



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
**«РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»**  
(ОАО «РЖД»)

**РАСПОРЯЖЕНИЕ**

« 22 » июля 2016 г.

Москва

№ 1478р

**Об утверждении СТО РЖД 08.026-2015  
«Устройства железнодорожной инфраструктуры.  
Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений.  
Устройства молниезащиты и заземления технических средств.  
Технические требования»**

В целях приведения устройств молниезащиты и заземления технических средств железнодорожной инфраструктуры в соответствие требованиям Концепции комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 24 декабря 2013 г. № 2871р, и международных стандартов, установления требований по проектированию устройств молниезащиты и заземления объектов железнодорожной инфраструктуры утвердить и ввести в действие с 1 сентября 2016 г. прилагаемый СТО РЖД 08.026-2015 «Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования».

Старший вице-президент  
ОАО «РЖД»



В.А.Гапанович



---

**С т а н д а р т**  
**О А О «Р Ж Д»**

**СТО РЖД**  
**08.026–**  
**2015**

---

**Устройства железнодорожной инфраструктуры**

**ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНЫХ И  
КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

**Устройства молниезащиты и заземления  
технических средств. Технические требования**

**Москва**

# СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН закрытым акционерным обществом «ФОРАТЕК АТ» (ЗАО «ФОРАТЕК АТ»)

2 ВНЕСЕН Управлением автоматики и телемеханики Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ распоряжением ОАО «РЖД» от 22 07 2016 г. № 1478р

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

©ОАО «РЖД», 2016

Воспроизведение и (или) распространение настоящего стандарта, а также его применение сторонними организациями осуществляется в порядке, установленном ОАО «РЖД».

## Содержание

1	Область применения.....	1
2	Нормативные ссылки .....	1
3	Термины и определения.....	4
4	Обозначения и сокращения .....	6
5	Требования к устройствам внешней молниезащиты .....	6
5.1	Выбор надежности внешней молниезащиты .....	6
5.2	Построение внешней системы молниезащиты .....	15
5.3	Требования к элементам системы внешней молниезащиты .....	19
6	Требования к устройствам заземления технических средств инфраструктуры, подлежащих обязательному заземлению .....	24
6.1	Основные принципы выполнения систем заземления.....	24
6.2	Заземляющие устройства зданий и сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры.....	26
6.3	Системы уравнивания потенциалов зданий и сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры.....	31
6.4	Заземление проводящих коммуникаций .....	39
6.5	Заземляющие устройства элементов системы внешней молниезащиты.....	42
6.6	Требования к элементам заземляющих устройств и их соединениям ..	48
6.7	Меры защиты от напряжения шага и прикосновения.....	50
6.8	Заземляющие устройства трансформаторных подстанций и линейных устройств системы электроснабжения.....	53
7	Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и технического содержания устройств внешней молниезащиты и заземлений ....	80
7.1	Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и технического содержания систем внешней молниезащиты .....	80
7.2	Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и	

# СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

технического содержания систем заземления .....	82
Приложение А (обязательное) Типовые зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов.....	85
Приложение Б (обязательное) Требования к компьютерным программам или программным комплексам для расчетов параметров заземляющих устройств...	96
Приложение В (обязательное) Расчет глубины коррозии.....	98
Библиография.....	100

## **Введение**

Разработка настоящего стандарта вызвана необходимостью:

- приведения Технических требований к устройствам молниезащиты и заземляющим устройствам железнодорожной инфраструктуры в соответствие с требованиями «Концепции комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока», утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 24 декабря 2013 г. №2871р и международных стандартов;

- повышения эффективности эксплуатационных и экономических показателей технических средств инфраструктуры ОАО «РЖД» путем установления порядка и объема применения требований по построению системы молниезащиты железнодорожной инфраструктуры;

- технического регулирования вопросов нормирования и построения систем молниезащиты и заземляющих устройств с учетом технических требований хозяйств железнодорожной инфраструктуры.

Настоящий стандарт является составной частью нормативной базы по системе комплексной защиты технических средств и объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений.

## Стандарт ОАО «РЖД»

---

### Устройства железнодорожной инфраструктуры

### ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНЫХ И КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ.

### Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

---

Дата введения – 2016-\_\_-\_\_

#### 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к устройствам внешней молниезащиты и заземления служебно-технических зданий и сооружений, включая входящие в них технические системы и устройства, обеспечивающие управление перевозочным процессом, в условиях воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Настоящий стандарт распространяется на проектируемые, разрабатываемые, модернизируемые и устанавливаемые для нужд ОАО «РЖД» системы заземления и молниезащиты, и предназначен для применения подразделениями аппарата управления ОАО «РЖД», филиалами и иными структурными подразделениями ОАО «РЖД».

Применение настоящего стандарта сторонними организациями оговаривается в договорах (соглашениях) с ОАО «РЖД».

#### 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

ГОСТ 10434–82 Соединения контактные электрические.

Классификация. Общие технические требования

ГОСТ 12.1.030–81 Система стандартов безопасности труда.

Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда.

Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

ГОСТ 14312–79 Контакты электрические. Термины и определения

ГОСТ 21130–75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ 26522–85 Короткие замыкания в электроустановках. Термины и определения

ГОСТ 30030–93 (МЭК 742-83) Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы. Технические требования

ГОСТ 30331.1-2013 (IEC 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения

ГОСТ 32895-2014 Электрификация и электроснабжение железных дорог. Термины и определения

ГОСТ Р 12.1.009-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения

ГОСТ Р 12.1.019–2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ Р 12.4.026-2001 Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 50571-4-44-2011 (МЭК 60364-4-44:2007) Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности.

Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех

ГОСТ Р 50571.5.54-2013 (МЭК 60364-5-54:2011) Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов

ГОСТ Р 52736–2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания

ГОСТ Р 53431-2009 Автоматика и телемеханика железнодорожная. Термины и определения

ГОСТ Р 55056-2012 Транспорт железнодорожный. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ Р 55602–2013 Аппараты коммутационные для цепи заземления тяговой сети и тяговых подстанций железных дорог. Общие технические условия

ГОСТ Р МЭК 60050-195–2005 Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения

ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы

ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска

ГОСТ Р МЭК 62561.1-2014 Компоненты системы молниезащиты. Часть 1. Требования к соединительным компонентам

ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю, который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 14312, ГОСТ 26522, ГОСТ 30331.1, ГОСТ 32895, ГОСТ Р 12.1.009, ГОСТ Р 53431, ГОСТ Р 55056, ГОСТ Р МЭК 60050-195 и ГОСТ Р МЭК 62305-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 вероятность прорыва молнии:** Вероятность  $P$  удара молнии в объект, защищаемый молниеотводами.

**3.2 зона защиты от прямых ударов молнии:** Область пространства, отличающаяся тем, что вероятность удара молнии в объект, целиком размещенный в его объеме, не превышает заданной величины.

Примечание - зона защиты от прямых ударов молнии, как правило, совпадает с зоной защиты от молнии  $O_A$ .

**3.3 молниеприемник:** Часть молниеотвода, предназначенная для перехвата молний.

**3.4 периметральный заземлитель (периметральный контур заземления):** замкнутый горизонтальный заземлитель, прокладываемый по периметру заземляемого оборудования или охватывающий площадь, занятую заземляемым оборудованием.

**3.5 сооружение:** Результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и

предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов.

**3.6 техническое средство:** Любое электротехническое, электронное и радиоэлектронное изделие, а также любое изделие, содержащее электрические и (или) электронные составные части.

Примечание - Техническое средство может быть устройством, оборудованием, системой или установкой

[ГОСТ Р 50397-2011, Приложение ДБ]

**3.7 токоотвод:** Часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

**3.8 шина уравнивания потенциалов (ШУП):** Проводник, прокладываемый между различными заземляющими устройствами или элементами заземляющего устройства для уравнивания потенциалов.

**3.9 внешняя система защиты от молнии (external lightning protection system):** Часть системы молниезащиты, состоящая из системы молниеприемников, системы токоотводов и системы заземления.

[ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010, статья 3.43]

**3.10 молниеотвод:** Совокупность молниеприемников и токоотводов соединенных вместе, предназначенная для перехвата молний и отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

### 4 Обозначения и сокращения

В настоящем документе применены следующие обозначения и сокращения:

ГЗШ – главная заземляющая шина;

ЖАТ - железнодорожная автоматика и телемеханика;

НЗШ – наружная заземляющая шина;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

СЦБ – сигнализация, централизация и блокировка;

СУП – система уравнивания потенциалов;

УЗИП - устройство защиты от импульсных перенапряжений;

LPL – уровень защиты от молнии;

### 5 Требования к устройствам внешней молниезащиты

#### 5.1 Выбор надежности внешней молниезащиты

5.1.1 Система внешней молниезащиты должна обеспечивать защиту от прямых ударов молнии защищаемых зданий, сооружений, технических средств, технологического оборудования, а также обслуживающего персонала с заданной надежностью. Система внешней молниезащиты, совместно с системой заземления технических средств железнодорожной инфраструктуры, также должна минимизировать влияние вторичных проявлений молниевых разрядов на защищаемое оборудование. Создание специальной системы внешней молниезащиты зданий и сооружений необходимо в тех случаях, когда защита зданий/сооружений не обеспечена естественными молниеприемниками или внешней системой молниезащиты других сооружений, например, элементами контактной сети, и других сооружений, указанных в 5.2.4.

Выбор основных параметров системы внешней молниезащиты, таких как надежность и максимальный ток молнии (на который рассчитана система молниезащиты), следует определять по ожидаемому количеству ударов молнии в объект.

5.1.2 Количество ударов молнии в год в объект определяется количеством ударов молнии в площадь сбора разрядов самого здания/сооружения и/или его системы молниезащиты, и наличием либо отсутствием возле здания/сооружения других объектов. Количество ударов молнии в год в объект определяют по формуле:

$$N_D = N_g \cdot S_{сб} \cdot C_D \cdot 10^{-6}, \quad (5.1)$$

где  $N_g$  – плотность ударов молнии в землю,  $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$ ;

$S_{сб}$  – площадь сбора молниевых разрядов или площадь области защиты, согласно Приложению А ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010,  $\text{м}^2$ ;

$C_D$  – коэффициент местоположения, учитывающий влияние других объектов.

Плотность ударов молнии в землю  $N_g$  определяют по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта. В случае если таких данных нет, плотность ударов молнии в землю  $N_g$ , рассчитывают по следующей формуле:

$$N_g = 6,7 \cdot T_h / 100, \quad (5.2)$$

где  $T_h$  – средняя продолжительность гроз в год, час.

Средняя продолжительность гроз в этом случае определяют по региональным картам интенсивности грозовой деятельности, либо по средним многолетним (не менее 10 лет) данным метеостанции, самой близкой к месту расположения объекта.

Площадь сбора молниевых разрядов  $S_{сб}$  или площадь защиты для изолированных зданий/сооружений на равнинной местности представляет собой область, образуемую на поверхности земли основаниями конусов с вершинами в самых высоких точках здания/сооружения, с высотами,

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

перпендикулярными поверхности земли и радиусами основания, равными трем высотам.

Для прямоугольного здания  $S_{сб}, м^2$ , определяют по следующей формуле:

$$S_{сб} = LW + 6H \cdot (L+W) + \pi(3H)^2, \quad (5.3)$$

где  $L$ ,  $W$  и  $H$  – соответственно длина, ширина и высота здания/сооружения, м.

Для сосредоточенного объекта, такого как, например, мачта, формула (5.3) принимает вид:

$$S_{сб} = \pi(3H)^2. \quad (5.4)$$

Для объекта сложной формы площадь сбора разрядов определяют как площадь области, объединяющей все области, построенные для каждого элемента, конструкции, здания или сооружения, относящихся ко всему рассматриваемому объекту в целом, согласно Приложению А ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010.

Коэффициент местоположения  $C_D$  определяется местоположением объекта относительно окружающих его объектов согласно таблице 5.1. Для более точных расчетов допускается применять промежуточные значения.

Т а б л и ц а 5.1 – Коэффициент местоположения  $C_D$

Относительное местоположение	$C_D$
Объект окружен более высокими объектами, и их площадь сбора разрядов полностью закрывает площадь сбора разрядов рассматриваемого объекта, но при этом окружающие объекты не обеспечивают защиту объекта от ударов молнии с заданной надежностью	0,25
Объект окружен другими объектами сравнимой высоты, и их площадь сбора разрядов закрывает не менее половины площади сбора разрядов рассматриваемого объекта	0,5
Объект окружен другими объектами значительно меньшей высоты (рассматриваемый объект более чем в 5 раз выше окружающих объектов) либо в площади сбора разрядов рассматриваемого объекта отсутствуют другие объекты	1
Объект находится на возвышенности и в площади сбора разрядов рассматриваемого объекта отсутствуют другие объекты	2

*Пример – необходимо определить ожидаемое количество ударов молнии в год в объект, состоящий из здания, имеющего размеры 10х10 метров и высоту 3 метра, и мачты, установленной на углу здания имеющей высоту 20 метров. Мачта обеспечивает защиту здания от прямых ударов молнии с надежностью 0,99. Вокруг объекта находится редкий кустарник высотой не более 0,5 метра. Средняя продолжительность гроз в месте расположения объекта  $T_H=40$  часов в год. Область сбора разрядов самого здания оказывается полностью внутри области сбора разрядов мачты, поэтому в дальнейшем не рассматривается. Площадь сбора разрядов мачты составляет  $S_{сб} = \pi(3H)^2=11310 \text{ м}^2$ .  $C_D$  принимаем равным 1, поскольку и здание и кустарники значительной меньшей высоты чем мачта. Тогда количество ударов молнии в мачту в год составит  $N_D=N_g \cdot S_{сб} \cdot C_D \cdot 10^{-6}=(6,7 \cdot T_H/100) \cdot S_{сб} \cdot C_D \cdot 10^{-6}=(6,7 \cdot 40/100) \cdot 0,01131 \cdot 1=0,03$  удара в год или 1 удар молнии в ~33 года.*

5.1.3 Обеспечить абсолютную защиту объекта от воздействия молнии невозможно, поскольку всегда существует ненулевая вероятность появления молнии с током на который не рассчитана система молниезащиты, и ненулевая вероятность прорыва молнии через внешнюю систему молниезащиты. Поэтому системы молниезащиты проектируют в расчете на определенные вероятности и определенные токи молнии. Удары молнии с параметрами, на которые не рассчитана система молниезащиты будут называться нежелательными событиями.

При проектировании новых или реконструкции действующих систем внешней молниезащиты необходимо определить минимальное допустимое характерное время, за которое может случиться только одно нежелательное событие. Определение минимального допустимого характерного времени, за которое происходит нежелательное событие, позволит рассчитать параметры этого нежелательного события. К нежелательным событиям относится прорыв молнии через систему внешней молниезащиты и молниевый разряд в систему молниезащиты с током, превышающим ток, на который рассчитана система внутренней молниезащиты.

Согласно принципам построения зон молниезащиты, принятым в ГОСТ Р МЭК 62305-1, вероятность прорыва молнии через систему

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

молниезащиты является вероятностью молнии иметь амплитуду тока менее определенного значения, поскольку ГОСТ Р МЭК 62305-1 предполагает, что прорыв через систему молниезащиты возможен только для молний, имеющих ток меньше определенного минимального значения.

Таким образом, нежелательными являются молнии как с малыми, так и с большими токами. Частоту обоих типов нежелательных событий (прорыв через систему молниезащиты молнии с малым током и удар в систему молниезащиты молнии с большим током) можно определить исходя из плотности вероятности амплитуды тока молнии. И наоборот, задавшись значением минимального допустимого характерного времени, за которое происходит нежелательное событие, можно рассчитать амплитуды токов молнии, которые будут являться нежелательными.

5.1.4. Амплитуда тока молнии является случайной величиной, имеющей статистические характеристики. В соответствии с ГОСТ Р МЭК 62305-1, плотность вероятности тока молнии определяют как:

$$p(I) = \frac{\lg(e)}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma \cdot I} \cdot \exp\left(\frac{-(\lg(I) - \lg(\mu))^2}{2 \cdot \sigma^2}\right), \quad (5.5)$$

где  $I$  – ток молнии, кА;

$\mu = 61,1$  для молнии отрицательной полярности и при токе молнии менее 20 кА;

$\mu = 33,3$  для молнии отрицательной полярности при токе молнии более 20 кА;

$\sigma = 0,576$  для молнии отрицательной полярности при токе молнии менее 20 кА;

$\sigma = 0,263$  для молнии отрицательной полярности при токе молнии более 20 кА.

$\mu = 33,39$  для молнии положительной полярности;

$\sigma = 0,527$  для молнии положительной полярности.

Вероятность того, что ток не превысит заданного наперед значения  $I_0$ , определяют следующим выражением:

$$P(I) = \int_0^{I_0} (q \cdot p^-(I) + (1 - q) \cdot p^+(I)) dI, \quad (5.6)$$

где  $p^-(I)$  – плотность вероятности тока молнии отрицательной полярности;

$p^+(I)$  – плотность вероятности тока молнии положительной полярности;

$q$  – доля молний отрицательной полярности в общем количестве разрядов.

В случае, если не известно соотношение молний положительной и отрицательной полярностей, в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62305-1, следует принимать следующее отношение: 10 % положительных и 90 % отрицательных разрядов молнии, т.е.  $q=0,9$ .

Точное значение вероятности того, что амплитуда тока молнии не превысит заданное значение, можно рассчитать по формуле (5.6), приближенные значения могут быть получены из таблицы А.3. ГОСТ Р МЭК 62305-1, при составлении которой использовалось значение  $q=0,9$ .

5.1.5. При необходимости определения максимального значения тока молнии, для проектирования компонентов защиты от молнии (например, при выборе поперечного сечения проводников, толщины металлических листов защитных экранов, устройств защиты от импульсных перенапряжений, безопасного расстояния на случай искрения) и определения параметров, моделирующих воздействие молнии на такие компоненты, используют формулу (5.6). Для этого, задав время, за которое может произойти только одно нежелательное событие и, зная количество ударов молнии в объект в год, определяют вероятность того, что за заданное время в защищаемый объект ударит не более одной молнии с током, превышающим максимальное значение, по формуле:

$$p = \frac{1}{N_D T + 1}. \quad (5.7)$$

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

где  $T$  – время, за которое ожидается одно превышение тока молнии над максимальным значением (одно нежелательное событие), лет;

$N_D$  – количество ударов молнии в год (1/год), по формуле (5.1).

Далее по формуле (5.6) определяют максимальный ток молнии, соответствующий вероятности, полученной по формуле (5.7).

Для принятых в ГОСТ Р МЭК 62305-1 уровней защиты от молнии вероятности того, что ток молнии будет меньше максимального значения (соответствующего LPL) приведены в таблице 5.2. При выборе других максимальных токов молнии соответствующие вероятности могут быть рассчитаны по формуле (5.6) или получены из таблицы А.3. ГОСТ Р МЭК 62305-1.

Т а б л и ц а 5.2 - Значения параметров первого импульса молнии, соответствующих LPL

Параметр	Уровень защиты от молнии LPL			
	I	II	III	IV
Максимальное значение тока молнии, кА	200	150	100	100
Минимальное значение тока молнии, кА	3	5	10	16
Радиус фиктивной сферы, используемой для построения зон молниезащиты по методу катящейся сферы, м	20	30	45	60
Вероятность того, что ток молнии будет больше минимального значения (надежность защиты)	0,99	0,97	0,91	0,84
Вероятность того, что ток молнии будет меньше максимального значения	0,99	0,98	0,95	0,95
Вероятность того, что ток молнии будет больше минимального и меньше максимального значения	0,98	0,95	0,86	0,79

П р и м е ч а н и е – Если изначально задан уровень защиты от молнии (LPL) и определен максимальный ток молнии, зная количество ударов молнии в объект в год можно определить время, в течение которого может произойти превышение током молнии заданного максимального значения.

*Пример – Система внешней молниезащиты спроектирована по III уровню защиты от молнии (максимальный ток молнии - 100 кА), ожидаемое количество ударов молнии в объект в год составляет 0,33 (1 удар молнии в 3 года). Необходимо определить период времени, в течение которого может произойти превышение тока молнии над заданным значением. Поскольку вероятность того, что ток молнии*

*будет меньше 100 кА, составляет 0,95, то вероятность превысить этот ток молнии составит 0,05. Используя формулу (5.7) получаем  $T=(1/p-1)/N_D=(1/0.05-1)/0.33=57.6$  лет. Таким образом, превышение тока молнии значения 100 кА ожидается не чаще чем 1 раз в ~58 лет. В случае если такой срок окажется меньше требуемого по условиям обеспечения безопасности функционирования объекта или по другим условиям, то систему молниезащиты необходимо спроектировать по II или даже I уровню защиты от молнии.*

При необходимости определения величины минимального тока молнии также следует использовать формулу (5.6). Для принятых в ГОСТ Р МЭК 62305-1 уровней защиты от молнии вероятности того, что ток молнии будет больше минимального значения (соответствующего LPL), приведены в таблице 5.2. При выборе других минимальных токов молнии соответствующие вероятности могут быть рассчитаны по формуле (5.6) или получены из таблицы А.3. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010.

**П р и м е ч а н и е** – Надежности защиты 0,999 будет соответствовать минимальный ток молнии 1 кА, что будет соответствовать радиусу фиктивной сферы 10 метров.

5.1.6 Количество нежелательных событий за год определяют как произведение вероятности такого события на количество ударов молнии в объект за один год (см. 5.1.2). Например, количество прорывов молнии в объект за один год определяют следующим соотношением:

$$N_{\text{пр}}=P \cdot N_D, \quad (5.8)$$

где  $N_D$  – количество ударов молнии в год в объект;

$P$  – вероятность прорыва молнии в объект, защищаемый молниеприемниками.

