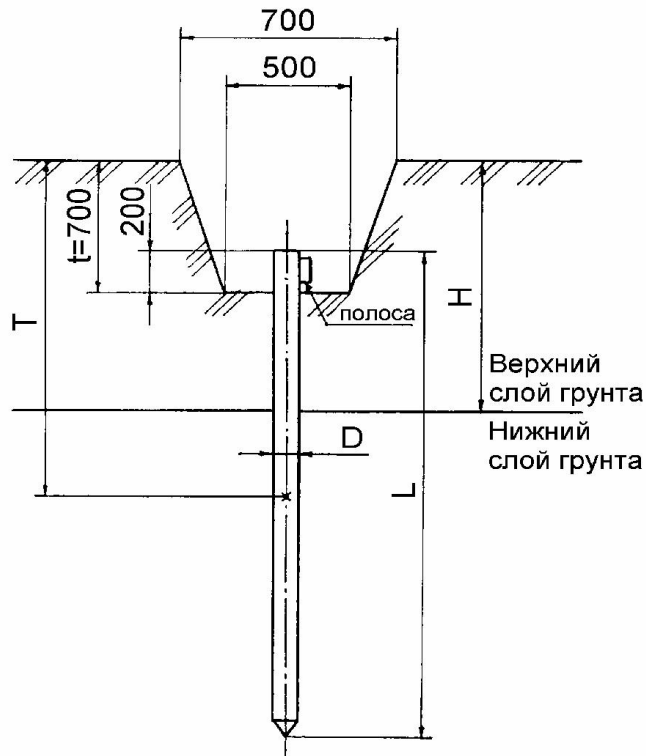


Рис. 2. Установка одиночного заземлителя в двухслойном грунте:

L – длина одиночного заземлителя; D – диаметр одиночного заземлителя;
H – толщина верхнего слоя грунта; T – заглубление заземлителя (расстояние от поверхности земли до середины электрода); t – глубина траншеи (заглубление соединительной полосы)

Основные понятия при расчете заземляющего устройства

Расчет заземляющего устройства сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы. Для расчета принимается, что одиночный вертикальный заземлитель представляет собой стержень, либо трубу малого диаметра.

1. Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_0 = [\rho_{\text{экв}} / 2\pi L] [\ln(2L/D) + 0,5 \ln((4T + L)/(4T - L))] \quad (1)$$

где L и D – длина и диаметр стержня соответственно, м; $\rho_{\text{экв}}$ эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м; T – заглубление электрода (расстояние от поверхности земли до середины электрода), м.

Применяется и такая формула:

$$R_0 = 0,366 \frac{\rho_{\text{экв}}}{L} \lg \left(\frac{4L}{D} \right) \quad (1a)$$

Эквивалентным удельным сопротивлением грунта $\rho_{\text{экв}}$ неоднородной структурой называется такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой. Если грунт двухслойный, эквивалентное удельное сопротивление определяется из выражения:

$$\rho_{\text{экв}} = \Psi \rho_1 \rho_2 L / [\rho_1 (L - H + t) + \rho_2 (H - t)] \quad (16)$$

где Ψ – коэффициент сезонности (по табл. 2 – для стержневых заземлителей); ρ_1 – удельное

сопротивление верхнего слоя грунта, Ом*м; ρ_2 – удельное сопротивление нижнего слоя грунта Ом*м; Н – толщина верхнего слоя грунта, м; t – заглубление полосы, м.

Одиночный заземлитель должен полностью пронизывать верхний слой грунта и частично нижний.

Таблица 1

Эквивалентное удельное сопротивление грунтов

Грунт	Удельное сопротивление $R_{\text{экв}}$, Ом*м	
	пределы колебаний	при влажности грунта 10...12%
Чернозем	9...53	20
Торф	9...53	20
Глина	8...70	40
Суглинок	40...150	100
Супесь	150...400	300
Песок	400...700	700

Заглубление полосы t принимается равным 0,7 м – это глубина траншеи (рис. 2). Величина удельного сопротивления грунта непостоянна и зависит от его влажности. Степень влажности грунта определяется в основном количеством выпавших осадков и процессами их высушивания. Поверхностные слои грунта подвержены значительным изменениям влажности. Вследствие этого сопротивление заземлителя будет тем стабильнее, чем глубже он расположен в грунте. Для уменьшения влияния климатических условий на сопротивление заземления верхнюю часть заземлителя размещают в грунте на глубину не менее 0,5-0,7 м. Следовательно, заглубление стержня можно определить по формуле:

$$T = (L/2) + t \quad (1в)$$

Таблица 2

Значения расчетных климатических коэффициентов сезонности сопротивления грунта

Заземлитель	Климатическая зона			
	I	II	III	IV
Стержневой	1,8...2,0	1,6...1,8	1,4...1,5	1,2...1,4
Полосовой	4,5...7,0	3,5...4,5	2,0...2,5	1,5...2,0

2. Определяем ориентировочное количество вертикальных заземлителей без учета сопротивления соединительной полосы:

$$n_0 = R_0/R_H \quad (2)$$

где R_H – нормируемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства согласно «ПУЭ» или техническому заданию Заказчика, Ом;

Применяется и такая формула:

$$n_0 = R_0\Psi/R_H \quad (2a)$$

Коэффициент сезонности Ψ второй климатической зоны (средняя температура января от -15 до -10°C , июля – от $+18$ до $+22^\circ\text{C}$) принимается равным 1,6...1,8.

3. Определяем сопротивление растеканию тока соединительной полосы:

$$R_{\pi} = 0,366 \frac{\rho_{\text{экв}} \Psi}{L_{\pi} \eta_{\pi}} \lg \frac{2L_{\pi}^2}{bt} \quad (3)$$

где L_{π} , b – длина и ширина соединительной полосы, м; t – заглубление соединительной

полосы; Ψ_{π} – коэффициент сезонности для полосы (по табл. 2 – для полосовых заземлителей); η_{π} – коэффициент использования полосы (табл. 3).

Применяется и такая формула:

$$R_{\pi} = 2 \frac{\rho_{\text{экв}} \Psi_{\pi}}{L_{\pi} \eta_{\pi}}. \quad (3a)$$

Длину полосы можно определить по предварительному количеству вертикальных заземлителей. Если принять, что они размещены в ряд, то длина полосы составит:

$$L_{\pi} = K(n_0 - 1) \quad (3б)$$

где K – расстояние между соседними вертикальными заземлителями, м.

4. Определяем сопротивление вертикальных заземлителей с учетом сопротивления растеканию тока соединительной полосы:

$$R_{\text{в}} = R_{\pi} R_{\text{н}} (R_{\pi} - R_{\text{н}}) \quad (4)$$

5. Определяем окончательное количество заземлителей:

$$n = R_0 / R_{\text{в}} \eta_{\text{с}} \quad (5)$$

где $\eta_{\text{с}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Так как токи, растекающиеся с параллельно соединенных одиночных заземлителей, оказывают взаимное влияние, возрастает общее сопротивление заземляющего контура, которое тем больше, чем ближе расположены вертикальные заземлители друг к другу. Это явление учитывается коэффициентом использования вертикальных заземлителей, величина которого зависит от типа и количества одиночных заземлителей, их геометрических размеров и взаимного расположения в грунте.

Таблица 3

Коэффициент использования вертикальных заземлителей $\eta_{\text{с}}$
и соединительной полосы η_{π}

Число заземлителей	Заземлители размещены в ряд		Заземлители размещены по замкнутому контуру	
	$\eta_{\text{с}}$	η_{π}	$\eta_{\text{с}}$	η_{π}
2	0,91	–	–	–
4	0,83	0,89	0,78	0,55
6	0,77	0,82	0,73	0,48
10	0,74	0,75	0,68	0,40
15	0,70	0,65	0,65	0,36
20	0,67	0,56	0,63	0,32
40	–	0,40	0,58	0,29

Примечание к таблице. Значения коэффициентов даны с учетом того, что отношение длины заземлителей к расстоянию между ними равно двум.

Найденное количество заземлителей округляем до ближайшего большего целого числа.

4*. Определяем сопротивление одиночного заземлителя с учетом коэффициента использования:

$$R_{\text{сп}} = R_0 / \eta_{\text{с}} \quad (4*)$$

5*. Определяем общее сопротивление вертикальных заземлителей с учетом сопротивления соединительной полосы:

$$R_B = R_{\Pi} R_H / R_{\Pi} - R_H \quad (5^*)$$

6*. Определяем окончательное количество заземлителей:

$$n = R_{\text{СП}} / R_B \quad (6^*)$$

Вычисленное количество заземлителей округляем до ближайшего большего целого числа.