Задавая количество нежелательных событий за год, определяют необходимую надежность молниезащиты и/или максимальный ток молнии, на который должна быть рассчитана система молниезащиты.

Надежность защиты определяют как  $P_3=1-P$ . Следует использовать значения надежности молниезащиты из ряда 0,9, 0,99 и 0,999. В случае

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

получения другого значения рекомендуется выбрать ближайшее большее значение из приведенного ряда.

Рекомендуется использовать значения максимальных токов молнии из ряда 100, 150 и 200 кА, соответствующего уровням защиты от молнии, принятым в ГОСТ Р МЭК 62305-1. В случае необходимости снижения затрат на создание системы молниезащиты при проектировании могут быть использованы меньшие или промежуточные значения максимальных токов.

### *Примеры*

*1 Для группы проектируемых объектов ж/д станции количество прорывов молнии через систему молниезащиты принято не более 0,002 в год или не более одного раза в 500 лет. При этом количество ударов молнии в группу объектов составляет 0,1 удар в год или 1 удар в 10 лет. Тогда вероятность прорыва молнии должны быть не менее чем  $0,002/0,1=0,02$ , а надежность защиты, соответственно, выше чем  $(1-0,02)=0,98$ . Ближайшее более высокое значение надежности защиты 0,99 позволит обеспечить количество прорывов молнии на уровне 0,001, что меньше изначально заданного значения 0,002. Таким образом, молниезащита рассматриваемого объекта должна быть спроектирована с надежностью 0,99.*

*2 Принято, что для группы проектируемых объектов железнодорожной станции воздействие молниевых разрядов с током более 100 кА должно происходить не чаще чем один раз в 100 лет. При этом количество ударов молнии в группу объектов составляет 0,1 удар в год или 1 удар в 10 лет. За срок в 100 лет ожидается 10 ударов молнии. Вероятность того, что ток молнии не превысит значение 100 кА, составит 0,95 или 95%. Тогда количество ударов молнии с током более 100 кА составит 5% от всех ударов молнии, что будет соответствовать  $0,1*0,05=0,005$  ударам в год или 1 удару с током более 100 кА в 200 лет. Таким образом, проектирование компонентов объекта, рассчитанных на ток молнии 100 кА, будет удовлетворять принятым решениям о том, что разряды в объект молний с токами выше 100 кА должны происходить не чаще 1 раза в 100 лет. Проведенный расчет показал, что ток выбран с запасом.*

*3 Для снижения затрат на системы защиты от молнии может быть использован подход, допускаемый в ГОСТ Р МЭК 62305-1. Необходимо определить максимальный ток молнии, ожидаемый только один раз за определенный промежуток времени. Например, определено, что для группы проектируемых*

*объектов железнодорожных станций воздействию молниевых разрядов с критическим максимальным током, на который рассчитаны все элементы системы молниезащиты, должно происходить не чаще чем один раз в 100 лет. При этом количество ударов молнии в группу объектов составляет 0,1 удар в год или 1 удар в 10 лет. За срок в 100 лет ожидается 10 ударов молнии. Тогда вероятность того, что за 100 лет в защищаемый объект 1 раз ударит молния с максимальным током (т.е. произойдет только одно нежелательное событие), составит  $p=1/(N\text{ударов}+1)=1/(10+1)=0,091$ . Из выражения (5.6) принимая  $p(I)=0.091$  получим, что максимальный ток молнии в этом случае составит  $I=80$  кА. Это означает, что для такого объекта за срок в 100 лет при ударе молнии ее максимальный ток может достигнуть 80 кА и для снижения затрат на построение систем внутренней молниезащиты при проектировании может быть использовано такое значение максимального тока молнии.*

## 5.2 Построение внешней системы молниезащиты

5.2.1 После определения надежности защиты на основе принятого допустимого количества прорывов молнии через систему внешней молниезащиты, необходимо определить конфигурацию зон внешней молниезащиты и выбрать тип молниеприемников.

Молниеприемники могут быть стержневые, тросовые или выполненные в виде молниеприемной сетки на крыше здания/сооружения. Для комплекса зданий/сооружений, связанных едиными технологическими задачами, допускается применять все типы молниеприемников как по отдельности, так и в любой комбинации.

5.2.2 Молниезащиту с помощью стержневых и тросовых молниеприемников допускается применять в любых случаях. Правила построения зон молниезащиты стержневыми и тросовыми молниеприемниками для надежности защиты 0,9, 0,99 и 0,999 приведены в Приложении А. Допускается построение зон защиты в соответствии с методом катящейся (или фиктивной) сферы, описанным в ГОСТ Р МЭК 62305-1.

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

5.2.3 Молниеприемники в виде молниезащитной сетки допускается применять при размещении сеток на крышах зданий/сооружений в случае если надежность защиты определена не выше 0,99. Шаг ячейки молниезащитной сетки выбирают, согласно таблице 5.3.

Т а б л и ц а 5.3 – Размер ячеек молниезащитной сетки

	в метрах	
Надежность молниезащиты	0,9	0,99
Размер ячеек молниезащитной сетки	10×10	5×5

В случае плоской крыши молниезащитную сетку необходимо выполнить таким образом, чтобы периметр сетки проходил по периметру крыши здания/сооружения, а шаг был не больше принятого, согласно таблице 5.3, значения.

В случае не плоской крыши, наличии на крыше коньков, выступов и т.п., элементы молниезащитной сетки должны быть обязательно проложены как по периметру крыши, так и по конькам и выступам, по ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 (пункт 8.4). При этом размер ячеек сетки не должен быть больше принятого, согласно таблице 5.3, значения.

5.2.4 Элементы внешней системы молниезащиты могут быть размещены как отдельно от защищаемого объекта (изолированные элементы системы молниезащиты), так и непосредственно на нем (неизолированные элементы системы молниезащиты), как, например, в случае размещенной на крыше здания/сооружения молниеприемной сетки или антенны, выполняющей функции молниеприемника. Выбор места размещения и типа элементов системы внешней молниезащиты следует определять исходя из необходимости минимизации затрат при обеспечении требуемого уровня защиты от первичных и вторичных проявлений молнии. На существующих и реконструируемых объектах при определении зон защиты следует учитывать уже установленные, существующие элементы и/или конструкции в качестве

элементов внешней молниезащиты, например, мачты радиосвязи, элементы контактной сети и т.п.

### *Примеры*

*1 При реконструкции системы внешней молниезащиты здания, содержащего аппаратуру СЦБ, было обнаружено, что расположенная в 10 метрах от здания мачта радиосвязи (цепи связи от которой проходят в помещение связи здания), обеспечивает защиту от прямого удара молнии только части здания. Возможными вариантами защиты здания от прямого молниевых разрядов будет либо установка молниеприемной сетки на крыше, либо установка еще одной мачты с другой стороны от здания на расстоянии ~10 метров, таким образом, чтобы обе мачты полностью закрывали здание от прямых ударов молнии с заданной надежностью. В этом случае следует выбрать тот вариант, при котором суммарные затраты на установку устройств молниезащиты и защиту от вторичных проявлений молниевых разрядов будут меньше.*

*2 При реконструкции станции аппаратуру СЦБ (связи) предполагается разместить в отдельном модуле, представляющим собой несколько металлических контейнеров высотой около 3 метров. При этом расположенное вблизи существующее пассажирское здание защищено от прямых ударов молнии мачтой радиосвязи и опорами и проводами контактной сети. В таком случае наиболее оптимальным мероприятием по защите модуля с аппаратурой СЦБ (связи) будет установка дополнительной молниеотводной мачты, зона защиты которой совместно с зоной защиты существующей радиомачты полностью перекроет устанавливаемый модуль с выбранной надежностью. Устанавливаемая мачта должна иметь собственное заземляющее устройство, не соединенное с заземляющим устройством модуля и на мачту не должны заходить токопроводящие цепи. Такое решение позволит минимизировать токи, протекающие по заземляющему устройству модуля при ударе молнии в систему молниезащиты. Это позволит снизить требования к внутренней системе молниезащиты модуля, в том числе к и устройствам защиты от импульсных перенапряжений. Кроме того уменьшится возможная нагрузка на устройства защиты от импульсных перенапряжений модуля, что увеличит их срок службы и снизит их стоимость.*

*3 В ситуации, аналогичной описанной в примере 2 устанавливаемый модуль оказывается полностью в зоне защиты мачты радиосвязи и опор и проводов контактной сети с заданной надежностью. В таком случае оказывается*

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

*нецелесообразным выполнять дополнительные мероприятия по внешней молниезащите модуля (отсутствие на здании не изолированных элементов системы молниезащиты не отменяет требования выполнения для здания заземляющего устройства как части электроустановки, по 6.2.1).*

*4 При реконструкции станции аппаратуру СЦБ (связи) предполагается разместить в отдельном модуле, представляющим собой несколько металлических контейнеров высотой около 3 метров. При этом другие здания находятся на значительном расстоянии от места размещения модуля, а участок железной дороги – с автономной тягой. В этом случае отсутствуют существующие естественные или искусственные элементы внешней молниезащиты. При этом существует два варианта выполнения внешней системы молниезащиты. Первый – устройство молниеприемной сетки на крыше модуля с заземлением сетки на общее заземляющее устройство модуля. Пусть модуль имеет в плане размеры 20 на 10 метров, в этом случае, согласно расчетам по формуле (5.3) площадь сбора молниевых разрядов составит  $\sim 1000 \text{ м}^2$ . Для такой площади сбора, при 60 грозовых часах в год и коэффициенте местоположения равном 1, следует ожидать, согласно расчётам по формуле (5.1), приблизительно одного удара молнии в систему молниезащиты модуля в течение 250 лет. Вторым вариантом – установка двух молниеотводных мачт высотой  $\sim 14$  метров с обеих сторон от модуля на расстоянии  $\sim 10$  метров. В этом варианте (площадь сбора составляет  $\sim 9000 \text{ м}^2$ ) следует ожидать одного удара молнии в течение  $\sim 27$  лет в любую из этих мачт. Подъем импульсного потенциала на заземлении модуля в первом случае будет в несколько раз выше, чем во втором случае, поскольку во втором случае отсутствует связь по элементам заземлителя между заземляющим устройством мачты и заземляющим устройством модуля. Однако, нагрузка на устройства защиты от импульсных перенапряжений в обоих случаях будет примерно одинакова, поскольку будет обусловлена, в первую очередь, величиной токов, протекающих по цепям, идущим с napольного оборудования (не защищенного от прямых ударов молнии элементами тяговой сети). В этом случае следует выбрать тот вариант, при котором суммарные затраты на установку устройств молниезащиты, а также на защиту от импульсного магнитного поля будут меньше.*

### 5.3 Требования к элементам системы внешней молниезащиты

5.3.1 В качестве молниезащитной сетки по 5.2.1 может быть использована металлическая кровля, в случае если выполнены следующие условия:

- все элементы кровли надежно электрически связаны друг с другом, т.е. удовлетворяют требованиям, приведенным в 7.1.4;
- кровля не покрыта изолирующим материалом;
- толщина кровли не меньше значения  $t_1$ , приведенного в таблице 5.4, если нет необходимости защиты кровли от повреждения или прожигания и под кровлей не располагаются горючие материалы;
- толщина кровли не меньше значения  $t$ , приведенного в таблице 5.4, если необходима защита кровли от повреждений или прожога, или под кровлей размещаются горючие материалы.

Т а б л и ц а 5.4 – Материал и минимальная толщина металлических листов кровли, используемой в качестве молниезащитной сетки

Материал	Толщина <sup>1)</sup> $t$ , мм	Толщина <sup>2)</sup> $t_1$ , мм
Сталь нержавеющая или оцинкованная	4	0,5
Медь	5	0,5
Алюминий	7	0,65

<sup>1)</sup> – минимальная толщина, необходимая для защиты кровли от повреждения или прожигания;  
<sup>2)</sup> – минимальная толщина, применяемая в случае, если нет необходимости защиты кровли от повреждения или прожигания и только при отсутствии под кровлей горючих материалов.

*Пример – Использование в качестве молниезащитной сетки для защиты транспортабельного модуля его металлической кровли толщиной <4 мм не допускается, поскольку прожиг кровли при ударе молнии не допустим.*

5.3.2. В случае применения металлических молниеотводных мачт количество токоотводов не регламентируется. В случае применения железобетонных, деревянных мачт необходимо наличие не менее одного токоотвода. При применении тросовых молниеотводов на каждой опоре троса должно быть установлено не менее одного токоотвода.

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

В случае если внешняя система молниезащиты неизолированная, т.е. расположена на защищаемом объекте, и выполнена сосредоточенным молниеприемником, количество токоотводов должно быть не менее двух. Расположение токоотводов в этом случае должно быть симметричным относительно молниеприемника. Для молниеприемной сетки или металлической крыши, используемой в качестве молниеприемной сетки, минимальное количество токоотводов должно быть не менее четырех. Токоотводы должны быть равномерно расположены по периметру здания, в том числе по его углам. Расстояние между токоотводами не должно превышать двойной размер стороны ячейки молниезащитной сетки, определяемый согласно таблице 5.3: при размере сетки 5×5 метров – не более 10 метров, при размере 10×10 метров – не более 20 метров. В случае размещения на защищаемом объекте, как сосредоточенного молниеприемника, так и молниеотводной сетки, молниеотвод должен быть соединен с сеткой по кратчайшему пути с помощью не менее чем двух проводников. Токоотводы необходимо соединять с заземлителем, выполненным по 6.2.2, по кратчайшему пути.

Металлические кровли служебно-технических зданий/сооружений (включая транспортабельные модули), находящихся частично или полностью в зоне А по [2], должны иметь дополнительно по два заземляющих проводника, в разрыв которых включают искровые промежутки (по одному в каждый из двух проводников) подключенные к тяговой рельсовой сети постоянного тока через диодный заземлитель. При электротяге переменного тока диодный заземлитель не устанавливают.

Не рекомендуется прокладка токоотводов в виде петель. Не следует прокладывать токоотводы в водосточных трубах. Рекомендуется размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон.

Для зданий/сооружений высотой более 20 метров токоотводы следует соединять наружными горизонтальными полосами, не более чем через каждые 20 метров по высоте здания.

5.3.3 Минимально допустимые сечения элементов молниеприемников и токоотводов внешней системы молниезащиты приведены в таблице 5.5. В случае если молниеприемники могут быть подвержены механическим воздействиям, например ветровым нагрузкам и т.п., их минимальный размер должен быть увеличен на основании соответствующих расчетов. Требования к материалу и минимальному сечению заземляющих проводников элементов системы молниезащиты приведены в разделе 6.6.

Т а б л и ц а 5.5 – Материал и минимальное сечение элементов системы внешней молниезащиты

Материал	Молниеприемник, мм <sup>2</sup>	Токоотвод, мм <sup>2</sup>	Проводники, соединяющие систему молниезащиты с СУП, мм <sup>2</sup>
Сталь	50	50	50
Алюминий	70	70	25
Медь	50	50	16

Дополнительно элементы молниеприемников и токоотводов системы внешней молниезащиты должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р МЭК 62561.2, а их соединительные компоненты требованиям ГОСТ Р МЭК 62561.1.

5.3.4 Токоотводы не изолированных от защищаемого объекта элементов системы молниезащиты прокладываются следующим образом:

- если стена выполнена из негорючего материала, токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены или проходить в стене;

- если стена выполнена из горючего материала, токоотводы могут быть закреплены непосредственно на поверхности стены, в том случае, если повышение температуры при протекании тока молнии не будет представлять опасности для материала стены;

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

- если стена выполнена из горючего материала и повышение температуры токоотводов представляет для него опасность, токоотводы необходимо располагать таким образом, чтобы расстояние между ними и защищаемым объектом всегда превышало 0,1 метра. Монтажные скобы для крепления токоотводов могут находиться в контакте со стеной.

В случае если расстояние между токоотводом и стеной, выполненной из горючего материала, не может точно контролироваться, сечение токоотвода рекомендуется принимать не меньше  $100 \text{ мм}^2$  для стали, не менее  $35 \text{ мм}^2$  для меди и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для алюминия.

Аналогичные требования относятся и к элементам молниеприемной сетки.

5.3.5. При необходимости точного определения температуры нагрева токоотводов и других элементов системы молниезащиты при протекании по ним части тока молнии следует использовать расчетные методики, например, методику описанную в Разделе D.4.1 ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Такой расчет позволит выбрать оптимальное сечение всех элементов внешней системы молниезащиты по условиям нагрева.

5.3.6. Следующие конструктивные элементы зданий/сооружений могут считаться естественными токоотводами:

- металлические конструкции при условии, что электрическая непрерывность между разными элементами является долговечной и выполнена пайкой, сваркой, зажимным или болтовым соединением, и при условии, что эти конструкции имеют не меньшие размеры, чем указано в таблице 5.5;

- металлический каркас здания или сооружения;

- металлические электрически непрерывные элементы железобетонных конструкций здания/сооружения;

- части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада при условии, что их сечение соответствуют

требованиям, приведенным в таблице 5.5, а их толщина составляет не менее 0,5 мм.

В прокладке наружных горизонтальных поясов по 5.3.2 нет необходимости, если металлические каркасы здания или стальная арматура железобетона используются как токоотводы.

5.3.7 При проектировании или реконструкции систем внешней молниезащиты необходимо учитывать возможные воздействия электродинамических сил на проводники системы молниезащиты. Электродинамические силы взаимодействия между проводниками, по которым протекает ток, обусловлены действием силы Ампера. При этом электродинамические силы могут возникать даже между проводниками, находящимися под углом в  $90^0$  между собой. Для учета электродинамических сил рекомендуется использовать метод расчета, приведенный в разделе D.4.2 ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010.

5.3.8 Места размещения элементов системы молниезащиты и расположения токоотводов элементов системы молниезащиты необходимо выбирать исходя из условия минимизации уровня импульсного магнитного поля, воздействующего на технические средства железнодорожной инфраструктуры при протекании части тока молнии по элементам молниезащиты, их токоотводам и элементам заземляющего устройства. Для определения уровня импульсного магнитного поля в местах размещения технических средств железнодорожной инфраструктуры проводят расчеты с использованием закона Био – Савара – Лапласа, а также принципа суперпозиции для учета влияния поля, создаваемого различными проводниками с током. Расчеты допускается проводить с помощью программных комплексов или специальных расчетных методик. В случае если уровень импульсного магнитного поля превышает уровень устойчивости к импульсному магнитному полю технических средств, применяют экранирование технических средств с помощью специальных

экранирующих шкафов для отдельных технических средств или экранов (сплошных или в виде сеток) для помещения или здания в целом.

## **6 Требования к устройствам заземления технических средств инфраструктуры, подлежащих обязательному заземлению**

### **6.1 Основные принципы выполнения систем заземления**

6.1.1 Заземляющие устройства необходимы для обеспечения (в том числе и совместно с другими системами):

- нормального функционирования заземляемого оборудования;
- защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме работы, в аварийном режиме, при молниевых разрядах;
- защиты оборудования при аварийных режимах и при молниевых разрядах;
- электромагнитной совместимости заземляемого оборудования.

6.1.2 Заземляющие устройства выполняют с учетом термической стойкости при коротком замыкании в сетях до и выше 1 кВ, в том числе в тяговых сетях. Сечение элементов заземляющих устройств проверяют на термическую стойкость по ГОСТ Р 52736-2007 (разделы 4 – 6), руководствуясь предельно допустимой температурой проводников по правилам устройства электроустановок [3] (п.1.4.16) и наибольшим значением времени действия защиты и отключения выключателя.

6.1.3 Заземляющие устройства должны быть выполнены с учетом возможной коррозии, так чтобы параметры заземляющего устройства не выходили за пределы допустимых значений в течение всего планируемого периода эксплуатации заземляющего устройства.

При использовании стальных заземлителей и заземляющих проводников к расчетному значению сечения, выбранного по термической стойкости ( $S_{TC}$ ), добавляется сечение, которое будет потеряно стальным заземлителем из-за коррозии ( $S_{КОР}$ ) за время планируемой эксплуатации заземлителя ( $t$ ). Таким образом, полная площадь сечения стального заземляющего проводника или заземлителя должна быть равна сумме площадей  $S_{TC}$  и  $S_{КОР}$ .

Если  $\delta_k(t)$  – глубина коррозии стального заземлителя или заземляющего проводника круглого сечения для требуемого срока службы заземляющего устройства, то добавка к диаметру составит  $2\delta_k(t)$ . Расчетное значение диаметра увеличивается до ближайшего номинального диаметра прутка.

Для заземлителя и заземляющего проводника из полосовой стали на значение  $2\delta_k(t)$  увеличивается толщина полосы, и затем выбирается номинальная толщина полосы с ближайшим большим значением.

Значение глубины коррозии  $\delta_k(t)$  определяется расчетом (Приложение В). Если в зонах повышенной коррозии применяются стальные заземлители, то рекомендуется использовать проводники только круглого сечения.

6.1.4 Для исключения возможности ускоренной коррозии заземлители и заземляющие проводники, находящиеся в соприкосновении с проводящей средой (например, грунтом) необходимо выполнять только из одного материала. Не допускается использование в качестве заземлителей и заземляющих проводников, находящихся в соприкосновении с проводящей средой, различных материалов, например, одновременного использования в различных сочетаниях стали, алюминия и меди.

6.1.5 Требования к заземляющим устройствам тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения, приведены в 6.7 и 6.8, а к заземляющим устройствам зданий и сооружений прочего назначения – в 6.2 – 6.7.

6.1.6 Предельно допустимые значения напряжения прикосновения должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.038. Предельно допустимые значения напряжения шага должны соответствовать предельно допустимым значениям напряжения прикосновения. При выполнении заземляющего устройства необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению допустимых уровней напряжения шага и прикосновения согласно 6.7.

6.1.7 Расчетное определение параметров заземляющего устройства может быть выполнено с помощью программных комплексов, требования к которым представлены в Приложении Б.

### **6.2 Заземляющие устройства зданий и сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры**

6.2.1 Любое здание/сооружение, содержащее технические средства железнодорожной инфраструктуры (кроме электроустановок систем тягового электроснабжения) должно иметь единое заземляющее устройство, вне зависимости от наличия и/или назначения других устройств, размещаемых в том же здании/сооружении.

6.2.2 Заземлители зданий или сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры, необходимо выполнять в виде периметрального (кольцевого) контура заземления, прокладываемого вокруг всего периметра здания/сооружения на глубине 0,5 – 0,7 м на расстоянии ~1 м от здания/сооружения (рисунки 6.1 и 6.2). В случае если контур здания/сооружения имеет в плане форму невыпуклого многоугольника, допускается выполнение контура заземления в виде выпуклого многоугольника, если расстояния между частями здания/сооружения, образующими невыпуклые зоны не превышает 2 м, например, как показано на рисунке 6.1, и если в этой области не расположены входы в здание/сооружение.

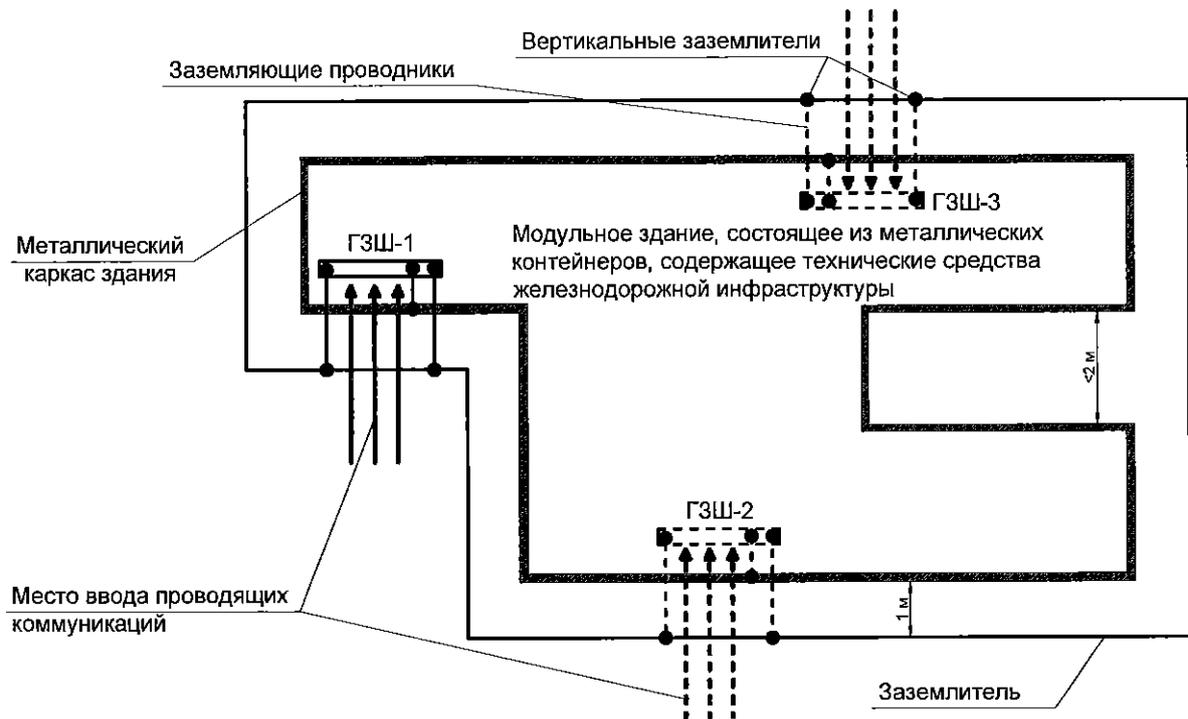


Рисунок 6.1 - Схема заземляющего устройства здания/сооружения, содержащего технические средства железнодорожной инфраструктуры.

Пример модульного здания, состоящего из нескольких металлических контейнеров. ГЗШ-2, -3 и т.д. выполняются при наличии нескольких мест ввода проводящих коммуникаций в здание/сооружение по 6.4.2.

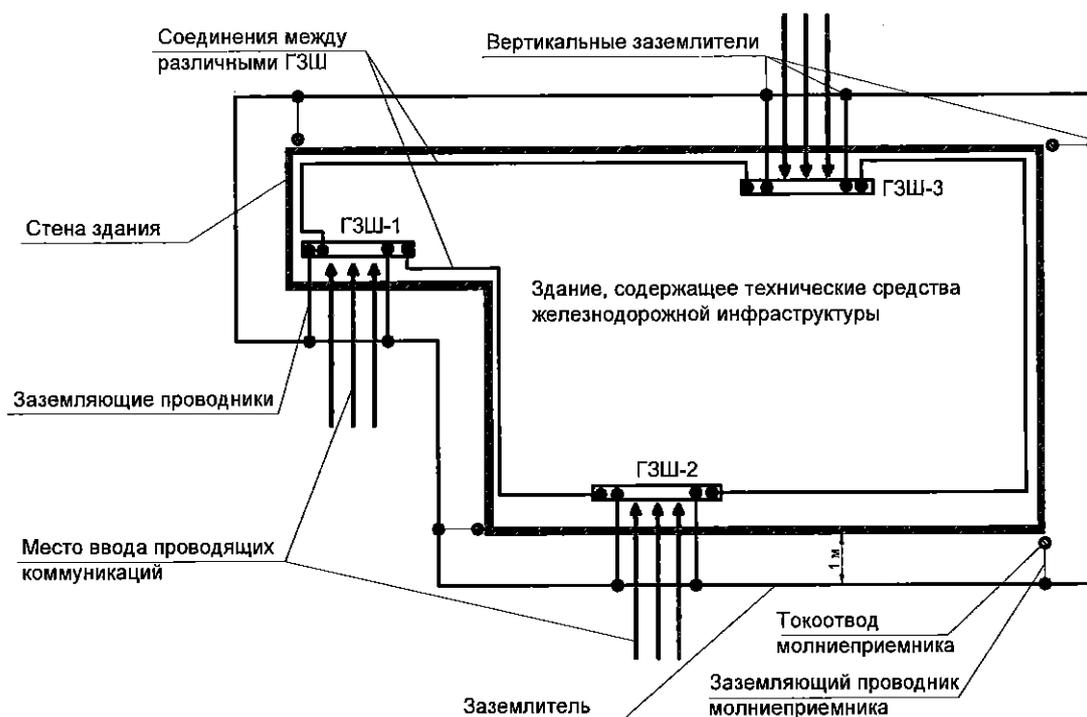


Рисунок 6.2 - Схема заземляющего устройства здания/сооружения, содержащего технические средства железнодорожной инфраструктуры.

Пример стационарного здания с молниеприемной сеткой на крыше.

6.2.3 Периметральный контур заземления зданий и сооружений при необходимости, определяемой расчетом, может быть усилен вертикальными заземлителями. Количество вертикальных заземлителей и их длину также следует определить с помощью расчетов. Применение вертикальных заземлителей наиболее эффективно в случае, если грунт в районе размещения объекта имеет нижние слои с меньшим удельным сопротивлением, чем у верхних слоев грунта. Расстояние между ближайшими вертикальными заземлителями рекомендуется принимать не меньше их длины.

6.2.4 Заземляющие устройства различных зданий и сооружений (за исключением тяговых подстанций, трансформаторных подстанций и линейных устройств системы тягового электроснабжения), между которыми проходят кабели до 1 кВ и расстояние между которыми меньше 40 метров, должны быть соединены посредством специально прокладываемых заземлителей. Соединение между собой заземляющих устройств разных

зданий (сооружений) при расстоянии между ними более 40 м следует осуществлять при наличии соответствующих расчетов и необходимого технико-экономического обоснования.

*Пример – Два служебно-технических здания, между которыми проходят кабели, расположены на расстоянии 100 метров друг от друга. Соединение заземлителей указанных зданий позволит значительно снизить разность потенциалов между зданиями при молниевом разряде в элементы системы молниезащиты любого из зданий. Однако, существует опасность попадания переменного тягового тока на заземление первого здания, протекания его по нулевым рабочим или нулевым защитным проводникам кабелей, проходящих между зданиями, на заземление второго здания. Стеkanie части тягового тока с заземления второго здания может вызвать подъём потенциала на его заземлении и появление опасной разности потенциалов между этим зданием и напольными устройствами (находящимися на расстоянии более 1 км от него), к которым проходят кабели ЖАТ из здания. Необходимо определить, при каких условиях соединение заземляющих устройств указанных зданий с помощью горизонтальных заземлителей позволит обеспечить снижение разности потенциалов между вторым зданием и зоной нулевого потенциала (в которой находятся напольные устройства) до уровня, не превышающего 2 кВ, соответствующего уровню перенапряжений, которые выдерживает изоляция кабелей. Расчёт показывает, что если заземляющие устройства зданий не соединены с помощью горизонтальных заземлителей, то разность потенциалов между вторым зданием и напольными устройствами не будет превышать 2 кВ только при условии, что удельное сопротивление грунта составляет не более 90 Ом·м. В случае, если заземляющие устройства зданий соединить с помощью горизонтальных заземлителей, то разность потенциалов между вторым зданием и напольными устройствами не превысит 2 кВ при удельном сопротивлении грунта составляет не более 200 Ом·м. Таким образом, если на территории объекта удельное сопротивление грунта составляет 150 Ом·м, соединение заземлителей рассматриваемых зданий окажется обоснованным, поскольку позволит защитить оборудование и кабели, проходящие к напольным устройствам, в случае попадания тягового тока на заземление первого здания. Для случая автономной тяги максимальное расстояние между зданиями, при котором следует соединять их*

*заземляющие устройства, следует определять по критериям затрат, возможности и удобства такого соединения.*

В случае соединения заземляющих устройств различных зданий или сооружений, вдоль трасс прокладки кабелей, проходящих между этими зданиями/сооружениями, в обоснованных расчётах случаях следует прокладывать ШУП. Примеры прокладки и взаимного расположения ШУП приведены на рисунке 6.3.

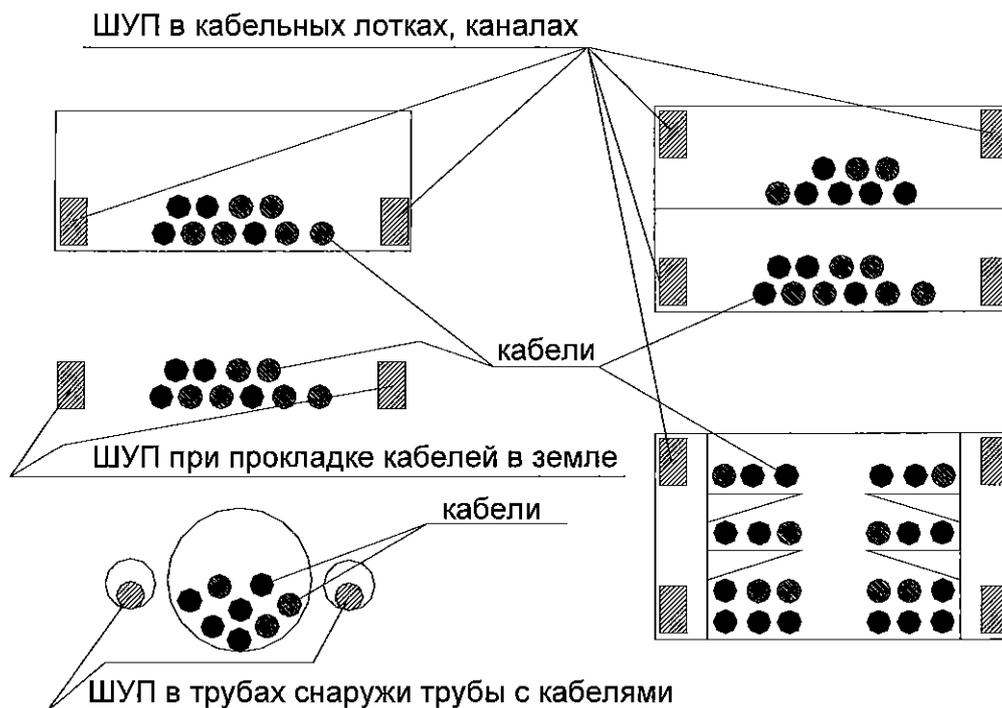


Рисунок 6.3 – Пример размещения ШУП внутри и возле кабельных конструкций и мест прокладки кабелей.

6.2.5 Заземлитель здания/сооружения должен быть соединен с внутренней системой уравнивания потенциалов (СУП). Места соединения заземлителя с СУП должны быть расположены по обеим сторонам от места ввода в здание/сооружение проводящих коммуникаций, и не далее 1 метра от мест ввода, согласно рисункам 6.1 и 6.2.

6.2.6 Места присоединения к заземлителю токоотводов от элементов системы молниезащиты должны быть расположены на максимально возможном расстоянии от мест ввода в здание/сооружение кабелей или других проводящих коммуникаций и от мест присоединения заземлителя к

СУП здания/сооружения. Пример взаимного размещения токоотводов элементов системы молниезащиты и мест присоединения заземляющего устройства к СУП приведен на рисунке 6.2.

6.2.7 При усилении заземляющего устройства вертикальными заземлителями их установку следует производить равномерно по периметру заземлителя, а также, обязательно, в местах присоединения к заземляющему устройству токоотводов от элементов внешней молниезащиты.

6.2.8 В случае если на объекте отдельно от здания/сооружения установлены антенно-мачтовые сооружения (например, мачты радиосвязи), кабели от которых заходят в здание/сооружение, заземляющие устройства таких мачт должны быть объединены с заземляющим устройством здания/сооружения с помощью не менее чем двух горизонтальных заземлителей. Указанные заземлители следует прокладывать параллельно трассе кабелей, проходящих между мачтой и зданием/сооружением, по обеим сторонам от трассы кабелей. В месте присоединения указанных заземлителей к заземляющему устройству здания/сооружения должен быть установлен вертикальный заземлитель. Кабели от мачт к зданиям/сооружениям должны быть проложены в грунте в кабельных каналах, лотках или в металлических трубах. В последнем случае трубы необходимо заземлять как на заземляющее устройство мачты, так и на заземляющее устройство здания/сооружения. Не допускается прокладка кабелей между мачтой, выполняющей функции молниеприемника, и зданием по воздуху.

### **6.3 Системы уравнивания потенциалов зданий и сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры.**

6.3.1 Здания и сооружения, содержащие технические средства железнодорожной инфраструктуры, должны иметь единую СУП, объединяющую все помещения, вне зависимости от принадлежности и

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

назначения аппаратуры в них установленной. СУП зданий/сооружений состоит из:

- ГЗШ;
- внутренних шин помещений;
- систем уравнивания потенциалов помещений, выполненных в виде сетки;
- проводников, соединяющих различные уровни/этажи;
- заземляющих проводников.

6.3.2 Системы уравнивания потенциалов зданий и сооружений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры, должны быть выполнены согласно схемам, описанным в разделах 444.5.3.1, 444.5.3.2, 444.5.3.3 и 444.5.3.4 ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

СУП, выполняемая по радиальной схеме согласно разделу 444.5.3.2 ГОСТ Р 50571-4-44-2011, применима только для оборудования, не имеющего взаимных соединений, выполненных проводными кабелями, или имеющих соединения, выполненные только посредством оптоволоконных кабелей.

Для помещений, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры, имеющих проводные связи между собой, необходимо применять совмещенную сетчато-радиальную схему, выполненную согласно разделу 444.5.3.4 ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

При наличии в здании/сооружении помещений, содержащих не только технические средства железнодорожной инфраструктуры, но и другую (например, бытовую) аппаратуру, СУП следует выполнять по схеме, совмещающей в себе схемы, описанные в разделах 444.5.3.1, 444.5.3.3 и 444.5.3.4 ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

Помещения, содержащие технические средства, не имеющие взаимных проводных связей между собой и непосредственно не относящиеся к железнодорожной инфраструктуре, должны иметь СУП, выполненную по схемам согласно разделов 444.5.3.1 или 444.5.3.2 ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

6.3.3 ГЗШ необходимо размещать в местах ввода проводящих коммуникаций в здание/сооружение, по числу мест ввода. Все ГЗШ одного здания/сооружения должны быть соединены между собой. Проводники, соединяющие между собой ГЗШ, должны обеспечивать отсутствие нагрева выше допустимых значений, определенных в п.1.4.16 ПУЭ [3], проводящих элементов кабелей (экранов, брони, оболочек) при протекании по ним части тяговых токов или токов КЗ. Указанные проводники не должны касаться кабелей. Для модульных зданий, выполненных из металлических контейнеров, соединение между собой различных ГЗШ осуществляется посредством металлоконструкций здания (элементов каркаса здания), согласно рисунку 6.1, при условии, что электрическая непрерывность между разными элементами каркаса является долговечной и выполнена сваркой. Все соединения с ГЗШ заземляющих проводников, отходящих как внутрь здания, так и к заземлителю, расположенному вне здания, должны быть визуально контролируемые. ГЗШ должна представлять собой отдельные шины, имеющие соединение с СУП, и быть оборудованными для подключения заземляющих проводников. ГЗШ должны удовлетворять требованиям описанным в разделе 542.4 ГОСТ Р 50571.5.54-2011 и пп. 1.7.119 – 1.7.120 правил устройства электроустановок [3]. Сечение ГЗШ и проводников, соединяющих между собой различные ГЗШ, должно быть не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди.

К ГЗШ подключают:

- заземляющие проводники от заземлителя;
- заземляющие проводники от сетки уравнивания потенциалов помещений здания/сооружения;
- заземляющие проводники от всех щитов электроснабжения;
- проводники от нейтралей трансформаторов (если трансформатор выполняется с заземлением нейтрали), расположенных в здании/сооружении;

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

- заземляющие проводники от вводимых в здание проводящих коммуникаций (проводящих оболочек кабелей, трубопроводов различного назначения);

- металлоконструкции здания/сооружения;

- заземляющие проводники от СУП, расположенных на других уровнях/этажах здания/сооружения;

- другие заземляющие проводники.

6.3.4 Сетка, выполняемая по 444.5.3.4 ГОСТ Р 50571-4-44-2011, должна охватывать всю площадь, на которой расположено оборудование, заземление которого следует проводить на радиально-сетчатую СУП по 6.3.2. В качестве элементов сетки радиально-сетчатой СУП могут быть использованы проводящие конструктивные элементы здания/сооружения (например, закладные металлоконструкции, элементы каркаса модульных металлических зданий и т.п.), элементы фальшпола, либо специально проложенные проводники. Элементы сетки СУП следует располагать на или под напольным покрытием. С сеткой соединяются внутренние шины помещения, проложенные по стенам помещений. Внутренняя шина должна быть доступна для удобства подключения к ней заземляемого оборудования или других элементов СУП. В случае, если сетка СУП будет выполнена с помощью специально проложенных проводников, их сечение должно быть не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди. Соединение между собой элементов сетки СУП рекомендуется выполнять с помощью сварки, допускаются болтовые соединения. Размер ячеек сетки уравнивания потенциалов должен быть согласован с размерами помещений, зданий или сооружений, но не должен превышать  $2 \times 2 \text{ м}$ .

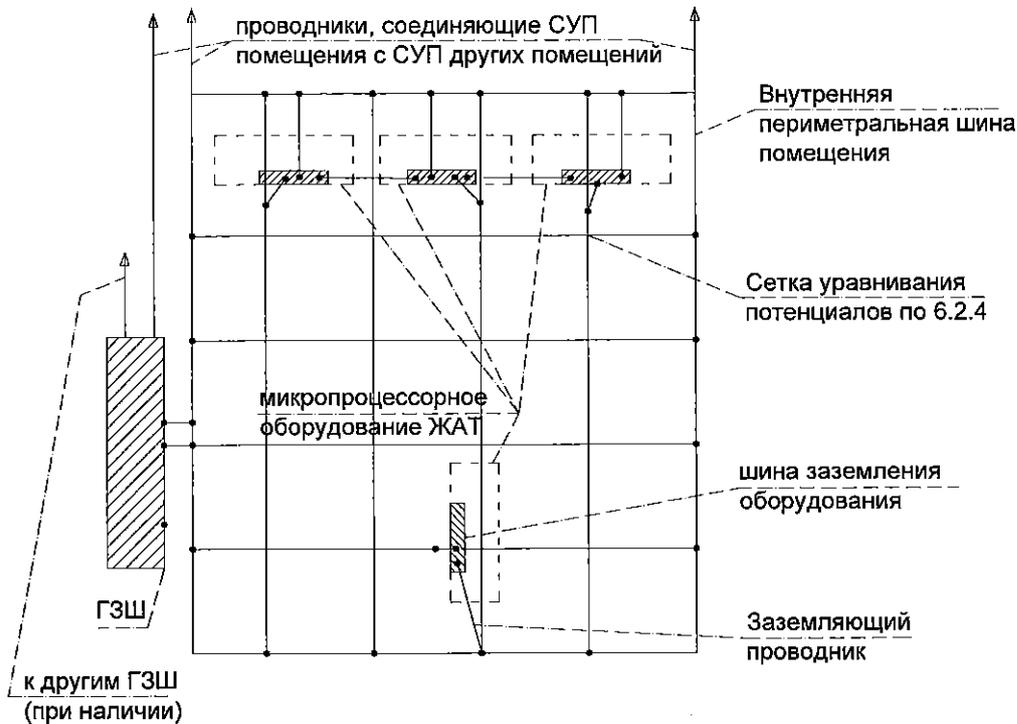
Для помещений, содержащих электронные, в том числе микропроцессорные, устройства, а также для помещений, в которых размещены шкафы грозозащиты, необходимо выполнять периметральную шину по внутреннему периметру помещения, которая должна быть

непрерывной и замкнутой по ГОСТ Р МЭК 62305-1 и [1]. Внутренняя периметральная шина помещения должна выполняться из полосы, сечением не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди. Внутренняя периметральная шина должна быть доступна для удобства подключения к ней заземляемого оборудования или элементов СУП, а также доступна для визуального контроля. В районе дверных проемов шину следует прокладывать по полу или над дверным проемом. Указанная периметральная шина должна соединяться с сеткой уравнивания потенциалов помещения не менее чем в четырех точках, равномерно по периметру.