Примечание №1. При выходе заземляющего устройства за пределы ограждения электроустановки горизонтальные заземлители, находящиеся вне территории электроустановки, следует прокладывать на глубине не менее 1 м. Внешний контур заземляющего устройства в этом случае рекомендуется выполнять в виде многоугольника с тупыми или скругленными углами («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 92).

По условиям механической прочности размеры заземлителей должны быть следующие (не менее): А). Диаметр круглых заземлителей, мм: неоцинкованных – 10, оцинкованных – 6. Б). Сечение прямоугольных заземлителей, мм² – 48. В). Толщина прямоугольных заземлителей, мм. – 4. Г). Толщина полок угловой стали, мм. – 4. Д). Толщина стенки труб, мм. – 3,5 (п. 4.8. РД 34.21.122-87).

Заземляющие проводники для повторных заземлений PEN-проводника должны иметь размеры не менее приведенных в табл. 1.7.4 («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 102).

Таблица 1.7.4

Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	16	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	100	4
	Угловой	-	100	4
	Трубный	32	-	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	12	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	75	3
	Трубный	25	-	2
Медь	Круглый	12	-	-
	Прямоугольный	-	50	2
	Трубный	20	-	2
	Канат многопроволочный	1,8*	35	

* Диаметр каждой проволоки.

В случае повышенной коррозионной опасности необходимы следующие мероприятия или их сочетания: использование стали круглого сечения; применение оцинкованных заземлителей; заполнение траншеи влажной утрамбованной глиной; увеличение сечения заземлителя (п. 4.9. РД 34.21.122-87). Места входа в грунт заземлителей и места пересечения ими грунтов с различной воздухопроницаемостью рекомендуется гидроизолировать (п. 4.10. РД 34.21.122-87).

Тип заземлителей и глубина их заложения должны быть такими, чтобы высыхание и промерзание грунта не вызывали превышения значения сопротивления растеканию

заземлителя свыше требуемого значения («ГОСТ Р 50571.10-96», п. 542.2.2). Не следует располагать (использовать) заземлители в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

При сооружении искусственных заземлителей в зонах с большим удельным сопротивлением земли ($\rho_{\text{гр}} \geq 500 \text{ Ом м}$) необходимы следующие мероприятия (п. 4.11. РД 34.21.122-87):

- установка вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление грунта снижается, а естественные углубленные заземлители, например скважины с металлическими обсадными трубами, отсутствуют;
- установка выносных заземлителей, если вблизи от электроустановок есть участки с меньшим удельным сопротивлением грунта;
- укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных грунтах влажного глинистого грунта или другого электропроводящего материала с последующей трамбовкой и засыпкой обратным грунтом до верха траншеи;
- применение искусственной обработки грунта с целью снижения его удельного сопротивления, если другие способы не могут быть применены или не дают необходимого эффекта;
- помещение заземлителей в непромерзающие водоемы и талые зоны;
- использование обсадных труб скважин;
- применение в дополнение к углубленным заземлителям горизонтальных заземлителей на глубине не менее 0,3 м, предназначенных для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;
- создание искусственных талых зон путем покрытия грунта над заземлителем слоем торфа или другого теплоизоляционного материала на зимний период и раскрытия его на летний период, а также использование электроподогрева.

Соединение частей заземлителя, а также соединение заземлителей с заземляющими проводниками следует выполнять при помощи сварки (рисунки 5, 6).

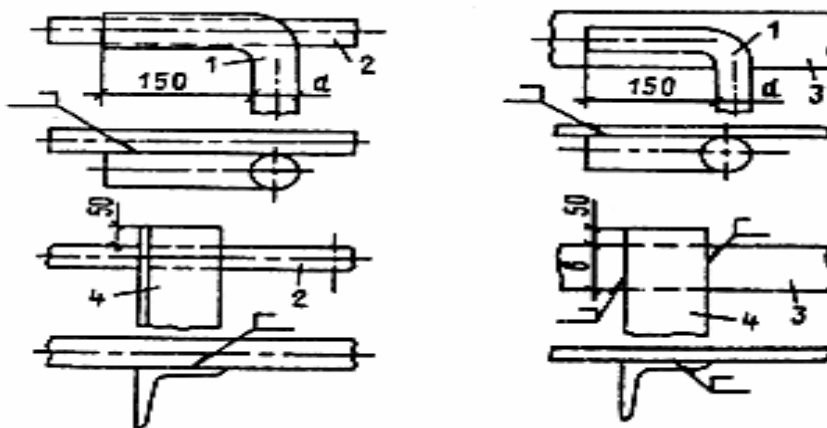


Рис. 5. Соединение заземляющих проводников с вертикальными заземлителями;

1 - стержневой заземлитель; 2 - заземляющий проводник из круглой стали;

3 - заземляющий проводник из полосовой стали; 4 - заземлитель из угловой

стали.

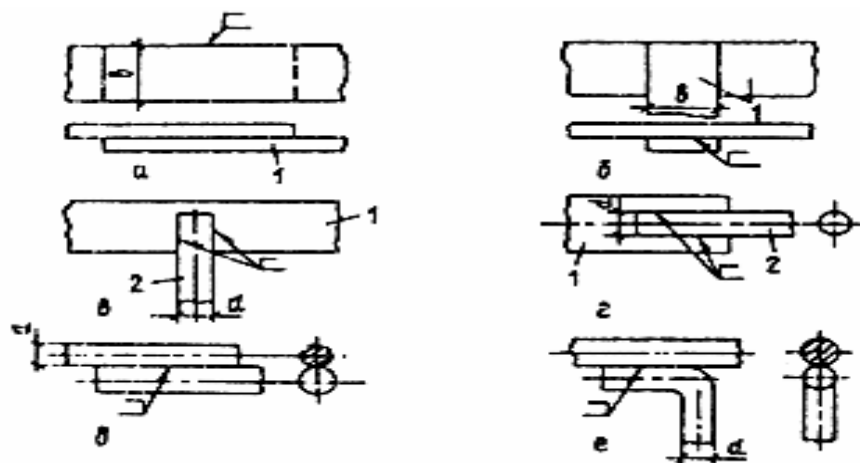


Рис. 6. Соединение заземляющих проводников с горизонтальными заземлителями: а) продольное соединение проводников из полосовой стали; б) - ответвление проводника из полосовой стали; в) - ответвление проводника из круглой стали; г) - продольное соединение проводников из полосовой и круглой стали; д) - продольное соединение проводников из круглой стали; 1 - стальная полоса; 2 - сталь круглая

Длина сварного шва должна быть не менее двукратной ширины проводников из полосовой стали. Высоту сварных швов принимают: для проводников из полосовой стали – по толщине полосы. Места соединения стыков после сварки, расположенные в помещениях, - должны быть окрашены (т.п. «А10-93»). Сварные швы, расположенные в земле, следует покрывать битумным лаком (п. 4.12. РД 34.21.122-87, т.п. «А10-93»).

При соединении заземлителей из круглой стали длина сварного шва должна быть не менее шести диаметров заземлителей (т.п. «Серия 3.407-150»).

Присоединение заземляющих проводников к трубопроводам должно осуществляться либо сваркой, либо с помощью хомута (рисунок 7).