В помещениях, содержащих релейную аппаратуру допускается выполнение незамкнутой шины, проложенной вдоль стен, для удобства подключения к СУП оборудования. Указанная шина должна быть присоединена к другим элементам СУП помещения не менее чем в двух точках, и образовывать, совместно с другими элементами СУП сетку.

Элементами сетки СУП могут являться проводники, соединяющие между собой различное оборудование, шкафы или стивы, между которыми проходят любые кабели, кроме оптоволоконных. Такие проводники следует прокладывать между собственными заземляющими шинами соединяемого оборудования/шкафов/стивов, согласно примеру на рисунке 6.4. Указанные проводники должны быть медными сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ .

Пример выполнения СУП с сеткой уравнивания потенциалов в помещении с микропроцессорным оборудованием



Пример выполнения СУП с сеткой уравнивания потенциалов в помещении с релейным оборудованием

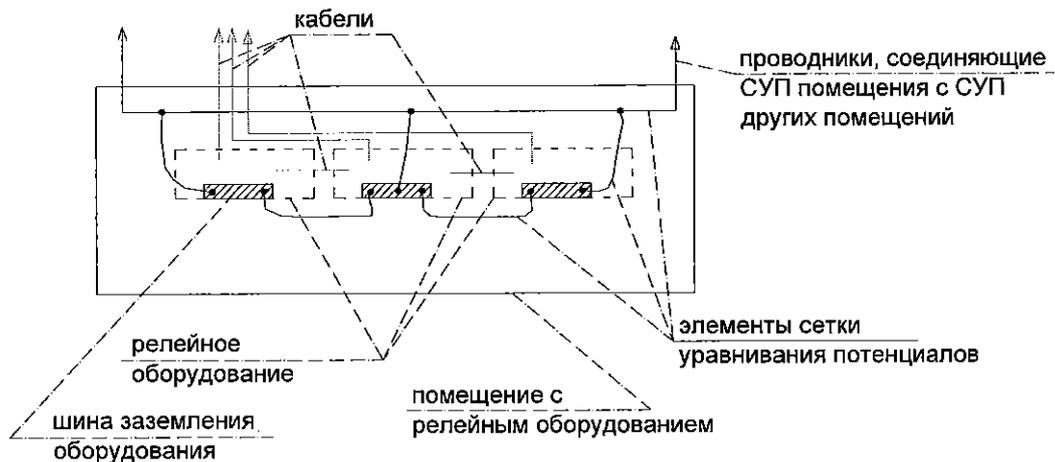


Рисунок 6.4 – Примеры выполнения СУП в различных помещениях, содержащих технические средства железнодорожной инфраструктуры

К сетке СУП помещения необходимо присоединять ГЗШ, внутренние металлические конструкции здания, проводники, соединяющие различные

уровни/этажи, заземляющие проводники, в том числе от оборудования общего назначения.

6.3.5 СУП различных помещений, в которых располагается оборудование, между которым проходят любые кабели, кроме оптоволоконных, должны быть соединены не менее чем двумя проводниками, сечением не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди.

Все проводники, соединяющие между собой СУП помещений и все ГЗШ должны иметь сечение не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди.

6.3.6 При выполнении СУП помещения по радиальной схеме или по сетчато-радиальной схеме, когда сетка не занимает всей площади помещения, необходимо обеспечить отсутствие возможности одновременного прикосновения к элементам СУП и к проводящим частям здания/сооружения, не присоединенным к СУП данного помещения непосредственно в этом помещении. При невозможности выполнения этого требования необходимо обеспечить соединение между элементами СУП помещения и доступными для прикосновения проводящим частям здания/сооружения, находящимися в данном помещении.

6.3.7 Для соединения между собой СУП разных уровней/этажей зданий/сооружений необходимо использовать не менее двух вертикальных проводников. В качестве вертикальных проводников, соединяющих СУП на разных уровнях/этажах могут быть использованы как закладные металлоконструкции здания/сооружения, так и специально проложенные проводники, каждый сечением не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди. Вертикальные проводники следует устанавливать равномерно по периметру здания/сооружения. Вертикальные проводники должны быть установлены: вблизи ГЗШ, вблизи кабельных шахт или других трасс прокладки кабелей и проводящих коммуникаций между уровнями/этажами.

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

В случае, если здание/сооружение имеет проводящие металлоконструкции (например, элементы каркаса) они должны присоединяться к СУП этажей, образуя объёмную структуру, соединяющую СУП различных этажей, и выполняющую не только функцию уравнивания потенциалов, но и экранирования внешнего поля.

### 6.3.8 Заземление технических средств

6.3.8.1 Заземление технических средств железнодорожной инфраструктуры необходимо производить на любой из перечисленных элементов СУП: либо на ГЗШ, либо на внутреннюю шину, либо на сетку уравнивания потенциалов. Допускается одновременное заземление технических средств на ГЗШ и на внутреннюю шину, или на ГЗШ и на сетку уравнивания потенциалов или на внутреннюю шину и на сетку уравнивания потенциалов. Места присоединения заземляющих проводников к СУП и к заземляемому оборудованию следует выполнять доступными для осмотра.

6.3.8.2 Заземление технических средств следует выполнять с помощью медных проводников сечением не менее  $6 \text{ мм}^2$  с использованием болтовых соединений. При заземлении только на сетку уравнивания потенциалов рекомендуется выполнять не менее двух соединений на каждое отдельно устанавливаемое техническое средство, шкаф, стив и т.п.

6.3.9 При создании в здании/сооружении или в его части отдельного экранированного объема, элементы экрана, в случае их расположении внутри здания, должны быть присоединены к СУП здания/сооружения равномерно по периметру экранируемого здания или помещения не реже чем через 1 метр. В случае если экраном является внешняя (наружная) обшивка здания/сооружения ее присоединение к СУП допускается выполнять только в местах прохода заземляющих проводников от заземлителя к СУП здания.

## 6.4 Заземление проводящих коммуникаций

6.4.1 Все проводящие коммуникации, вводимые в здания/сооружения, содержащие технические средства железнодорожной инфраструктуры, необходимо заземлять на заземлитель здания/сооружения, кроме экранов кабелей, заземление которых производится только внутри помещений на СУП здания/сооружения.

Заземление проводящих оболочек кабелей, проходящих между зданиями/сооружениями, содержащими технические средства железнодорожной инфраструктуры, и напольным оборудованием следует производить со стороны зданий/сооружений.

Заземление проводящих оболочек кабелей, проходящих между различными зданиями/сооружениями, заземляющие устройства которых соединены с помощью горизонтальных заземлителей, согласно требованиям 6.2.4, следует производить с двух сторон, в каждом здании/сооружении.

Заземление проводящих оболочек кабелей, проходящих полностью внутри здания/сооружения, следует производить с двух сторон.

Для случаев заземления проводящих оболочек кабелей с двух сторон должны проводиться расчеты максимальных токов, протекающих по ним в нормальном режиме работы и при коротких замыканиях. Токи, протекающие по проводящим оболочкам кабелей не должны вызывать их термического повреждения. В противном случае необходимо обеспечить снижение токов по проводящим оболочкам кабелей путем прокладки дополнительных ШУП вдоль трасс прокладки кабелей.

6.4.2 Рекомендуется осуществлять ввод всех кабелей и других проводящих коммуникаций в здания/сооружения в одном месте. Заземление вводимых проводящих коммуникаций следует осуществлять на ГЗШ, соединенную с заземлителем и расположенную вблизи места ввода коммуникаций, и, при возможности, на соединенные с заземлителем

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

специально установленные вне здания наружные НЗШ (в кабельных приемках, в месте ввода в здание/сооружение проводящих коммуникаций).

В случае если, по обоснованным причинам, ввод всех проводящих коммуникаций в одном месте здания/сооружения не возможен, допускается ввод проводящих коммуникаций в разных местах, в том числе, с разных сторон здания/сооружения. В этом случае заземление проводящих коммуникаций следует осуществлять на специально установленные в месте ввода коммуникаций внутри здания дополнительные ГЗШ. Все ГЗШ соединяют между собой по 6.3.3. Соединение ГЗШ с СУП помещения, со стороны которого производится ввод, осуществляют по кратчайшему пути. Присоединение ГЗШ к СУП помещения и к другим ГЗШ, необходимо выполнять медными проводниками сечением не менее  $50 \text{ мм}^2$  или стальными проводниками сечением не менее  $120 \text{ мм}^2$  посредством болтовых или сварных соединений.

6.4.3 Для заземления вводимых в здания/сооружения таких проводящих коммуникаций, как трубопроводы различного назначения или бронированные кабели, используют специально установленные вне здания наружные заземляющие шины (НЗШ) в местах ввода коммуникаций, например, в кабельных приемках. Указанные НЗШ соединяют кратчайшим путем с заземлителем здания/сооружения, как показано на рисунке 6.5. Присоединение НЗШ к заземлителю здания/сооружения, необходимо выполнять проводниками из того же материала, что и заземляющее устройство, сечением не менее  $120 \text{ мм}^2$  для стали и не менее не менее  $50 \text{ мм}^2$  для меди, посредством сварного соединения.

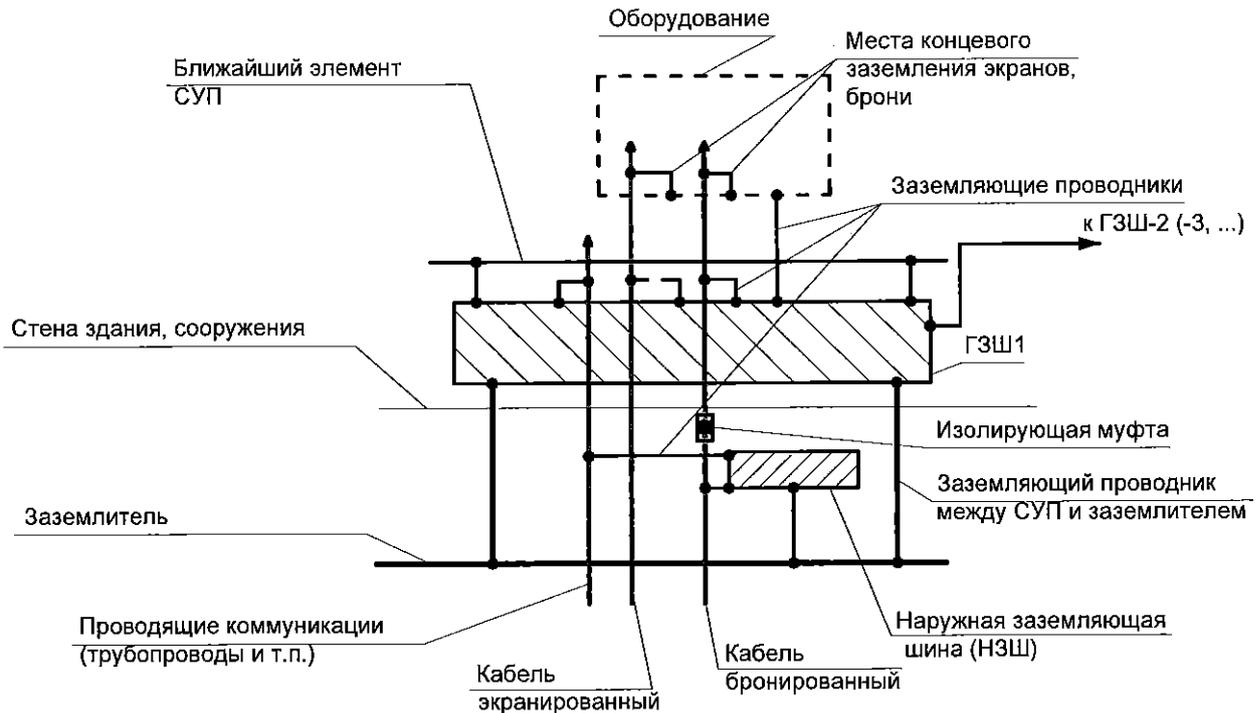


Рисунок 6.5 Схема заземления проводящих коммуникаций при вводе в здание/сооружение

6.4.4 В случае использования электроизолирующих муфт, разделяющих оболочку для ввода в здание/сооружение кабелей с проводящей оболочкой (броней, экраном), заземление оболочек кабелей необходимо выполнять согласно схеме на рисунке 6.5.

Проводящую оболочку кабеля необходимо заземлять в двух местах: до электроизолирующей кабельной муфты на специально установленную НЗШ, и после кабельной муфты на ГЗШ. Соединение с НЗШ следует выполнять медным проводником сечением не менее  $16 \text{ мм}^2$ .

6.4.5 Проводящие оболочки кабелей, выполненные в виде алюминиевой фольги, допускается заземлять внутри здания/сооружения непосредственно на ГЗШ, на СУП помещения, либо в месте концевой разделки кабеля в шкафу или стативе, если расстояние от точки ввода кабеля в здание/сооружение до места концевой разделки не превышает 2 метра. Исключение составляют только коаксиальные кабели, заземление

## **СТО РЖД 08.026-2015**

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

проводящих оболочек которых по технологическим соображениям производят только непосредственно на входе аппаратуры.

6.4.6 Заземление экранов/брони кабелей необходимо выполнять с помощью специальных зажимов, устройств, хомутов и т.п. для того, чтобы обеспечить наибольшую площадь соприкосновения и наименьшее сопротивление в месте контакта.

Заземление экранов кабелей с помощью проводников допускается только при использовании медных проводников сечением не менее 4 мм<sup>2</sup> и длиной не более 3 см.

6.4.7 Если проводящие коммуникации, кроме кабелей, такие как трубопроводы различного назначения, имеют изолирующие вставки, то их заземление необходимо производить как до изолирующей вставки на НЗШ или напрямую на контур периметрального заземлителя, так и после изолирующей вставки на ГЗШ или на ближайший элемент СУП помещения.

6.4.8 Кабели, проходящие внутри зданий между этажами, следует прокладывать на максимально возможном расстоянии от ближайших токоотводов элементов системы молниезащиты, в местах равноудаленных от ближайших токоотводов.

Вдоль шахт или каналов, по которым прокладываются кабели между этажами, следует прокладывать ШУП, соединенные с СУП этажей, между которыми проходят кабели. Количество, взаимное расположение и сечение ШУП принимают на основе требований 6.2.4.

### **6.5 Заземляющие устройства элементов системы внешней молниезащиты**

6.5.1 Все токоотводы элементов системы внешней молниезащиты должны быть заземлены. В месте присоединения токоотвода к заземляющему устройству должно быть обеспечено растекание тока не менее чем в две

стороны под углом не менее чем  $90^{\circ}$ . Заземляющие проводники должны быть выполнены из того же материала, что и само заземляющее устройство.

6.5.2 Если внешняя система молниезащиты не изолирована от защищаемого объекта, то ее токоотводы необходимо присоединять к общему заземляющему устройству защищаемого объекта. В этом случае требования к сопротивлению единого заземляющего устройства всего объекта в целом определяется в зависимости от типа и напряжения электроустановок, находящихся в защищаемом объекте.

Места присоединения токоотводов внешней системы молниезащиты к заземляющему устройству должны быть размещены на максимальных расстояниях от мест ввода в объект кабелей и проводящих коммуникаций. В местах присоединения токоотводов внешней системы молниезащиты к заземляющему устройству рекомендуется установка вертикальных заземлителей, эффективность установки которых должна быть проверена расчетом.

Элементы внешней системы молниезащиты, не изолированной от защищаемого объекта, должны быть расположены на таком расстоянии от проводящих элементов защищаемого оборудования, чтобы обеспечить отсутствие между ними перекрытия (вторичного разряда молнии).

Разность потенциалов между элементами молниезащиты и защищаемым объектом обусловлена падением напряжения на участке от рассматриваемой точки максимального сближения до места соединения токоотвода системы молниезащиты с заземляющим устройством.

Безопасное расстояние, в метрах, следует определять по формуле:

$$S = \frac{I}{E \cdot k} * Z, \quad (6.1)$$

где  $I$  – максимальный рассматриваемый ток молнии, кА;

$E$  – импульсная прочность воздуха, 500 кВ/м;

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

$k$  – коэффициент материала, равен 1 для воздуха, равен 0,5 для бетона, кирпича, дерева;

$Z$  – полное сопротивление току молнии системы элементов внешней молниезащиты и токоотводов от рассматриваемой точки до места соединения с заземляющим устройством, Ом.

Полное сопротивление току молнии может быть точно рассчитано с помощью компьютерных программных комплексов. Для приблизительных расчетов допустимого минимального расстояния допускается применять методику, описанную в ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 (приложения Д и Е).

В случае если внешняя система молниезащиты, не изолирована от защищаемого объекта, соединение ее элементов с элементами СУП или заземляющего устройства объекта следует выполнять в следующих местах:

- на уровне земли, посредством периметрального заземлителя, согласно схеме на рисунке 6.2;

- в местах, где расстояние, определяемое по формуле (6.1), между элементами молниезащиты и проводящими элементами защищаемого объекта меньше допустимого.

Соединение элементов системы внешней молниезащиты с элементами СУП или заземляющего устройства объекта осуществляют с помощью заземляющих проводников или с помощью УЗИП, если соединение напрямую не возможно или недопустимо.

6.5.3 Если внешняя система молниезащиты изолирована от защищаемого объекта, т.е. выполнена мачтами или тросами, расположенными отдельно от защищаемого здания/сооружения, то заземляющее устройство элементов такой системы молниезащиты может быть двух типов: объединенное с заземляющим устройством защищаемого объекта и не объединенное или обособленное.

Объединять заземляющее устройство элемента системы внешней молниезащиты с заземляющим устройством защищаемого объекта

необходимо, если между ними проложены кабели, в том числе кабели связи, освещения и т.п. В этом случае между элементом системы молниезащиты и защищаемым зданием должны быть проложены не менее двух горизонтальных заземлителей, согласно указаниям, приведенным в п. 6.2.8.

В случае если между элементом системы внешней молниезащиты и защищаемым объектом не проходят кабели, необходимо выполнение обособленного заземляющего устройства элемента системы молниезащиты при соблюдении требований по исключению пробоя с заземляющего устройства элемента системы молниезащиты на защищаемое оборудование и, в том числе, на кабели, проложенные вне зданий или сооружений.

Для исключения пробоя с заземляющего устройства элемента системы молниезащиты на защищаемое оборудование минимальное расстояние между элементом системы молниезащиты или его заземляющим устройством до защищаемого объекта или кабелей должно быть:

$$\left. \begin{array}{l} \text{для расстояния по воздуху } S_B \geq 0,12 \cdot R_{3y} + 0,1 \cdot H, \\ \text{но не менее 5 метров;} \\ \text{для расстояния в земле или по поверхности земли } S_3 \geq 0,2 \cdot R_{3y}, \\ \text{но не менее 3 метров;} \end{array} \right\} (6.2)$$

где  $R_{3y}$  – сопротивление заземляющего устройства элемента системы молниезащиты, Ом;

$H$  - высота рассматриваемой точки элемента системы молниезащиты, м.

Значение сопротивления заземляющего устройства определяют расчетным путем при проектировании и путем прямых измерений при реконструкции существующих объектов. Требования к компьютерным программным комплексам для проведения расчетов приведены в Приложении Б. Пример выполнения заземляющего устройства для внешней

системы молниезащиты, изолированной от защищаемого объекта, приведен на рисунке 6.6.

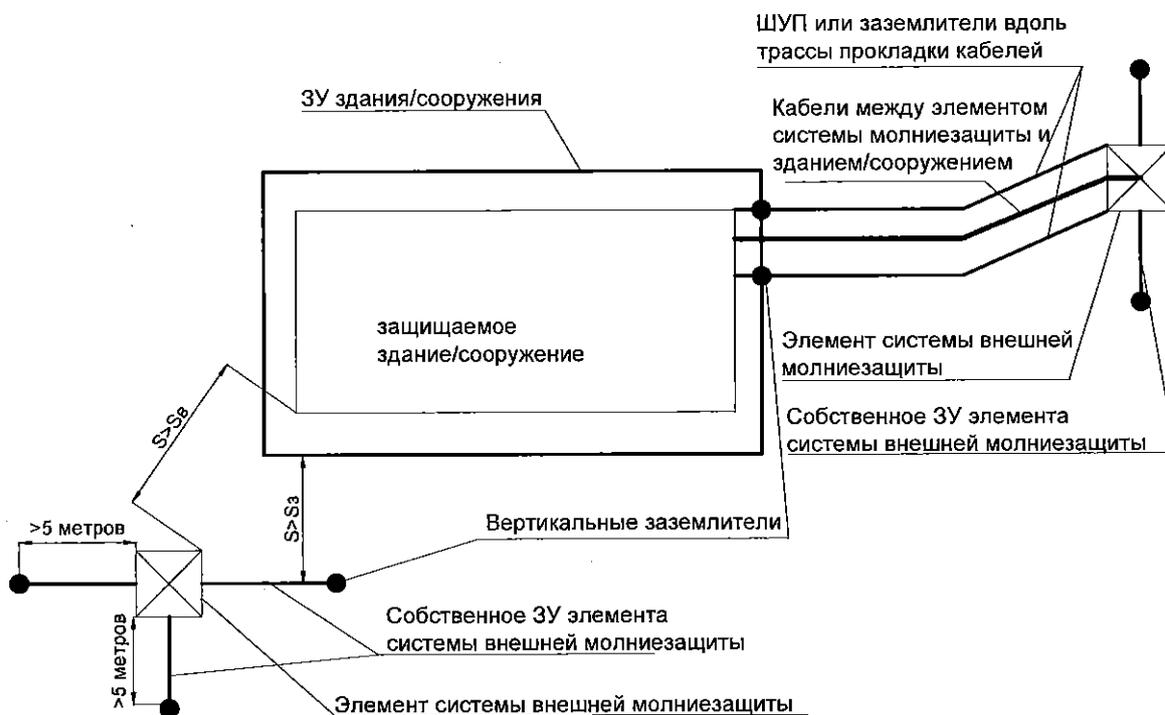


Рисунок 6.6 – Пример выполнения заземляющего устройства элементов внешней системы молниезащиты, изолированной от защищаемого объекта.

6.5.4 Заземляющее устройство внешней системы молниезащиты, изолированной от защищаемого объекта, должно быть выполнено из горизонтальных и вертикальных заземлителей.

Горизонтальные заземлители прокладывают на глубине контура заземления защищаемого объекта: от 0,5 до 0,7 м. Длина лучевых горизонтальных заземлителей должна быть не менее 5 метров, согласно рисунку 6.6, их количество должно быть не менее двух. Горизонтальные заземлители должны отходить от заземляемого элемента внешней системы молниезащиты радиально под углом не менее чем  $90^{\circ}$  и не должны быть направлены в сторону защищаемого здания/сооружения.

Длину вертикальных заземлителей необходимо определять расчетом. Расстояние между местами установки ближайших вертикальных заземлителей должно быть не меньше их длины. Вертикальные заземлители

должны быть установлены на каждом отходящем от элемента системы молниезащиты горизонтальном заземлителе.

6.5.5 Сопротивление заземляющего устройства элементов изолированной от объекта внешней системы молниезащиты, в случае если оно не объединено с заземляющим устройством защищаемого объекта, не должно превышать значения, определяемого по следующей формуле, Ом:

$$\left. \begin{array}{ll} R_3 \leq 10, & \text{для } \rho < 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}, \\ R_3 \leq 10 + 0,0022 \cdot (\rho - 500), & \text{для } \rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}, \end{array} \right\} (6.3)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м.

Сопротивление заземляющего устройства элементов внешней системы молниезащиты изолированной от объекта, в случае если оно объединено с заземляющим устройством защищаемого объекта, не нормируется. В этом случае заземляющее устройство элементов внешней системы молниезащиты, помимо связи с заземляющим устройством защищаемого объекта, должно иметь собственное заземляющее устройство. Указанное заземляющее устройство должно состоять не менее чем из двух горизонтальных заземлителей длиной не менее 5 метров, отходящих от заземляемого элемента внешней системы молниезащиты радиально под углом не менее чем  $90^\circ$ .

Радиальные горизонтальные заземлители не должны быть направлены в сторону защищаемого здания/сооружения.

Вертикальные заземлители длиной 3 – 5 метров должны быть установлены на каждом отходящем от элемента системы молниезащиты горизонтальном заземлителе. Примеры выполнения заземляющего устройства приведены на рисунке 6.6.

### **6.6 Требования к элементам заземляющих устройств и их соединениям**

6.6.1 Элементы заземляющего устройства (заземлители, заземляющие проводники и элементы СУП) должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 50571.5.54. Минимальные размеры элементов заземляющего устройства проложенных в земле из наиболее распространенных материалов приведены в таблице 6.1. Минимальные размеры элементов заземляющего устройства должны быть увеличены в случае необходимости, определенной по 6.1.2 и 6.1.3.

Заземляющие проводники, находящиеся в непосредственном контакте с землей, также должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице 6.1.

Дополнительно элементы заземляющего устройства, являющиеся частью системы внешней молниезащиты, должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р МЭК 62561.2, а их соединительные компоненты требованиям ГОСТ Р МЭК 62561.1.

Т а б л и ц а 6.1 – Материал, конфигурация и минимальные размеры элементов заземляющего устройства, проложенных в земле

Материал	Поверхность	Конфигурация проводника	Минимальные размеры		
			Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм <sup>2</sup>	Толщина, мм
Сталь	Горячего оцинкования или нержавеющей <sup>1)</sup>	Полоса		90	3
		Уголок		90	3
		Круглый для вертикальных электродов	16		
		Круглый для горизонтальных электродов	10		
		Труба	25		2
	В медной оболочке <sup>2)</sup>	Круглый для вертикальных электродов	15		
	Омедненная электрохимически <sup>3)</sup>	Круглый для вертикальных электродов	14		
Медь	Без покрытия	Многожильный (трос) <sup>4)</sup>		50	
		Круглый для горизонтальных электродов		50	
		Круглый для вертикальных электродов	15		
		Полоса		50	2
		Труба	20		2
	Лужение	Многожильный (трос) <sup>5)</sup>	25		

<sup>1)</sup> Покрытие должно быть гладким, непрерывным и без пятен флюса, минимальной толщиной 50 мкм для круглых и 70 мкм для плоских материалов.

<sup>2)</sup> Толщина оболочки не менее 2000 мкм.

<sup>3)</sup> Толщина покрытия не менее 90 мкм.

<sup>4)</sup> Диаметр проволоки не менее 1,7 мм

<sup>5)</sup> Диаметр проволоки не менее 1,7 мм, толщина покрытия 50 мкм

6.6.2 Все соединения между собой элементов заземляющего устройства, проложенных в земле, осуществлять с помощью сварки. Исключением являются соединения элементов вертикальных заземлителей, если для соединения используют специальные приспособления, входящие в состав комплекта вертикального заземлителя, например, специальные муфты или болтовые ответные части.

Соединения между собой элементов заземляющего устройства, не находящихся в непосредственном контакте с землей, также рекомендуется выполнять сваркой. Присоединение заземляющих проводников к элементам СУП зданий/сооружений допускается с использованием болтового соединения в случае, если точка соединения находится внутри помещения и доступна для визуального контакта и обслуживания. Присоединения между элементами СУП внутри помещения также допускается выполнять с использованием болтового соединения.

6.6.3 Все заземляющие проводники, находящиеся в непосредственном контакте с грунтом, должны быть покрыты антикоррозионным покрытием на не менее чем 10 см в обе стороны от поверхности земли.

### **6.7 Меры защиты от напряжения шага и прикосновения**

6.7.1 Значения напряжения шага и прикосновения, возникающие при замыканиях в сетях до и выше 1 кВ, а также в нормальном режиме работы должны быть получены расчетом или путем проведения соответствующих имитационных измерений. В случае если полученные значения будут превышать максимально допустимые значения, установленные в ГОСТ 12.1.038 (с учетом времени отключения замыкания для случаев короткого замыкания), необходимо выполнение мероприятий по снижению напряжения шага и прикосновения.

6.7.2 Для снижения значений напряжения шага и прикосновения, возникающих при замыканиях в сетях до и выше 1 кВ, а также в нормальном режиме работы необходимо применять перечисленные в 6.7.2.1 – 6.7.2.5 мероприятия.

6.7.2.1 Для снижения значения напряжения шага и прикосновения на рабочих местах электроустановок следует применять выравнивание потенциалов, заключающееся в установке металлических сеток или решеток, соединенных напрямую с металлоконструкциями рабочих мест (приводами

разъединителей, выключателей и т.п.). Устанавливаемая сетка должна иметь размеры не менее чем 1×1 метр и покрывать всю площадь, на которой может находиться персонал, проводящий работы на рабочих местах электроустановок. Размер ячеек сетки выравнивания потенциалов должен быть не более 0,2 метра, для того, чтобы обеспечить соприкосновение подошв обуви персонала с сеткой при любом расположении подошвы.

**Примечание** - Рабочее место следует понимать как место оперативного обслуживания электрических аппаратов, согласно п.1.7.91 ПУЭ [3].

6.7.2.2 Для снижения значений напряжения шага и напряжения прикосновения на рабочих местах электроустановок могут быть использованы периметральные контуры выравнивания потенциалов, проложенные на расстоянии от 0,8 до 1,0 м от электроустановок на глубине 1 метр. Эффективность применения контуров выравнивания потенциалов должна быть подтверждена расчетом или измерением.

6.7.2.3 Для снижения значений напряжения шага и напряжения прикосновения на рабочих местах электроустановок могут вместо сеток выравнивания потенциалов или вместо выравнивающих контуров, либо совместно с ними применяться изолирующие покрытия из асфальта толщиной не менее 5 см или из щебня толщиной от 10 до 20 см. Изолирующее покрытие должно покрывать всю площадь рабочего места.

6.7.2.4 Для снижения значений напряжения шага и напряжения прикосновения на территории, не являющейся рабочим местом, могут быть использованы контуры выравнивания потенциалов, для выполнения которых следует проложить в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлитель, соединенный с системой уравнивания потенциалов этого здания или этого оборудования, а у входов и у въездов в здание (на территорию) – проводники на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединить эти проводники с заземлителем;

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

6.7.2.5 Для снижения значений напряжения шага и напряжения прикосновения на территории, не являющейся рабочим местом вместо выравнивающего заземлителя могут применяться изолирующие покрытия из асфальта толщиной не менее 5 см или из щебня толщиной от 10 до 20 см. Изолирующее покрытие должно закрывать всю площадь, на которой напряжение шага и прикосновения превышает допустимые нормы.

6.7.3 Опасные напряжения шага и прикосновения также могут возникать при молниевых разрядах в систему внешней молниезащиты.

**П р и м е ч а н и е** – В настоящее время максимально допустимые значения напряжения шага и прикосновения при молниевых разрядах не определены.

Для снижения напряжения шага и прикосновения, возникающих при ударах молнии, применяют мероприятия, перечисленные в 6.7.3.1 – 6.7.3.4. Выполнение перечисленных ниже мероприятий по отдельности или в комплексе должны обеспечивать защиту человека от поражения напряжением шага и прикосновения. Мероприятия, перечисленные в 6.7.3.1 – 6.7.3.3, обеспечивают только защиту от напряжения прикосновения.

6.7.3.1 Токоотводы элементов системы молниезащиты здания/сооружения, находящиеся в доступном для прикосновения человеком месте необходимо изолировать на высоту не менее 3 метров от поверхности земли. Изолирующий материал должен обеспечивать отсутствие электрического пробоя при ударе молнии в систему молниезащиты.

6.7.3.2 В случае невозможности выполнения изоляции токоотводов и в случаях отдельно установленных элементов системы молниезащиты, таких как антенные опоры, прожекторные мачты и т.п., расположенных вблизи мест постоянного нахождения людей, необходимо установить предупреждающие плакаты «во время грозы не приближаться» для предотвращения поражения человека напряжением прикосновения.

6.7.3.3 Альтернативой мероприятиям, указанным в 6.7.3.1 и 6.7.3.2, может являться выполнение ограждения вокруг элементов молниезащиты.

Ограждение следует выполнять на расстоянии не менее 2 метров от элементов молниезащиты. В этом случае ограждение не должно быть связано с заземляющим устройством элемента системы молниезащиты, а заземлители, выходящие за пределы ограждения должны быть проложены на равном расстоянии от опор ограждения.

6.7.3.4 Вокруг элементов системы молниезащиты, а в случае размещения молниеприемников на зданиях/сооружениях – вокруг таких зданий/сооружений, выполнить изолирующие покрытия земли в радиусе не менее 3 метров из асфальта толщиной не менее 5 см или из щебня толщиной от 10 до 20 см.

Изолирующее покрытие земли может быть выполнено совместно с изоляцией элементов системы молниезащиты по 6.7.3.1. В этом случае изоляция будет обеспечивать невозможность поражения человека напряжением прикосновения, а изолирующее покрытие предохранять от поражения напряжением шага.

## **6.8 Заземляющие устройства трансформаторных подстанций и линейных устройств системы электроснабжения**

### **6.8.1 Распределительные устройства и оборудование напряжением выше 1000 В переменного тока сети с эффективно заземленной нейтралью**

6.8.1.1 Заземляющие устройства выполняют с соблюдением требований либо к сопротивлению, либо к напряжению прикосновения.

Заземляющее устройство должно быть выполнено таким образом, чтобы при стекании с него тока замыкания на землю напряжение на заземляющем устройстве не превышало 10 кВ. Исключения допускаются для заземляющих устройств, с которых исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок.

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

Если напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю превышает 5 кВ, то предусматривают дополнительные меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановки по ГОСТ Р 12.1.019–2009 (подраздел 4.2).

6.8.1.2 Заземляющее устройство, выполняемое с соблюдением требований к сопротивлению, должно в любое время года иметь сопротивление не выше 0,5 Ом.

На территории, занимаемой подлежащим заземлению оборудованием, предусматривают сетку заземлителей, состоящую из электрически соединенных друг с другом горизонтальных заземлителей – продольных (вдоль осей однотипного оборудования) и поперечных (вдоль осей ячеек).

Продольные заземлители прокладывают вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли и на расстоянии от 0,8 до 1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. Допускается увеличение расстояний от фундаментов или оснований оборудования до 1,5 м с прокладкой одного заземлителя для двух рядов оборудования, если стороны обслуживания обращены друг к другу, а расстояние между основаниями или фундаментами двух рядов не превышает 3,0 м.

Поперечные заземлители прокладывают в удобных местах между оборудованием на глубине от 0,5 до 0,7 м от поверхности земли. Расстояние между ними принимают уменьшающимся от центра к периферии сетки заземлителей. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4,0; 5,0; 6,0; 7,5 и 11 м. Размеры ячеек сетки заземлителей, примыкающих к местам присоединения нейтралей силовых трансформаторов и контактов короткозамыкателей к заземляющему устройству, не должны превышать 6×6 м.

Крайние продольные и поперечные горизонтальные заземлители

располагают по краю территории, занимаемой подлежащим заземлению оборудованием, таким образом, чтобы в совокупности они образовывали замкнутый контур.

Если контур, образованный крайними продольными и поперечными горизонтальными заземлителями, располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию следует выравнивать потенциал путем установки двух вертикальных заземлителей, присоединенных к крайнему горизонтальному заземлителю напротив входов и въездов. Вертикальные заземлители должны быть длиной от 3 до 5 м, а расстояние между ними должно быть равно ширине входа или въезда.

6.8.1.3 Заземляющее устройство, выполняемое с соблюдением требований к напряжению прикосновения, должно обеспечивать при стекании с него тока замыкания на землю значения напряжения прикосновения, не превышающие установленных ГОСТ 12.1.038. Если на одно и то же заземляющее устройство заземляют оборудование распределительных устройств разных напряжений, то напряжение прикосновения определяют и проверяют по ГОСТ 12.1.038 для каждого из этих распределительных устройств.

При определении значения допустимого напряжения прикосновения в качестве расчетного времени воздействия принимают сумму времени действия защиты и полного времени отключения выключателя. При определении допустимых значений напряжений прикосновения у рабочих мест, где при производстве оперативных переключений могут возникнуть короткие замыкания на конструкции, доступные для прикосновения производящему переключения персоналу, следует принимать время действия резервной защиты, а для остальной территории – основной защиты.

6.8.1.4 При выборе мест расположения горизонтальных заземлителей, прокладываемых в соответствии с 6.8.1.2 и 6.8.1.3, дополнительно

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

руководствуются следующими требованиями:

- каждая подлежащая заземлению единица оборудования должна быть соединена с заземлителем не менее, чем двумя заземляющими проводниками, прокладываемыми по разным трассам;

- заземляющие проводники прокладывают на глубине не менее 0,3 м;

- в местах присоединения нейтралей силовых трансформаторов и контактов короткозамыкателей к заземляющему устройству следует располагать как продольный, так и поперечный заземлитель, т.е. заземлители должны быть проложены в четырех направлениях.

6.8.1.5 Если контур, образованный крайними продольными и поперечными горизонтальными заземлителями, выходит за пределы внешнего ограждения электроустановки, то горизонтальные заземлители, находящиеся вне пределов внешнего ограждения, прокладывают на глубине не менее 1 м, а крайние горизонтальные заземлители располагают таким образом, чтобы форма заземляющего устройства в плане имела вид многоугольника с тупыми или скругленными углами. Все внешнее ограждение должно быть расположено внутри указанного многоугольника.

6.8.1.6 Если от электроустановки отходят кабельные или воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше, то внешнее ограждение электроустановки заземляют по одному из двух способов:

а) для внешнего ограждения предусматривают собственное заземляющее устройство, не связанное с заземляющим устройством электроустановки, при этом:

1) расстояние между внешним ограждением и заземляющим устройством электроустановки, включая и все электрически связанные с ним токопроводящие конструкции, должно быть не менее 2 м;

2) выходящие за пределы внешнего ограждения горизонтальные заземлители, трубы и кабели с металлической броней или оболочкой, а также другие металлические коммуникации должны быть проложены посередине

между стойками внешнего ограждения на глубине не менее 0,5 м;

3) в местах примыкания внешнего ограждения к зданиям и сооружениям, а также в местах примыкания к внешнему ограждению внутренних металлических ограждений предусматривают кирпичные или деревянные вставки длиной не менее 1 м;

4) приемники электроэнергии, расположенные на внешнем ограждении, подключают к сети собственных нужд электроустановки через разделительные трансформаторы по ГОСТ 30030, эти трансформаторы не допускается устанавливать на внешнем ограждении, а изоляцию электропроводок к этим приемникам электроэнергии выбирают исходя из максимального расчетного значения напряжения на заземляющем устройстве;

б) внешнее ограждение соединяют с заземляющим устройством электроустановки, при этом:

1) с внешней стороны ограждения на расстоянии 1 м от него и на глубине 1 м предусматривают замкнутый горизонтальный заземлитель;

2) внешнее ограждение и замкнутый горизонтальный заземлитель, указанный в перечислении б1), соединяют с заземляющим устройством электроустановки не менее чем в четырех точках.

Независимо от того, какой способ заземления внешнего ограждения использован, проверяют соблюдение требований к допустимому напряжению прикосновения по ГОСТ 12.1.038 в полосе шириной 2 м с обеих сторон внешнего ограждения.

Если от электроустановки не отходят кабельные или воздушные линии электропередачи напряжением 110 кВ и выше, то внешнее ограждение электроустановки не заземляют.

6.8.1.7 Если заземляющее устройство электроустановки напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью соединено с заземляющим устройством другой электроустановки при помощи кабеля с

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

металлической оболочкой или броней или других металлических связей, то для выравнивания потенциалов вокруг указанной другой электроустановки или здания, в котором она размещена, необходимо соблюдение одного из следующих условий:

а) прокладка в земле на глубине 1 м и на расстоянии 1 м от фундамента здания или от периметра территории, занимаемой оборудованием, заземлителя, соединенного с системой уравнивания потенциалов этого здания или этой территории, а у входов и у въездов в здание – укладка проводников на расстоянии 1 и 2 м от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м соответственно и соединение этих проводников с заземлителем;

б) использование железобетонных фундаментов в качестве заземлителей, если при этом обеспечивается допустимый уровень напряжения шага и прикосновения.

При использовании условия, указанного в перечислении б), оценку возможности использования железобетонных фундаментов промышленных зданий в качестве заземлителей выполняют по ГОСТ12.1.030–81 (приложение 2).

Выполнение условий, указанных в перечислениях а) и б), не требуется, если вокруг зданий имеются асфальтовые отмостки, в том числе у входов и у въездов. Если у какого-либо входа (въезда) отмостка отсутствует, то для этого входа (въезда) должно быть выполнено требование по перечислению а) или перечислению б).

6.8.1.8 Подключение приемников электроэнергии напряжением до 1000 В, расположенных за пределами заземляющих устройств электроустановок напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью, к обмоткам трансформаторов, находящихся в пределах указанных заземляющих устройств, выполняют по одному из следующих способов:

а) трансформаторы, находящиеся в пределах заземляющего устройства,

применяют с изолированной нейтралью обмотки напряжением до 1000 В, а электрическую сеть между этими трансформаторами и приемниками электроэнергии выполняют с режимом рабочих проводников и заземления IT по ГОСТ 30331.1 кабелями без токопроводящих брони, оболочки и экрана и(или) воздушной линией электропередачи, в этой сети предусматривают пробивной предохранитель на стороне низшего напряжения трансформатора с изолированной нейтралью, напряжение срабатывания которого не ниже значения напряжения на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю;

б) трансформаторы, находящиеся в пределах заземляющего устройства, применяют с заземлением вывода нейтрали обмотки напряжением до 1000 В. К этой обмотке подключают устанавливаемый в пределах заземляющего устройства разделительный трансформатор по ГОСТ 30030, а электрическую сеть между вторичной обмоткой разделительного трансформатора и приемниками электроэнергии выполняют с режимом рабочих проводников и заземления IT по ГОСТ 30331.1, при этом разделительный трансформатор и сеть изолируют на расчетное напряжение на заземляющем устройстве при стекании с него тока замыкания на землю.

При отсутствии возможности выполнить требования перечислений а) и б) подключение приемников электроэнергии напряжением до 1000 В, расположенных за пределами заземляющих устройств электроустановок напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью, к обмоткам трансформаторов, находящихся в пределах указанных заземляющих устройств, не допускается.