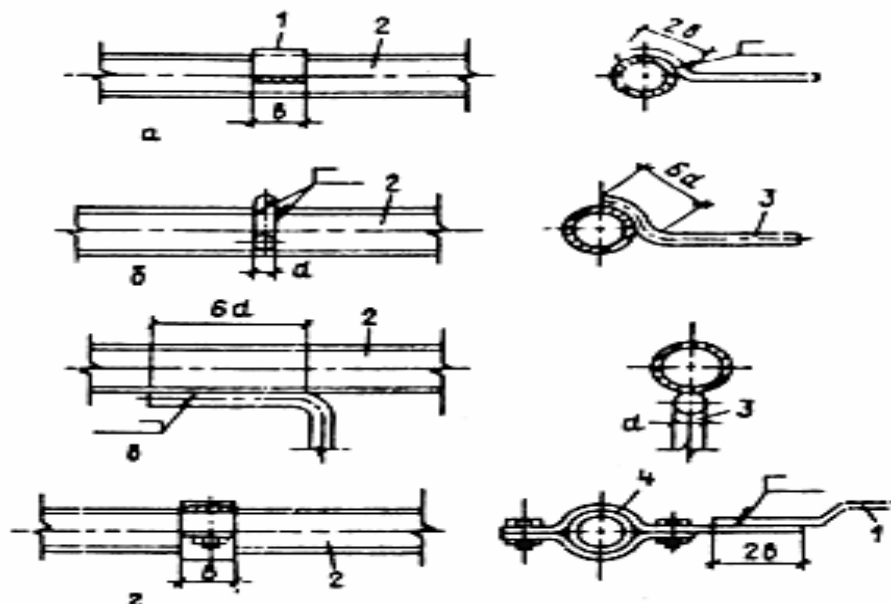


Рис. 7. Присоединение заземляющего проводника к трубопроводу сваркой (а-в) и с помощью хомута (г):

1 - заземляющий проводник из полосовой стали; 2 - трубопровод; 3 - заземляющий проводник на круглой стали; 4 – хомут.

Присоединение к трубопроводу заземляющего проводника с помощью хомута следует применять только в случае невозможности присоединения заземляющих

проводников сваркой. При установке хомутов контактная поверхность трубопровода должна быть зачищена до металлического блеска, а контактная поверхность хомутов - облужена. Хомуты должны быть изготовлены из полосовой стали шириной не менее 40 мм и толщиной 4 мм. Присоединение заземляющего проводника к хомуту следует выполнять сваркой (п. 4.13. РД 34.21.122-87).

Методика монтажа заземлителей

Вертикальные заземлители погружаются в грунт методами вибрирования или засверливания, забивкой или закладкой в готовые скважины. Погружение вертикальных электродов производится с таким расчетом, чтобы верх их был на 200-250 мм. выше дна траншеи (т.п. «Серия 3.407-150»). После монтажа в подготовленную траншею всех вертикальных заземлителей, - прокладываются горизонтальные заземлители. Производится отгиб концов вертикальных заземлителей в местах примыкания их к горизонтальному заземлителю по направлению оси траншеи. Соединение заземлителей между собой следует выполнять сваркой в нахлестку. Сварку следует выполнять по всему периметру нахлестки. Методика выполнения сварных соединений подробно описана выше. Для защиты от коррозии сварные стыки следует покрывать битумным лаком.

После устройства (монтажа) заземлителей производятся контрольные замеры их сопротивления. В случае, если сопротивление превышает нормируемое значение, - добавляются вертикальные заземлители для получения требуемой величины сопротивления.

Засыпка траншеи производится вручную или с использованием техники (например, бульдозера). Комплексная механизация монтажа заземлителей может быть осуществлена применением следующих технических средств:

- пневмоударной машины (пневмоударного молота) для забивки в грунт труб;
- вибропогружателя для забивки в грунт свай, труб, шпунтов;
- вибромолота (ударно-вибрационной машины) для погружения (забивки) в грунт, а также извлечения из него свай, шпунтов, труб;
- сваебойного гидромолота;
- сваедавливающей установки;
- трубчатого бура открытого типа (используется с дизель-молотом);
- кольцевой пневмоударной машины («ПУМ») для забивания в грунт и извлечения из грунта стержней (электродов заземления).


Грунты с повышенным содержанием крупных обломков (валунники) могут проходиться комбинированными способами (колонковым бурением, забивкой).

Присоединение **РЕ** проводников к заземлителям, заземляющему контуру и к заземляющим конструкциям должно быть выполнено сваркой, а к корпусам аппаратов, машин и опор воздушных линий электропередачи - сваркой или надежным болтовым соединением. **РЕ** проводники должны иметь покрытие, предохраняющее от коррозии (п.п. 4.15, 4.16. РД 34.21.122-87). Для защиты от коррозии болтовые соединения покрываются консервирующей смазкой (например, ЦИАТИМ-201).

Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Допускается в помещениях и в наружных установках без агрессивных сред соединять заземляющие и нулевые защитные проводники другими способами, обеспечивающими требования «ГОСТ 10434» («Соединения контактные электрические. Общие технические требования») ко 2-му классу соединений. Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений. Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 139).