Способ, указанный в перечислении б), применяют также при организации резервирования сети собственных нужд подстанции от электрических сетей, подключенных к трансформаторам, находящимся вне пределов заземляющего устройства этой подстанции.

6.8.1.9 В местах установки трансформаторов напряжения и тока,

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

конденсаторов связи, разрядников и ограничителей перенапряжений обеспечивают растекание тока по горизонтальным заземлителям по трем или четырем направлениям. На расстоянии не более 1 м от фундаментов трансформаторов напряжения и тока, конденсаторов связи, разрядников и ограничителей перенапряжений устанавливают вертикальные заземлители глубиной от 3 до 5 м. В качестве вертикальных заземлителей допускается применять железобетонные фундаменты с глубиной погружения не менее 2 м.

6.8.1.10 Заземление молниеприемников, вне зависимости от того, будет ли оно присоединено к заземляющему устройству подстанции или нет, должно быть выполнено таким образом, чтобы обеспечить растекание тока от каждой опоры конструкции с молниеприемником по горизонтальным заземлителям по не менее чем двум направлениям с углом между направлениями не менее  $90^\circ$ . На каждом отдельном направлении растекания тока заземляющего устройства молниеприемников должны быть установлены вертикальные заземлители длиной от 3 до 5 м. Расстояние между местами установки вертикальных заземлителей должно быть не меньше их длины. В случае если заземляющее устройство молниеприемника не будет присоединено к заземляющему устройству подстанции, должны быть выполнены требования правил устройства электроустановок [3] (пункт 4.2.137).

6.8.1.11 Заземление и систему уравнивания потенциалов зданий с вторичной аппаратурой подстанции (аппаратурой релейной защиты и автоматики, телемеханики, связи, коммерческого учета и т.п.) выполняют по 6.2 и 6.3. Заземляющее устройство здания с вторичной аппаратурой подстанции должно быть связано с заземляющим устройством подстанции не менее чем в четырех точках.

6.8.1.12 Заземление и система уравнивания потенциалов зданий, содержащих распределительные устройства напряжением выше 1000 В

переменного тока, находящихся на территории подстанции напряжением выше 1000 В переменного тока с эффективно заземленной нейтралью, выполняют по 6.2 и 6.3. При этом в самих помещениях, содержащих распределительные устройства выше 1000 В, предусматривают системы уравнивания потенциалов в виде сетки с размером ячеек не более чем:

- 2×2 м, для распределительных устройств с воздушной изоляцией;
- 1×1 м, для распределительных устройств с элегазовой изоляцией.

Заземляющее устройство здания с распределительным устройством выше 1000 В переменного тока должно быть связано с заземляющим устройством подстанции не менее чем в четырех точках.

6.8.1.13 Вдоль трасс прокладки кабелей на напряжение до 1000 В по территории подстанции рекомендуется прокладывать ШУП согласно 6.2.4. ШУП следует заземлять на заземлитель здания или единицу оборудования, к которому эти кабели подходят.

В случае если кабели на напряжение до 1000 В подходят к единице оборудования заземление ШУП допускается осуществлять непосредственно на заземляющее устройство подстанции не далее 1 м от указанной единицы оборудования.

В случае если на территории подстанций напряжением выше 1000 В переменного тока с эффективно заземленной нейтралью размещены распределительные устройства напряжением выше 1000 В постоянного тока, заземление ШУП следует осуществлять только на ближайший к распределительному устройству напряжением выше 1000 В постоянного тока заземлитель подстанции.

Не допускается заземлять ШУП напрямую на внутренний контур заземления электроустановки напряжением выше 1000 В постоянного тока. ШУП также следует заземлять на заземлитель подстанции в промежуточных точках, на расстоянии от 40 до 70 м друг от друга.

**6.8.2 Распределительные устройства и оборудование напряжением выше 1000 В переменного тока сети с изолированной нейтралью**

6.8.2.1 Заземляющее устройство должно быть выполнено таким образом, чтобы его сопротивление  $R$ , Ом, в любое время года с учетом сопротивления естественных заземлителей удовлетворяло неравенству, но не превышало 10 Ом:

$$R \leq \frac{250}{I}, \quad (6.4)$$

где  $I$  – расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока замыкания на землю принимают наибольшее значение тока однофазного замыкания на землю в сетях без компенсации емкостных токов. При наличии компенсации емкостных токов расчетный ток замыкания на землю принимают:

- для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие аппараты – ток, равный 125 % номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

- для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие аппараты – ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

Расчетный ток замыкания на землю должен быть определен для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой этот ток имеет наибольшее значение.

6.8.2.2 При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью должны быть выполнены требования 6.8.6.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью

сопротивление заземляющего устройства должно быть не более указанного в 6.8.5.

6.8.2.3 На подстанциях с высшим напряжением до 10 кВ включительно предусматривают одно общее заземляющее устройство, на которое заземляют:

- нейтрали обмоток напряжением до 1000 В силовых трансформаторов;
- баки или корпуса силовых трансформаторов;
- металлические оболочки и броню кабелей напряжением до и выше 1000В;
- открытые проводящие части электроустановок напряжением до и выше 1000В;
- сторонние проводящие части.

Вокруг площади, занимаемой подстанцией, на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии не более 1 м от края фундамента здания подстанции или от края фундаментов открыто установленного оборудования предусматривают замкнутый горизонтальный заземлитель, присоединенный к заземляющему устройству.

6.8.2.4 На территории открытых распределительных устройств и для подстанций, содержащих открытые распределительные устройства выполняют заземляющее устройство по требованиям 6.8.1.2 – 6.8.1.6, 6.8.1.9, 6.8.1.10 и 6.8.1.13 в части, не относящейся к требованию на сопротивление заземляющего устройства в целом.

6.8.2.5 Заземление и системы уравнивания потенциала зданий, содержащих распределительные устройства напряжением выше 1000 В переменного тока, находящихся на территории подстанций напряжением выше 1000 В переменного тока с изолированной нейтралью, выполняют по 6.2 – 6.3. При этом в самих помещениях, содержащих распределительные устройства выше 1000 В, предусматривают системы уравнивания потенциала в виде сетки с размером ячеек не более чем:

- 2×2 м – для распределительных устройств с воздушной изоляцией;
- 1×1 м – для распределительных устройств с элегазовой изоляцией.

### **6.8.3 Распределительные устройства и оборудование напряжением выше 1000 В постоянного тока**

6.8.3.1 Для распределительных устройств и оборудования напряжением выше 1000 В постоянного тока предусматривают внутренний контур заземления. На внутренний контур заземления заземляют:

- металлические нетоковедущие части оборудования напряжением выше 1000 В постоянного тока;
- арматуру изоляторов, на которых закреплены токоведущие части во всех электрических цепях напряжением выше 1000 В постоянного тока.

6.8.3.2 Внутренний контур заземления должен в плане иметь конфигурацию, близкую к периметральной с одним разрывом. С каждой стороны от разрыва через обмотки реле земляной защиты к внутреннему контуру заземления должны присоединяться заземляющие проводники, ведущие к заземлителю. Заземляющие проводники, кроме того, на расстоянии не более 1 м от реле земляной защиты должны соединяться друг с другом перемычкой.

Заземляющие проводники между реле земляной защиты и заземлителем должны быть проложены по разным трассам и присоединяться к заземлителю в точках, находящихся на расстоянии не менее 6 м друг от друга.

6.8.3.3 Реле земляной защиты и перемычка, указанная в 6.8.3.2, должны находиться в помещении, на высоте от уровня пола от 0,3 до 1,5 м и быть доступны для осмотра без снятия напряжения с токоведущих частей.

6.8.3.4 Внутренний контур заземления должен быть изолирован:

- от заземляющего устройства (по всей длине кроме точек, указанных в 6.8.3.2);

- от отрицательной сборной шины распределительного устройства напряжением выше 1000В постоянного тока;

- от отсасывающей линии;

- от рельсов железнодорожного подъездного пути.

Электрическая прочность этой изоляции не нормируется.

6.8.3.5 Внутренний контур заземления выполняют из полосовой стали площадью сечения не менее  $200 \text{ мм}^2$  при толщине не менее 4 мм, проложенной открыто вдоль стен, потолков, корпусов электрических аппаратов и металлоконструкций, параллельно полу, стенам или потолку помещения.

6.8.3.6 Контактные соединения заземляющих проводников между собой, с заземлителем и с перемычкой, указанной в 6.8.3.2, выполняют по 6.8.9.6.

6.8.3.7 Между отсасывающей линией и одним из заземляющих проводников либо перемычкой, указанной в 6.8.3.2, без каких-либо дополнительных коммутационных аппаратов включают параллельно друг другу:

- короткозамыкатель по ГОСТ Р 55602;

- два искровых промежутка по ГОСТ Р 55602, соединенных параллельно.

Неподвижный контакт короткозамыкателя должен быть подключен к отсасывающей линии, а подвижный – к заземляющему устройству.

Параллельно указанным выше коммутационным аппаратам может быть включен дренажно-шунтовой заземлитель.

6.8.3.8 Рельсы железнодорожного подъездного пути тяговой подстанции электрически изолируют от железнодорожных путей иного назначения тремя парами изолирующих стыков – одна у границы территории подстанции, вторая – у места примыкания железнодорожного подъездного пути тяговой подстанции к железнодорожным путям иного назначения,

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

третья – посередине между первой и второй.

6.8.3.9 Отсасывающую линию тяговой подстанции прокладывают по кратчайшему (по возможности) расстоянию и соединяют со средними точками дроссель-трансформаторов, установленных во всех главных путях.

Изоляция отсасывающей линии от земли по электрической прочности должна быть эквивалентна изоляции контактной сети.

Место соединения отсасывающей линии со средними точками дроссель-трансформаторов маркируют знаком W08 «Опасность поражения электрическим током» по ГОСТ Р 12.4.026.

### **6.8.4 Распределительные устройства напряжением 25 и 2×25 кВ переменного тока.**

6.8.4.1 На тяговых подстанциях, не являющихся стыковыми, вывод фазы С обмотки напряжением 25 кВ каждого из трехфазных трансформаторов и один из крайних выводов обмотки напряжением 25 кВ каждого из однофазных трансформаторов соединяют:

- а) с отсасывающей линией;
- б) с заземляющим устройством подстанции, выполняемым по 6.8.1.1 – 6.8.1.13;
- в) с рельсами железнодорожного подъездного пути тяговой подстанции.

Электрические соединения во всех указанных цепях выполняют без коммутационных аппаратов. Электрические соединения, указанные в перечислении в), выполняют в нескольких местах на расстоянии от 5 до 10 м друг от друга в пределах всей территории тяговой подстанции.

Изолирующие стыки в рельсах железнодорожного подъездного пути тяговой подстанции не устанавливают, рельсы железнодорожного подъездного пути тяговой подстанции оборудуют электрическими соединителями и электрически соединяют с тяговой рельсовой сетью

электрифицированных путей, к которым они примыкают.

6.8.4.2 На стыковых тяговых подстанциях вывод фазы С обмотки напряжением 25 кВ каждого из трехфазных трансформаторов и один из крайних выводов обмотки напряжением 25 кВ каждого из однофазных трансформаторов соединяют:

- с отсасывающей линией;

- с заземляющим устройством подстанции, выполняемым по 6.8.1.1 – 6.8.1.13.

Требования к изоляции железнодорожного подъездного пути стыковой тяговой подстанции аналогичны указанным в 6.8.3.8.

### **6.8.5 Распределительные устройства и оборудование напряжением до 1000 В переменного тока сети с глухозаземленной нейтралью**

6.8.5.1 Выводы нейтралей обмоток напряжением до 1000 В трехфазных силовых трансформаторов и генераторов, а также один из выводов обмоток напряжением до 1000 В однофазных силовых трансформаторов соединяют с заземлителем в одной точке. Заземлитель должен быть расположен вблизи трансформатора или генератора.

6.8.5.2 Заземлитель выполняют таким образом, чтобы его сопротивление в любое время года не превышало:

а) в трехфазных сетях:

1) при линейном напряжении 220 В – 8 Ом;

2) при линейном напряжении 380 В – 4 Ом;

б) в однофазных сетях напряжением 220 В – 4 Ом.

При удельном сопротивлении земли  $\rho > 500$  Ом·м допускается увеличение указанных норм в  $0,002\rho$  раз, но не более десятикратного.

6.8.5.3 К распределительным устройствам и оборудованию трансформаторных подстанций, подключенных к линиям электропередачи систем «провод – рельсы», «два провода – рельсы» и «контактный провод –

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

дополнительный провод – рельсы», применяют требования 6.8.11.

К распределительным устройствам и оборудованию трансформаторных подстанций, подключенных к линиям электропередачи автоблокировки и линий электропередачи продольного электроснабжения, применяют требования 6.8.12.

6.8.5.4 При использовании для электроснабжения технических средств железнодорожной инфраструктуры сети питания с глухозаземленной нейтралью рекомендуется применять схему TN-S.

### **6.8.6 Распределительные устройства и оборудование напряжением до 1000 В переменного тока сети с изолированной нейтралью**

Заземляющее устройство должно быть выполнено таким образом, чтобы его сопротивление  $R$ , Ом, удовлетворяло неравенству:

$$R \leq \frac{U_{пр}}{I}, \quad (6.5)$$

где  $U_{пр}$  – напряжение прикосновения, значение которого принимают равным 50 В;

$I$  – полный ток однофазного замыкания на землю, А.

При этом сопротивление должно быть не более 4 Ом, а при суммарной мощности трансформаторов и генераторов при параллельной работе до 100 кВ·А – не более 10 Ом.

При использовании для электроснабжения технических средств железнодорожной инфраструктуры сети питания с изолированной нейтралью рекомендуется применять схему IT.

### **6.8.7 Заземляющие устройства в районах с удельным сопротивлением грунта выше 500 Ом·м**

6.8.7.1 Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью в районах с удельным

сопротивлением грунта выше 500 Ом·м, в том числе в районах многолетней мерзлоты, рекомендуется выполнять с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения.

6.8.7.2 В скальных структурах горизонтальные заземлители допускается прокладывать на глубине, меньшей чем указано в 6.8.1, но не менее чем 0,15 м. Кроме того, допускается не выполнять требуемые по 6.8.1.2 вертикальные заземлители у входов и у въездов.

6.8.7.3 При сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением грунта рекомендуются следующие мероприятия:

- устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление грунта снижается, а естественные углубленные заземлители (например, скважины с металлическими обсадными трубами) отсутствуют;

- устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим удельным сопротивлением грунта;

- укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем 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.

6.8.7.4 В районах многолетней мерзлоты, кроме рекомендаций, приведенных в 6.8.7.3, следует:

- помещать заземлители в непромерзающие водоемы и талые зоны;

- использовать обсадные трубы скважин;

- в дополнение к углубленным заземлителям применять протяженные заземлители на глубине около 0,5 м, предназначенные для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли;

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

- создавать искусственные талые зоны.

6.8.5.5 В электроустановках напряжением выше 1000 В, а также до 1000 В с изолированной нейтралью для земли с удельным сопротивлением более 500 Ом·м, если мероприятия, указанные в 6.8.7.1 – 6.8.7.4, не позволяют получить приемлемые по экономическим соображениям заземлители, допускается повышение установленных в 6.8.1.2, 6.8.2.1, 6.8.5.2 и 6.8.6 значений сопротивлений заземляющих устройств в  $0,002\rho$  раз, где  $\rho$  – эквивалентное удельное сопротивление земли, Ом·м, но не более десятикратного.

### 6.8.8 Требования к заземлителям

6.8.8.1 В качестве естественных заземлителей используют:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;
- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- обсадные трубы буровых скважин;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;
- рельсы подъездных неэлектрифицированных железнодорожных путей, не оборудованных рельсовыми цепями, при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
- другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;
- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле.

Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух. Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

6.8.8.2 Не допускается использовать в качестве естественных заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок [3] (пункт 1.7.82).

Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой. Это ограничение не распространяется на опорные конструкции открытых распределительных устройств.

Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматурных стержней железобетонных фундаментов и конструкций, приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также возможность использования фундаментов в сильноагрессивных средах определяют расчетом.

6.8.8.3 Искусственные заземлители выполняют из оцинкованной стали или из меди.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски.

Минимально допустимые размеры искусственных заземлителей – в соответствии с таблицей 6.1.

6.8.8.4 Сечение горизонтальных заземлителей в электроустановках напряжением выше 1000 В выбирают по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400 °С в течение времени, не

## **СТО РЖД 08.026-2015**

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

превышающего суммарное время срабатывания защиты и полное время отключения выключателя.

6.8.8.5 Траншеи, в которых прокладывают горизонтальные заземлители, должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора.

6.8.8.6 Горизонтальные заземлители не допускается располагать в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

### **6.8.9 Требования к заземляющим проводникам**

6.8.9.1 Объединение заземляющих проводников и последовательное соединение подлежащих заземлению единиц оборудования не допускаются.

6.8.9.2 Сечение заземляющих проводников в электроустановках напряжением выше 1000 В выбирают по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400 °С в течение времени, не превышающего суммарное время срабатывания защиты и полное время отключения выключателя, при наибольшем значении тока, соответствующем:

- в электроустановках с глухозаземленной или эффективно заземленной нейтралью – однофазному короткому замыканию;

- в электроустановках с изолированной нейтралью – двухфазному короткому замыканию.

6.8.9.3 В электроустановках напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм<sup>2</sup> по меди или равноценном ему из других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости линейных проводников.

6.8.9.4 В электроустановках напряжением до 1000 В сечение заземляющих проводников выбирают аналогично установленному в 6.8.10.2 для защитных проводников, а при прокладке в земле размеры заземляющих проводников выбирают не менее указанных в таблице 6.1.

Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

6.8.9.5 В электроустановках напряжением до 1000 В контактные соединения заземляющих проводников с главной заземляющей шиной выполняют разборными. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

6.8.9.6 Контактные соединения заземляющих проводников между собой и с заземлителем выполняют:

а) для стальных проводников – сваркой с длиной нахлёста не менее двойного поперечного размера (для проводников с круглым поперечным сечением – не менее шестикратного диаметра), при этом сварочный шов должен быть выполнен по всему периметру нахлёста;

б) для медных проводников – по ГОСТ 10434 для 2 класса соединений.

Контактные соединения располагают в местах, доступных для осмотра.

6.8.7.7 Места входа заземляющих проводников в здания маркируют знаком по ГОСТ 21130-75 (раздел 2).

### **6.8.10 Требования к защитным проводникам в электроустановках напряжением до 1000 В**

6.8.10.1 В качестве защитного проводника используют жилу того же многожильного кабеля, в котором проложены линейные проводники и нейтральный проводник той же электрической цепи. Объединение защитных проводников нескольких электрических цепей в одном кабеле не допускается.

6.8.10.2 Сечение защитного проводника выбирают:

- при сечении линейного проводника (линейных проводников) до  $16 \text{ мм}^2$  – равным сечению линейного проводника;

- при сечении линейного проводника (линейных проводников) свыше  $16 \text{ мм}^2$  до  $35 \text{ мм}^2$  – не менее  $16 \text{ мм}^2$ ;

- при сечении линейного проводника (линейных проводников) свыше  $35 \text{ мм}^2$  – не менее половины сечения линейного проводника.

6.8.10.3 Требования к контактному соединению защитных проводников аналогичны установленным в 6.8.9.6, перечисление б), для заземляющих проводников.

6.8.10.4 Коммутационные аппараты в защитных проводниках не предусматривают.

**6.8.11 Распределительные устройства и оборудование напряжением выше 1000 В переменного тока трансформаторных подстанций, подключенных к линиям электропередачи систем «провод – рельсы», «два провода – рельсы» и «контактный провод – дополнительный провод – рельсы»**

6.8.11.1 Для распределительных устройств и оборудования напряжением выше 1000 В предусматривают главную заземляющую шину. На главную заземляющую шину заземляют:

- металлические нетоковедущие части оборудования напряжением выше 1000 В переменного тока;
- арматуру изоляторов, на которых закреплены токоведущие части во всех электрических цепях напряжением выше 1000 В переменного тока;
- вывод фазы С обмотки напряжением 25 кВ каждого из трехфазных трансформаторов и один из выводов обмотки напряжением 25 кВ каждого из однофазных трансформаторов;
- заземляемые выводы первичных обмоток трансформаторов напряжения;
- конструкции мобильного здания трансформаторной подстанции.

6.8.11.2 Главную заземляющую шину соединяют с двумя заземляющими проводниками, ведущими к тяговой рельсовой сети.

6.8.11.3 Заземляющие проводники, указанные в 6.8.11.2, между главной заземляющей шиной и тяговой рельсовой сетью прокладывают параллельно друг другу, открыто и изолируют от земли. Электрическая прочность изоляции не нормируется.

6.8.11.4 Главную заземляющую шину и заземляющие проводники выполняют из круглой стали диаметром не менее 12 мм или полосовой стали шириной не менее 30 мм при толщине не менее 4 мм.

6.8.11.5 Заземляющие проводники присоединяют:

а) на участках железных дорог, не оборудованных рельсовыми цепями – к ближайшему рельсу электрифицированного пути не далее 0,2 м друг от друга;

б) на участках железных дорог, оборудованных однопутными рельсовыми цепями – к тяговой нити рельса ближайшего пути;

в) на участках железных дорог, оборудованных двухпутными рельсовыми цепями:

1) у подстанций с одним трансформатором мощностью до 25 кВ·А (кроме расположенных на станции стыкования) – к средней точке ближайшего путевого дроссель-трансформатора;

2) у подстанций с двумя трансформаторами мощностью до 25 кВ·А или трансформаторами мощностью выше 25 кВ·А независимо от их количества – к средней точке ближайшего путевого дроссель-трансформатора. При отсутствии путевого дроссель-трансформатора в пределах 300 м, для присоединения заземляющих проводников предусматривают дополнительный дроссель-трансформатор

6.8.11.6 Требования к контактному соединению проводников, образующих главную заземляющую шину, и заземляющих проводников – по 6.8.9.6.

6.8.11.7 Подлежащие заземлению выводы разрядников и ограничителей перенапряжений соединяют с главной заземляющей шиной.

6.8.11.8 Если трансформаторная подстанция включает в себя оборудование, размещенное на нескольких фундаментах, то на её территории предусматривают сетку защитных проводников выравнивания потенциала. Эта сетка должна состоять из электрически соединенных друг с другом продольных и поперечных горизонтальных заземлителей. Горизонтальные заземлители прокладывают на глубине 0,3 м и на расстоянии 1,0 м от фундаментов оборудования.

Если трансформаторная подстанция включает в себя оборудование, размещенное на одном фундаменте, то предусматривают горизонтальные заземлители только по контуру этого фундамента на глубине 0,3 м и на расстоянии 1,0 м от него.

Сопrotивление этих заземляющих устройств не должно превышать 5 Ом. Заземляющее устройство для выравнивания потенциалов соединяют с главной заземляющей шиной.

6.8.11.9 На электрифицированных участках железных дорог металлические оболочки кабелей, заходящих на трансформаторную подстанцию, с главной заземляющей шиной и заземляющими проводниками не соединяют.

6.8.11.10 Если к трансформаторной подстанции подключена электрическая сеть напряжением до 1000 В с режимом рабочих проводников и заземления TN по ГОСТ 30331.1, то дополнительно руководствуются следующими требованиями:

- выводы нейтралей обмоток напряжением до 1000 В трехфазных силовых трансформаторов либо один из выводов обмоток напряжением до 1000 В однофазных силовых трансформаторов заземляют на искусственный выносной заземлитель, расположенный от ближайшего пути на расстоянии не менее 20 м;

- требования к сопротивлению выносного заземлителя – по 6.8.5.2;

- заземляющий проводник к выносному заземлителю на участках сближения с главной заземляющей шиной и заземляющим устройством для выравнивания потенциалов изолируют, электрическая прочность этой изоляции не нормируется;

- между выводом нейтралей обмоток напряжением до 1000 В трехфазных силовых трансформаторов либо одним из выводов обмоток напряжением до 1000 В однофазных силовых трансформаторов и заземляющим устройством для выравнивания потенциала, выполняемого по 6.8.11.8, включают искровой промежуток по ГОСТ Р 55602 со статическим напряжением пробоя от 600 до 800 В;

- заземлять выводы нейтралей обмоток напряжением до 1000 В трехфазных силовых трансформаторов либо один из выводов обмоток напряжением до 1000 В однофазных силовых трансформаторов на главную заземляющую шину, заземляющие проводники или заземляющее устройство для выравнивания потенциала, указанные в 6.8.11.1 – 6.8.11.8, не допускается.

6.8.11.11 Если к трансформаторной подстанции подключена электрическая сеть напряжением до 1000 В с режимом рабочих проводников и заземления ТТ по ГОСТ Р 50571.1, то выводы нейтралей обмоток напряжением до 1000 В трёхфазных силовых трансформаторов, а также один из выводов обмоток напряжением до 1000 В однофазных силовых трансформаторов заземляют на главную заземляющую шину, а искусственный заземлитель и искровой промежуток не предусматривают.

6.8.11.12 Расположенные на опорах контактной сети разъединители, через которые трансформаторная подстанция подключена к линии электропередачи (для системы «контактный провод – дополнительный провод – рельсы» – к контактной сети и линии электропередачи), приводы этих разъединителей, разрядники или ограничители перенапряжений заземляют двумя заземляющими проводниками на тяговую рельсовую сеть.

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

Требования к материалу и сечению заземляющих проводников – по 6.8.11.4. Групповое заземление таких опор контактной сети не допускается.

6.8.11.13 Расположенные на самостоятельных опорах разъединители, через которые трансформаторная подстанция подключена к линии электропередачи (для системы «контактный провод – дополнительный провод – рельсы» – к контактной сети и линии электропередачи), приводы этих разъединителей, разрядники или ограничители перенапряжений заземляют:

а) если самостоятельная опора расположена на расстоянии до 5 м от оси ближайшего электрифицированного пути, то аналогично изложенному в 6.8.11.12;

б) если самостоятельная опора расположена на расстоянии свыше 5 м от оси ближайшего электрифицированного пути, то на отдельное заземляющее устройство.

Сопротивление заземляющего устройства, указанного в перечислении б), должно быть не более:

- 10 Ом при удельном сопротивлении земли до 100 Ом·м;
- 15 Ом при удельном сопротивлении земли свыше 100 до 150 Ом·м;
- 20 Ом при удельном сопротивлении земли свыше 150 до 1000 Ом·м;
- 30 Ом при удельном сопротивлении земли свыше 1000 Ом·м.

**6.8.12 Распределительные устройства и оборудование напряжением выше 1000 В переменного тока трансформаторных подстанций, подключенных к линиям электропередачи автоблокировки и продольного электроснабжения**

6.8.12.1 Для распределительных устройств и оборудования напряжением выше 1000 В переменного тока трансформаторных подстанций, подключенных к линиям электропередачи автоблокировки и продольного электроснабжения предусматривают заземляющее устройство. Это

заземляющее устройство выполняют таким образом, чтобы его сопротивление в любое время года не превышало:

а) в однофазных сетях напряжением 220 В с изолированной нейтралью при мощности трансформатора до 10 кВ·А – 10 Ом вне зависимости от удельного сопротивления грунта;

б) во всех остальных случаях – 4 Ом, а при удельном сопротивлении грунта  $\rho$  больше 500 Ом·м допускается увеличивать указанные нормы в  $0,002\rho$  раз, но не более десятикратного.

Заземляющее устройство с тяговой рельсовой сетью не соединяют.

6.8.12.2 На заземляющее устройство, указанное в 6.8.12.1, заземляют:

- металлические нетоковедущие части оборудования напряжением выше 1000 В;
- арматуру изоляторов, на которых закреплены токоведущие части во всех электрических цепях напряжением выше 1000 В;
- заземляемые выводы первичных обмоток трансформаторов напряжения;
- конструкции мобильного здания трансформаторной подстанции;
- разрядники или ограничители перенапряжений;
- выводы нейтралей обмоток напряжением до 1000 В силовых трансформаторов.

Заземляющие проводники выполняют из круглой стали диаметром не менее 12 мм или полосовой стали шириной не менее 30 мм при толщине не менее 4 мм.

6.8.12.3 Расположенные на опорах контактной сети постоянного тока, а также на опорах переключаемых секций станций стыкования разъединители, через которые трансформаторная подстанция подключена к линии электропередачи, изолируют от опоры и не заземляют. В тяге привода такого разъединителя предусматривают изолирующую вставку. Привод

## **СТО РЖД 08.026-2015**

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

разъединителя заземляют в порядке, установленном для приводов разъединителей контактной сети.

Расположенные на опорах контактной сети переменного тока разъединители, через которые трансформаторная подстанция подключена к линии электропередачи, заземляют в порядке, аналогичном указанному в 6.8.11.12.

6.8.12.4 Расположенные на самостоятельных опорах разъединители, через которые трансформаторная подстанция подключена к линии электропередачи и приводы этих разъединителей заземляют:

а) если самостоятельная опора расположена на расстоянии до 10 м от трансформаторной подстанции, то на заземляющее устройство трансформаторной подстанции;

б) если самостоятельная опора расположена на расстоянии свыше 10 м от трансформаторной подстанции, то в порядке, аналогичном указанному в 6.8.11.13, перечисление б).

## **7 Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и технического содержания устройств внешней молниезащиты и заземлений**

### **7.1 Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и технического содержания систем внешней молниезащиты**

7.1.1 После завершения строительства или реконструкции объекта, включающей изменение параметров системы внешней молниезащиты, в составе комплексных испытаний проводят проверку качества выполнения строительных работ и технического состояния устройств внешней молниезащиты.

7.1.2 В рамках проводимых проверок должны быть определены фактические размеры и взаимное расположение защищаемых объектов и элементов системы внешней молниезащиты, их высота и построены фактические зоны молниезащиты с той надежностью, которая была заложена в проекте. Фактические зоны молниезащиты должны совпадать с проектируемыми или, по крайней мере, обеспечивать защиту всего защищаемого оборудования с заложенной в проекте надежностью.

Проверку соответствия зон молниезащиты проектным необходимо проводить после завершения строительства, а также при проведении экспериментального обследования электромагнитной обстановки на объекте.

7.1.3 Должна быть проведена проверка соответствия материалов и размеров элементов системы внешней молниезащиты заложенным в проекте. Допускается применение материалов с большим поперечным сечением или с большей толщиной, чем были заложены в проекте.

Проверку размеров элементов системы внешней молниезащиты необходимо проводить после завершения строительства, а также при проведении экспериментального обследования электромагнитной обстановки на объекте.

7.1.4 Для всех точек соединения отдельных элементов системы молниезащиты между собой, с токоотводами и токоотводов с заземляющим устройством следует проводить измерения переходного сопротивления и прочности соединения. Переходное сопротивление контактного соединения не должно превышать 0,05 Ом.

Контроль затяжки болтовых соединений и прочности крепления других видов соединений следует производить согласно инструкциям по монтажу.

Проверке не подвергаются элементы системы внешней молниезащиты, полностью металлические, не имеющие контакта с пожароопасными материалами и выполненные как единое конструктивное целое, такие как молниеотводные мачты, антенные опоры и т.п. Соединения с заземляющим

проводником или токоотводом таких мачт или антенн должны быть проверены.

### **7.2 Требования к методам проверки качества строительства, испытаний и технического содержания систем заземления**

7.2.1 После завершения строительства или реконструкции объекта, включающей изменение параметров системы заземления проводят в составе комплексных испытаний проверку качества выполнения строительных работ и технического состояния систем заземления.

7.2.2 В рамках проводимых испытаний определяют схему заземляющего устройства. Схема заземляющего устройства должна совпадать с проектируемой. Проверку схемы заземляющего устройства необходимо выполнять на этапе скрытых работ в процессе строительства, после завершения строительства, а также при проведении экспериментального обследования электромагнитной обстановки на объекте.

7.2.3 Необходимо выполнять проверку соответствия материалов и размеров элементов заземляющего устройства заложенным в проекте, наличия антикоррозионного покрытия заземляющих проводников. Допускается применение материалов с большим поперечным сечением или с большей толщиной, чем были заложены в проекте. Изменение материалов заземляющего устройства, заложенных в проекте, не допускается.

Проверку размеров элементов заземляющего устройства и наличия антикоррозионного покрытия заземляющих проводников необходимо выполнять в процессе строительства на этапе скрытых работ, после завершения строительства, а также при проведении экспериментального обследования электромагнитной обстановки на объекте.

Проверку размеров элементов заземляющего устройства, наличия антикоррозионного покрытия заземляющих проводников после завершения строительства необходимо выполнять с выборочным вскрытием грунта.

7.2.4 Необходимо проводить проверку глубины залегания заземляющего устройства. Проверку глубины залегания заземляющего устройства следует проводить в процессе строительства на этапе скрытых работ, а также при проведении экспериментального обследования электромагнитной обстановки на объекте.

7.2.5 Для всех отдельных контуров заземляющего устройства необходимо проводить:

- измерение сопротивления заземляющего устройства (сопротивления растеканию заземляющего устройства);

- измерение напряжения прикосновения выборочно на рабочих местах электроустановок выше 1000 В в местах, где не предусмотрены мероприятия по защите от напряжения прикосновения;

- инструментальную проверку наличия цепи между заземляющим устройством и заземляемыми элементами, а также проверку наличия соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством;

- визуальную проверку правильности выполнения мероприятий по защите от напряжения шага и прикосновения.

7.2.6 На каждое находящееся в эксплуатации заземляющее устройство должен быть заведен паспорт, содержащий:

- исполнительную схему устройства с привязками к капитальным сооружениям;

- указание связи с надземными и подземными коммуникациями и с другими заземляющими устройствами;

- дату ввода в эксплуатацию;

- основные параметры заземлителей (материал, профиль, линейные размеры);

- величину сопротивления растеканию тока заземляющего устройства;

- удельное сопротивление грунта;

- данные по напряжению прикосновения (при необходимости);

## **СТО РЖД 08.026-2015**

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

- данные по степени коррозии искусственных заземлителей;
- данные по сопротивлению металлосвязи оборудования с заземляющим устройством;
- ведомость осмотров и выявленных дефектов;
- информацию по устранению замечаний и дефектов.

## Приложение А

### (обязательное)

#### Типовые зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов

Типовые зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов приведены по [4].

##### А.1. Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  является круговой конус высотой  $h_0 < h$ , вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рисунок А.1). Габариты зоны определены двумя параметрами: высотой конуса  $h_0$  и радиусом конуса на уровне земли  $r_0$ .

Приведенные ниже расчетные формулы (таблица А.1) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При более высоких молниеотводах следует пользоваться специальной методикой расчета.

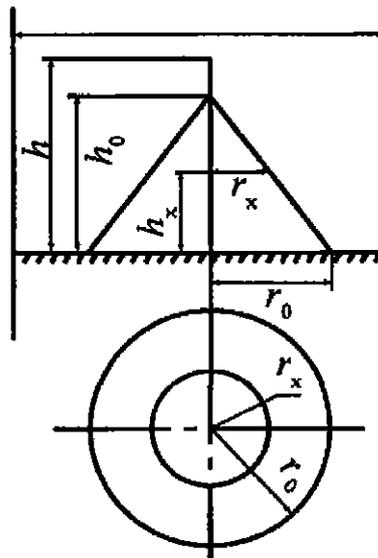


Рисунок А.1 - Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

## СТО РЖД 08.026-2015

Устройства железнодорожной инфраструктуры. Защита от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Устройства молниезащиты и заземления технических средств. Технические требования

Для зоны защиты требуемой надежности (рисунок А.1) радиус горизонтального сечения  $r_x$  на высоте  $h_x$  определяют по формуле:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (\text{А.1})$$

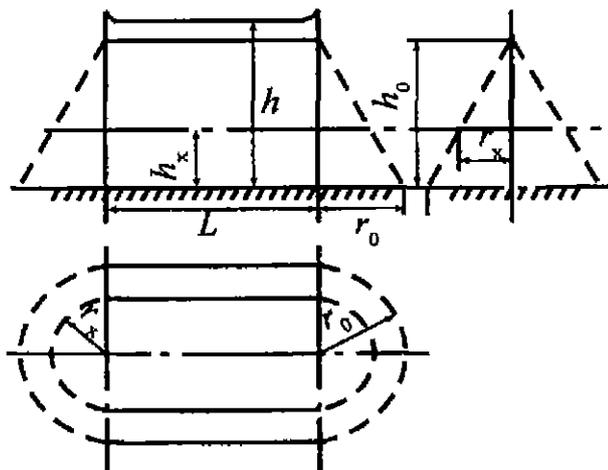
Т а б л и ц а А.1 - Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты $P_3$	Высота молниеотвода $h$ , м	Высота конуса $h_0$ , м	Радиус конуса $r_0$ , м
0,9	От 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	От 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$
0,99	От 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	От 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h-100)]h$	$0,7h$
0,999	От 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	От 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

### А.2. Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Стандартные зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой  $h$  ограничены симметричными двускатными поверхностями, образующими в вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте  $h_0 < h$  и основанием на уровне земли  $2r_0$  (рисунок А.2).

Приведенные ниже расчетные формулы (таблица А.2) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. Здесь и далее под  $h$  понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).



$L$  - расстояние между точками подвеса тросов

Рисунок А.2 - Зона защиты одиночного тросового молниеотвода

Полуширина  $r_x$  зоны защиты требуемой надежности (рисунок А.2) на высоте  $h_x$  от поверхности земли определяют выражением:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}. \quad (\text{А.2})$$

При необходимости расширить защищаемый объем к торцам зоны защиты собственно тросового молниеотвода могут быть добавлены зоны защиты несущих опор, которые рассчитывают по формулам одиночных стержневых молниеотводов, представленным в таблице А.1. В случае больших провесов тросов, например, у воздушных линий электропередачи, рекомендуется рассчитывать параметры зон защиты представляя трос в виде совокупности более коротких участков троса, расположенных на соответствующих высотах, поскольку построение зон защиты по минимальной высоте троса в пролете может привести к неоправданным затратам.

Т а б л и ц а А.2 - Расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты $P_3$	Высота молниеотвода $h$ , м	Высота конуса $h_0$ , м	Радиус конуса $r_0$ , м
0,9	От 0 до 150	$0,87h$	$1,5h$
0,99	От 0 до 30	$0,8h$	$0,95h$
	От 30 до 100	$0,8h$	$[0,95-7,14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$0,8h$	$[0,9-10^{-3}(h-100)]h$
0,999	От 0 до 30	$0,75h$	$0,7h$
	От 30 до 100	$[0,75-4,28 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,7-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	От 100 до 150	$[0,72-10^{-3}(h-100)]h$	$[0,6-10^{-3}(h-100)]h$

### А.3. Зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

#### А.3.1. Равновысокие молниеотводы

Молниеотвод считается двойным, когда расстояние между стержневыми молниеприемниками  $L$  не превышает предельной величины  $L_{\max}$ . В противном случае оба молниеотвода рассматриваются как одиночные.

Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений стандартных зон защиты двойного стержневого молниеотвода (высотой  $h$  и расстоянием  $L$  между молниеотводами) представлена на рисунке А.3. Построение внешних областей зон двойного молниеотвода (полуконусов с габаритами  $h_0$ ,  $r_0$ ) производят по формулам таблицы А.1 для одиночных стержневых молниеотводов. Размеры внутренних областей определены параметрами  $h_0$  и  $h_c$ , первый из которых задает максимальную высоту зоны непосредственно у молниеотводов, а второй - минимальную высоту зоны посередине между молниеотводами. При расстоянии между молниеотводами  $L \leq L_c$  граница зоны не имеет провеса ( $h_c = h_0$ ). Для расстояний  $L_c \leq L \leq L_{\max}$  высоту  $h_c$  определяют по выражению

$$h_c = \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0. \quad (\text{А.3})$$

Входящие в него предельные расстояния  $L_{\max}$  и  $L_C$  вычисляют по эмпирическим формулам таблицы А.3, пригодным для молниеотводов высотой до 150 м.

Размеры горизонтальных сечений зоны вычисляют по следующим формулам, общим для всех уровней надежности защиты:

максимальная полуширина зоны  $r_x$  в горизонтальном сечении на высоте  $h_x$ :

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}; \quad (\text{А.4})$$

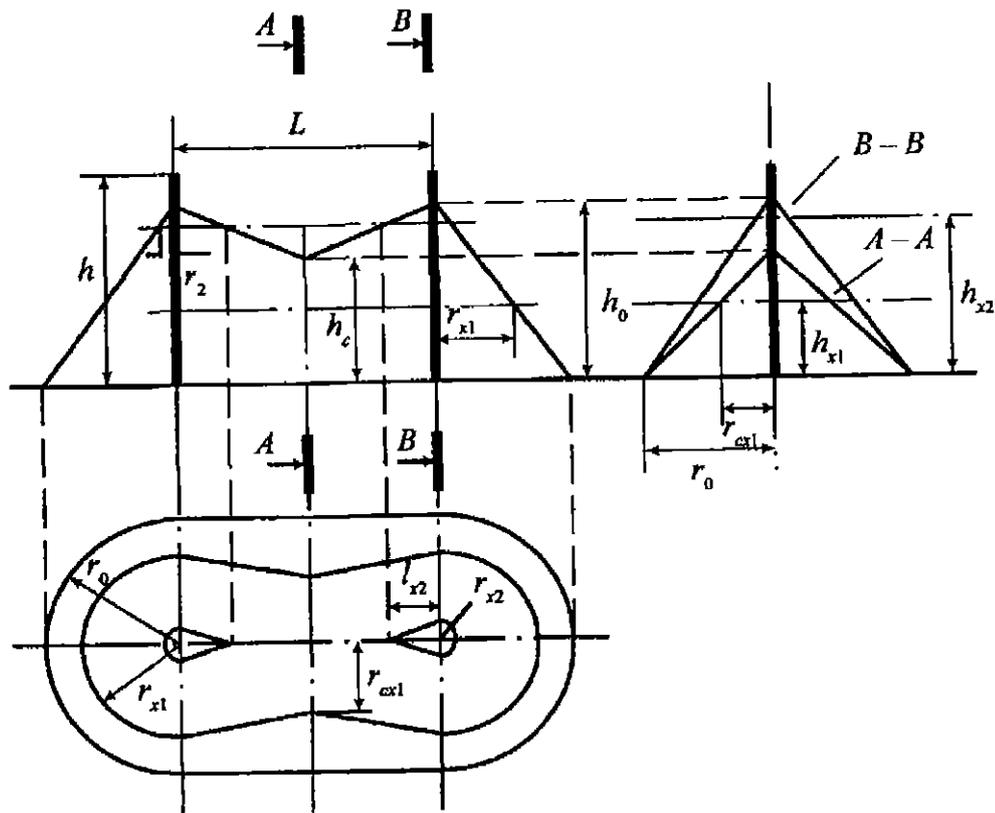


Рисунок А.3 - Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Длина горизонтального сечения  $l_x$  на высоте  $h_x \geq h_c$ :

$$l_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)}, \quad (\text{A.5})$$

причем при  $h_x < h_c$   $L_x = L/2$ ;

Ширина горизонтального сечения в центре между молниеотводами  $2r_{cx}$  на высоте  $h_x \leq h_c$ , где

$$r_{cx} = \frac{r_0(h_c - h_x)}{h_c}. \quad (\text{A.6})$$

Т а б л и ц а А.3 - Расчет параметров зоны защиты двойного стержневого молниеотвода

Надежность защиты $P_3$	Высота молниеотвода $h$ , м	$L_{max}$ , м	$L_c$ , м
0,9	От 0 до 30	$5,75h$	$2,5h$
	От 30 до 100	$[5,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$2,5h$
	От 100 до 150	$5,5h$	$2,5h$
0,99	От 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[2,25-0,0107(h-30)]h$
	От 100 до 150	$4,5h$	$1,5h$
0,999	От 0 до 30	$4,25h$	$2,25h$
	От 30 до 100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[2,25-0,0107(h-30)]h$
	От 100 до 150	$4,0h$	$1,5h$

#### А.3.1. Разновысокие молниеотводы

Аналогично определяют конфигурации сечений зон защиты двойного разновысокого стержневого молниеотвода. Молниеотвод считается двойным, когда расстояние между стержневыми молниеприемниками  $L$  не превышает предельной величины  $L_{max}$ , которая определяется по таблице А.3 при подстановке вместо  $h$  среднего арифметического высот молниеотводов ( $h_{cp}$ ). В противном случае оба молниеотвода рассматриваются как одиночные.

Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений стандартных зон защиты двойного разновысокого стержневого молниеотвода (высотой  $h_1$  и  $h_2$  и расстоянием  $L$  между молниеотводами) представлена на рисунке А.3. Построение внешних областей зон двойного молниеотвода (полуконусов с габаритами  $h_{01}$ ,  $r_{01}$ ,  $h_{02}$ ,  $r_{02}$ ) производят по формулам таблицы А.1 для одиночных стержневых молниеотводов. Размеры внутренних областей определяют параметрами  $h_{0-ср}$  и  $h_{с-ср}$ . При этом  $h_{0-ср}$  определяют как среднее арифметическое  $h_{01}$  и  $h_{02}$ .

При расстоянии между молниеотводами  $L \leq L_C$  граница зоны не имеет провеса ( $h_{с-ср} = h_{0-ср}$ ). Для расстояний  $L_C \leq L \leq L_{max}$  высоту  $h_{с-ср}$  определяют по выражению

$$h_{с-ср} = \frac{L_{max} - L}{L_{max} - L_C} h_{0-ср} \quad (A.7)$$

Входящие в него предельные расстояния  $L_{max}$  и  $L_C$  вычисляют по эмпирическим формулам таблицы А.3 для  $h=h_{min}$ , пригодным для молниеотводов высотой до 150 м.

Размеры горизонтальных сечений зоны вычисляют по следующим формулам, общим для всех уровней надежности защиты.

Полуширина зоны  $r_{xi}$  ( $i$  – номер молниеотвода) со стороны, где молниеотводы не взаимодействуют, в горизонтальном сечении на высоте  $h_x$ :

$$r_{xi} = \frac{r_{0i}(h_{0i} - h_x)}{h_{0i}} \quad (A.8)$$

Полуширину горизонтального сечения в центре между молниеотводами на высоте  $h=0$  определяют по формуле:

$$r_c = \frac{r_{01} + r_{02}}{2} \quad (A.9)$$

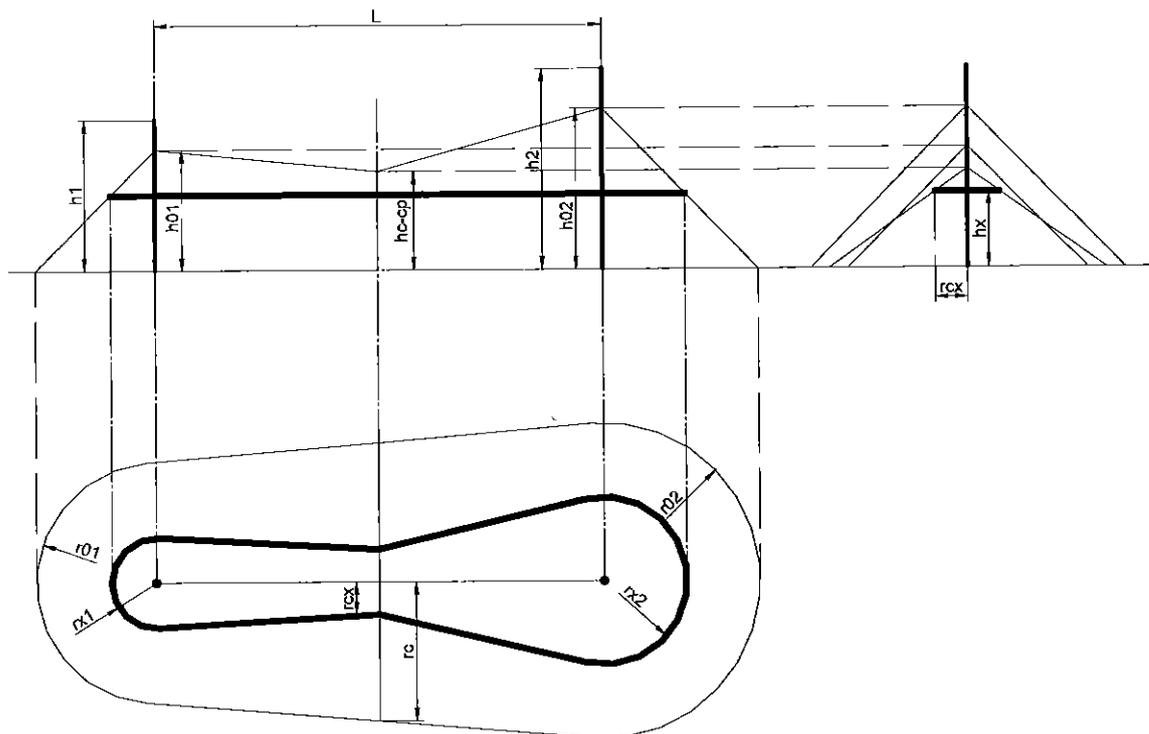


Рисунок А.4 - Зона защиты двойного разновысокого стержневого молниеотвода

Длина горизонтального сечения  $l_{x1}$  на высоте  $h_x \geq h_{c-cp}$ :

$$l_{xi} = \frac{L(h_{0i} - h_x)}{2(h_{0i} - h_{c-cp})} \quad (A.10)$$

причем при  $h_x < h_c$   $L_x = L/2$ ;

Ширина горизонтального сечения в центре между молниеотводами  $2r_{cx}$  на высоте  $h_x \leq h_c$ , где

$$r_{cx} = r_c \frac{h_{c-cp} - h_x}{h_{c-cp}} \quad (A.11)$$

Аналогично определяют конфигурации сечений зон защиты двойного тросового молниеотвода.

#### А.4. Зоны защиты двойного тросового молниеотвода

Молниеотвод следует считать двойным, когда расстояние между тросами  $L$  не превышает предельной величины  $L_{max}$ . В противном случае оба молниеотвода следует рассматривать как одиночные.

Конфигурация вертикальных и горизонтальных сечений стандартных зон защиты двойного тросового молниеотвода (высотой  $h$  и расстоянием

между тросами  $L$ ) представлена на рисунке А.5. Построение внешних областей зон (двух односкатных поверхностей с габаритами  $h_0$ ,  $r_0$ ) производят по формулам таблицы А.2 для одиночных тросовых молниеотводов.

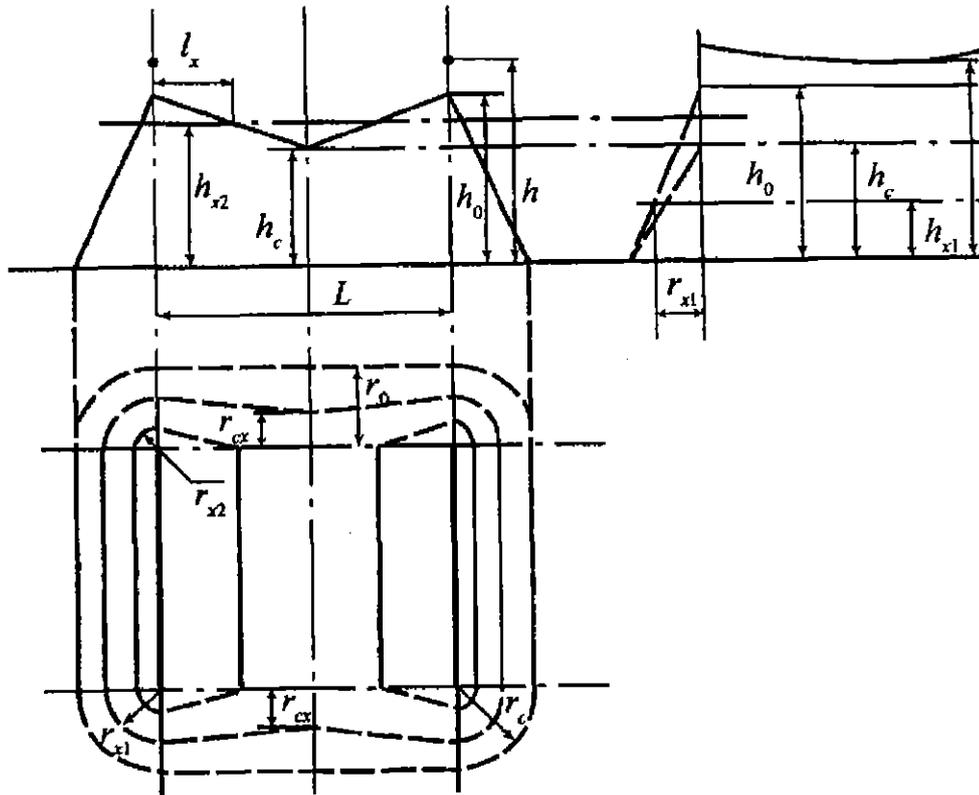


Рисунок А.5. Зона защиты двойного тросового молниеотвода

Размеры внутренних областей определяют параметрами  $h_0$  и  $h_c$ , первый из которых задает максимальную высоту зоны непосредственно у тросов, а второй - минимальную высоту зоны посередине между тросами. При расстоянии между тросами  $L \leq L_c$  граница зоны не имеет провеса ( $h_c = h_0$ ). Для расстояний  $L_c \leq L \leq L_{\max}$  высоту  $h_c$  определяют по выражению

$$h_c = \frac{L_{\max} - L}{L_{\max} - L_c} h_0. \quad (\text{A.12})$$

Входящие в него предельные расстояния  $L_{\max}$  и  $L_C$  вычисляют по эмпирическим формулам таблицы А.4, пригодным для тросов с высотой подвеса до 150 м.

Длину горизонтального сечения зоны защиты на высоте  $h_x$  определяют по формулам:

$$l_x = L/2 \quad \text{при } h_c \geq h_x; \quad (A.13)$$

$$l_x = \frac{L(h_0 - h_x)}{2(h_0 - h_c)} \quad \text{при } 0 < h_c < h_x$$

Для расширения защищаемого объема на зону двойного тросового молниеотвода может быть наложена зона защиты опор, несущих тросы, которую строят как зону двойного стержневого молниеотвода, если расстояние  $L$  между опорами меньше  $L_{\max}$ , вычисленного по формулам таблицы А.3. В противном случае опоры необходимо рассматривать как одиночные стержневые молниеотводы.

Когда тросы не параллельны, либо их высота изменяется по длине пролета, для оценки надежности их защиты рекомендуется рассчитывать параметры зоны защиты, представляя тросы в виде совокупности более коротких участков, расположенных на соответствующих высотах. Также рекомендуется поступать при больших провесах тросов в пролете, чтобы избежать излишних запасов по надежности защиты.

Когда тросы разновысоки, для расчетов используют формулы, аналогичные тем, что приведены в разделе А.3.2.

Т а б л и ц а А.4 - Расчет параметров зоны защиты двойного тросового молниеотвода

Надежность защиты $P_3$	Высота молниеотвода $h$ , м	$L_{\max}$ , м	$L_c$ , м
0,9	от 0 до 150	$6,0h$	$3,0h$
0,99	от 0 до 30	$5,0h$	$2,5h$
	от 30 до 100	$5,0h$	$[2,5-7,14 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[5,0-5 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$	$[2,0-5 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$
0,999	от 0 до 30	$4,75h$	$2,25h$
	от 30 до 100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[2,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[4,5-5 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$	$[2,0-5 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

**Приложение Б**  
**(обязательное)**

**Требования к компьютерным программам или программным комплексам для расчетов параметров заземляющих устройств**

Компьютерные программы или программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства могут быть как интегрированы в единую оболочку так чтобы позволять проводить все виды расчетов, описанные ниже, так и иметь различные оболочки для проведения отдельных расчетов. Допускается проводить расчеты при помощи специальных методик, использующих формулы, графики, диаграммы и т.п.

Компьютерные программы или программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства должны определять:

- сопротивление заземляющего устройства;
- потенциал в любой точке объекта при вводе в одну или несколько точек объекта тока заданной амплитуды и частоты или импульса тока с параметрами тока молнии;
- разность потенциалов между двумя любыми точками объекта при вводе в одну или несколько точек объекта тока заданной амплитуды и частоты или импульса тока с параметрами тока молнии;
- ток в любом элементе объекта при вводе в одну или несколько точек объекта тока заданной амплитуды и частоты или импульса тока с параметрами тока молнии;
- напряжение прикосновения при вводе в одну или несколько точек объекта тока заданной амплитуды и частоты;
- напряжение шага на поверхности грунта при вводе в одну или несколько точек объекта тока заданной амплитуды и частоты.

Компьютерные программы или программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства должны иметь возможность

моделировать объект в виде трехмерной структуры, имеющей как подземные, так и надземные элементы. При этом отдельные части модели могут быть не связаны друг с другом. Компьютерные программные комплексы должны иметь возможность использовать в качестве элементов модели объекта элементы различного сечения и размера, выполненных из различных материалов (по крайней мере, из стали, алюминия и меди).

Компьютерные программы или программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства должны иметь возможность использовать одно- и двух- слойные модели грунта с возможностью задать как удельное сопротивление каждого слоя, так и его толщину и глубину.

Компьютерные программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства должны обеспечивать погрешность расчета, определяемую по результатам решения тестовых задач, не более 5%.

Компьютерные программные комплексы для расчетов параметров заземляющего устройства должны иметь свидетельство о регистрации в Роспаненте РФ. Допускается проводить расчеты при помощи специальных расчетных методик, содержащих расчетные формулы, диаграммы, графики и т.п. материалы, позволяющие упростить проведение расчетов.

## Приложение В

## (обязательное)

## Расчет глубины коррозии

Глубина коррозии, мм, рассчитывается по выражению:

$$\delta_x(t) = a \cdot \ln^3 t + b \cdot \ln^2 t + c \cdot \ln t + d, \quad (\text{В.1})$$

где  $t$  – расчетное время эксплуатации заземлителя в месяцах (рекомендуется не менее 30 лет), а коэффициенты  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , принимаются по таблице В.1.

Т а б л и ц а В.1 - Коэффициенты уравнения для прогноза глубины коррозии стальных заземлителей

Коррозионная зона/ номер коррозионной зоны	Коэффициенты уравнения				Расчетная глубина коррозии через 30 лет, мм
	a	b	c	d	
K <sub>0</sub> / 0	0,0206	0,1054	0,0410	0,0593	8,2
K <sub>1</sub> / 1	0,0118	0,0350	-0,0612	0,1430	3,4
K <sub>2</sub> / 2	0,0056	0,0220	-0,0107	0,0408	2,0
K <sub>3</sub> / 3	0,0050	0,0031	-0,0410	0,2430	1,1
K <sub>4</sub> / 4	0,0026	0,0092	-0,0104	0,0224	0,8
K <sub>5</sub> / 5	0,0013	0,0030	-0,0068	0,0440	0,4

Номер коррозионной зоны определяется по выражению:

$$N_{\text{зоны}} = 6,167 - 0,833 \cdot \ln \frac{|\varphi_{\text{ов}}| - 125}{\rho_{\text{экв}}}, \quad (\text{В.2})$$

где  $\varphi_{\text{ов}}$  – окислительно-восстановительный потенциал образца стального заземлителя в грунте, измеренный по отношению к медно-сульфатному электроду, мВ;

$\rho_{\text{экв}}$  – удельное сопротивление верхнего слоя грунта (в котором располагаются горизонтальные заземлители), Ом·м.

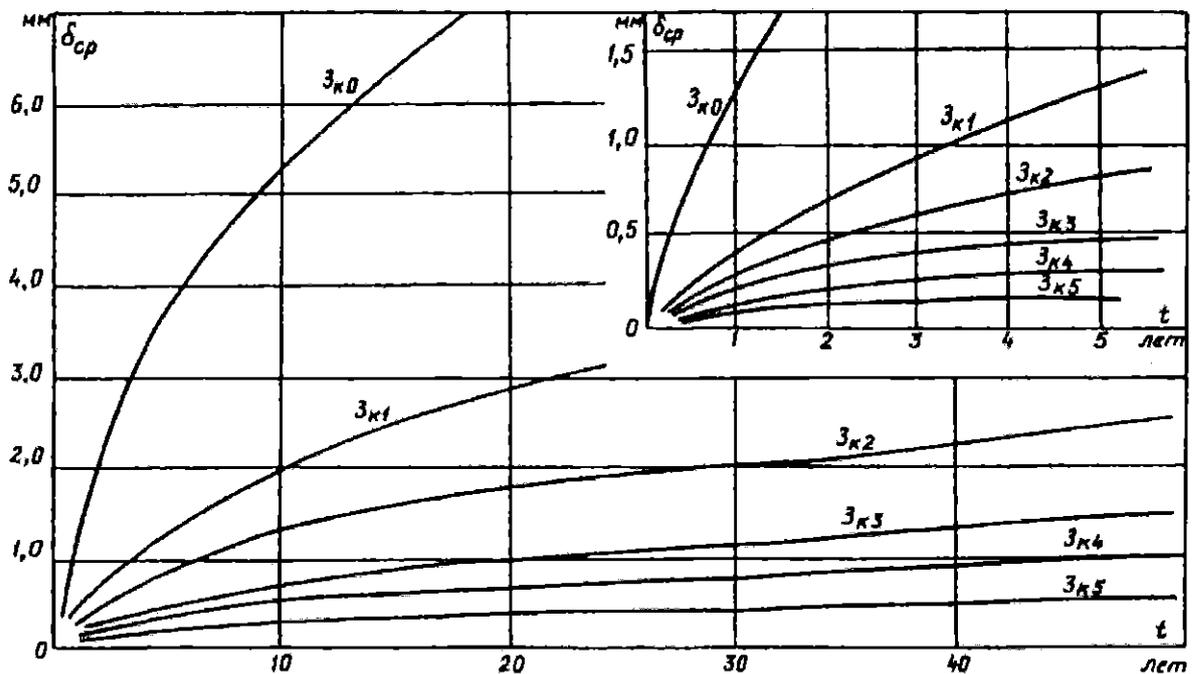
При отсутствии данных по значениям окислительно-восстановительного потенциала коррозионную зону можно определить по любому из физико-химических параметров, приведенных таблице В.2.

Т а б л и ц а В.2 - Определение коррозионной зоны по физико-химическим параметрам грунта

Удельное сопротивление верхнего слоя грунта, $\rho_{\text{ЭКВ}}, \text{Ом}\cdot\text{м}$	Концентрация агрессивных ионов в грунтовом растворе, С, %	Коррозионная зона	Качественная оценка коррозии
<2	0,1	K <sub>0</sub>	Очень сильная
2-5	0,05-0,1	K <sub>1</sub>	
5-10	0,015-0,05	K <sub>2</sub>	Сильная
10-20	0,005-0,015	K <sub>3</sub>	Средняя
20-100	0,001-0,005	K <sub>4</sub>	
>100	<0,001	K <sub>5</sub>	Слабая

П р и м е ч а н и е - Концентрация агрессивных ионов в грунтовом растворе, это масса находящихся в грунте ионов хлора и сульфатов (Cl<sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), отнесенное к массе грунта в %.

Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей  $\delta_{\text{к}}(t)$  для различных коррозионных зон приведена на рисунке В.1.

Рисунок В.1. Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей  $\delta_{\text{к}}(t)$  от времени для различных коррозионных зон

## **Библиография**

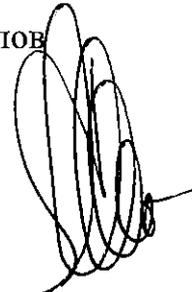
- [1] РД 45.155-2000      Заземление и выравнивание потенциалов аппаратуры ВОЛП на объектах проводной связи, утвержден Минсвязи России письмом от 31.07.2000 № 4757
  
- [2] ЦЭ-191              Инструкция по заземлению устройств энергоснабжения на электрифицированных железных дорогах, утверждена Министерством путей сообщения 10.06.1993
  
- [3]                      Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание, утвержденные приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204
  
- [4] СО                    153-      Инструкция по устройству молниезащиты  
34.21.122-2003      зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, утвержденная приказом Минэнерго России от 30.06.2003 №280

ОКС 01.110  
03.220.30  
45.020

ОКП  
318561 8  
318562 3

Ключевые слова: внешняя система молниезащиты, заземляющее устройство, система уравнивания потенциалов

Генеральный директор ЗАО  
«Форатек АТ»



Д.А. Милёхин

Руководитель разработки -  
заместитель генерального  
директора



Я.Ю. Плавник

Ответственный исполнитель -  
главный специалист  
технического отдела, к.ф.-м.н.



М.Б. Кузнецов