Проводники защитного заземления во всех электроустановках, а также нулевые защитные проводники в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в т.ч. шины, должны иметь буквенное обозначение **РЕ** (protective earth – защитное заземление) и цветовое обозначение чередующимися продольными или поперечными полосами одинаковой ширины (для шин от 15 до 100 мм) желтого и зеленого цветов («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.1, п. 29). Такая окраска является международным способом обозначения защитных проводников в соответствии со стандартом МЭК 446-89 («ГОСТ 50462-92»). Допустимо обозначение указанных выше защитных проводников желто-зелеными полосами не по всей длине, а только в местах их контактных соединений: между собой и со сторонними и открытыми проводящими частями, а также в местах для присоединения переносных инструментов и приборов. Такое обозначение в перечисленных выше местах допускается, если при этом практически исключены ошибки при идентификации защитных проводников на участках, обозначенных другим (черным) цветом (например, с любого места в распределительном устройстве можно определить принадлежность данного проводника к защитным). Цветовое обозначение заземляющих проводников рабочего (функционального) заземления не нормируется.

Заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1 кВ, должен иметь сечение не менее: медный - 10 кв.мм, алюминиевый - 16 кв.мм, стальной - 75 кв.мм («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 117).

У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть предусмотрен опознавательный знак  («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 118).

Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства в удобном месте должна быть предусмотрена возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках напряжением до 1 кВ таким местом, как правило, является главная заземляющая шина (ГЗШ). Для проведения измерений сопротивления растекания заземляющего устройства на ГЗШ должно быть предусмотрено разборное соединение заземляющего проводника, подключаемого к заземляющему устройству. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента («ПУЭ», 7-е издание, глава 1.7, п. 116).

Общие положения по проектированию и расчету заземлителей

Исходными данными при проектировании заземляющих устройств зданий и сооружений являются параметры электрической структуры земли и требования по величинам сопротивления заземления. Удельные сопротивления грунтов (ρ , выражается в Ом*м) и толщина слоев грунта с различными значениями ρ могут быть получены непосредственно при измерениях по площадке проектируемого контура заземления или по данным замеров удельных сопротивлений аналогичных грунтов в ближайшем районе (населенном пункте). При отсутствии данных прямых измерений удельного сопротивления грунта проектировщикам следует пользоваться полученными от изыскателей геологическим разрезом грунта в данном районе (населенном пункте) и обобщенными значениями удельных сопротивлений различных грунтов (приведенными в соответствующих справочниках).

1. Сопротивление одного вертикального заземлителя из уголкового стали:

$$r_{\epsilon} = 0,366 \frac{k_1 \rho}{l_{\epsilon}} \left(\lg \frac{2l_{\epsilon}}{0,95b} + 0,5 \lg \frac{4t + l_{\epsilon}}{4t - l_{\epsilon}} \right), \text{ Ом}$$

Обозна-	Наименование	Ед.	Значе-
---------	--------------	-----	--------

чение		изм.	ние
l_b	длина заземлителя	метр	5
b	Ширина стороны электрода	метр	0,05
t	расстояние от поверхности земли до середины заземлителя	метр	2,25
ρ	удельное сопротивление грунта	Ом*м	100
k_1	поправочный коэффициент (для удельного сопротивления грунта) для вертикального электрода		1,45

$$r_{\theta} = 45,559 \text{ Ом}$$

2. **Предполагаемое количество вертикальных заземлителей:**

$$n_{np} = \frac{r_{\theta}}{R_n c}$$

Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Значение
R_n	Нормируемое сопротивление растеканию тока в землю	Ом	2
c	Коэффициент, учитывающий будущее значение коэффициента использования электродов	метр	0,5

$$n_{np} = 45,56 \text{ шт. , округляем } n_{np} = 50 \text{ шт.}$$

Предполагаемая длина горизонтального заземлителя при расположении электродов по контуру:

$$3. \quad l_{\varepsilon} = (n_{np} - 1)h$$

Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Значение
h	Расстояние между заземлителями	метр	2,5

$$l_r = 122,5 \text{ м}$$

Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$4. \quad r_{\varepsilon} = 0,366 \frac{k_2 \rho}{l_{\varepsilon}} \lg \frac{2l_{\varepsilon}^2}{bt}, \text{ Ом}$$

Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Значение
l_r	длина заземлителя	метр	112,5
b	ширина стальной полосы	метр	0,04
t	глубина заложения	метр	1
ρ	удельное сопротивление земли	Ом*м	100
k_2	поправочный коэффициент (для удельного сопротивления грунта) для горизонтального электрода		3,5

$$r_2 = 6,606 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление заземлителей:

$$5. \quad R_{об} = \frac{r_6 r_2}{\eta_2 r_6 + \eta_6 n_{пр} r_2}$$

Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Значение
$\eta_{г}$	Коэффициент использования горизонтальных электродов		0,22
$\eta_{в}$	Коэффициент использования вертикальных электродов		0,42

Коэффициенты использования заземлителей (электродов) учитывают структуру построения системы заземлителей (в ряд, по контуру), число заземлителей (труб, уголков), отношение расстояния между заземлителями к длине заземлителей и пр. параметры.

n - число заземлителей

$n=9 \quad 10 \quad \text{шт.}$

Принятое число заземлителей соответствует требованию

Расчет контура заземления

Исходные данные:

Для рабочего заземления и заземления молниезащиты объекта Заказчика предусмотрен единый контур заземления и применена система типа «TN-C-S». Контур проложен по периметру здания. Для горизонтальных заземлителей используется сталь полосовая 4х40 мм. (глубина заложения 500 мм.). Для вертикальных заземлителей используется сталь угловая с ребром 40 мм. длиной 3000 мм. (глубина заложения 500 мм. от поверхности земли до верхнего конца стержня).

Грунт – влагонасыщенный песок с удельным сопротивлением $\rho = 200 \text{ Ом*м}$. Климатическая зона - II. Нормируемое сопротивление заземляющего устройства $R_z = 4 \text{ Ом}$.

Для вертикальных заземлителей $\rho_v = k_c \cdot \rho = 1.5 \cdot 200 = 300 \text{ Ом*м}$;

Для горизонтальных заземлителей $\rho_g = k'_c \cdot \rho = 3.5 \cdot 200 = 700 \text{ Ом*м}$;

Количество вертикальных заземлителей $n_v = 33$;

Длина горизонтального заземлителя $l = 385 \text{ м}$;

Сопротивление одного вертикального заземлителя:

$$R_6 = \frac{0.366 \cdot \rho_{ps}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t' + l}{4 \cdot t' - l} \right) = \frac{0.366 \cdot 300}{3} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0.95 \cdot 0.04} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2.0 + 3}{4 \cdot 2.0 - 3} \right) = 86,06 \text{ Ом}$$

Коэффициент использования $\eta_v = 0,7$.

Коэффициент использования $\eta_g = 0,4$.

Сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_{63} = \frac{R_6}{\eta_6 \cdot n_6} = \frac{86,06}{0.97 \cdot 33} = 3,72 \text{ Ом}$$

Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_z = \frac{0.366 \cdot \rho_{z3} \cdot l^2}{l} \cdot \lg \frac{l^2}{d \cdot t} = \frac{0.366 \cdot 700}{385} \cdot \lg \frac{2 \cdot 385^2}{0.04 \cdot 1} = 4,57 \text{ Ом}$$

$$R_{z3} = \frac{R_z}{\eta_z} = \frac{4,57}{0.4} = 11,42 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление системы заземления:

$$R_3 = \frac{R_6 \cdot R_z}{R_6 + R_z} = \frac{3,72 \cdot 11,42}{3,72 + 11,42} = 2,77 \text{ Ом} < R_{з.норм} = 4 \text{ Ом}$$

Для обеспечения проведения замеров сопротивления заземлителя предусмотрена возможность отсоединения контура заземления от ГЗШ и **металлических колонн здания**. После выполнения замеров, если сопротивление окажется больше нормируемого, необходимо смонтировать дополнительные вертикальные электроды.

Молниезащита здания выполнена в соответствии с “Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений” РД 34.21.122-87 – по III категории.

В качестве молниеприемника используется молниеприемная сетка из круглой стали диаметром 8 мм. с размером ячейки 12х12 м., укладываемая на кровлю. Также в местах обслуживаемой части кровли и для защиты оборудования, размещенного на кровле, установлены дополнительные молниеприемники, которые присоединяются к молниеприемной сетке. Токоотводы прокладываются от сетки по наружным стенам здания через каждые 24 м. Токоотводы молниезащиты присоединяются к контуру заземления. В местах присоединения токоотводов к заземлителю предусмотрены вертикальные заземлители (см. «План заземления и молниезащиты»).