
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(EASC)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(EASC)



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
34696–
2020

СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ С ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ЭМИССИЕЙ СТРИМЕРА

Технические требования и методы испытаний

Издание официальное

Зарегистрирован

№ 15422

1 декабря 2020 г.



Минск

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации

Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств. В дальнейшем возможно вступление в ЕАСС национальных органов по стандартизации других государств.

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены».

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН научно-производственным республиканским унитарным предприятием «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС) совместно с ООО «Электра» (Екатеринбург, Российская Федерация)

2 ВНЕСЕН Госстандартом Республики Беларусь

3 ПРИНЯТ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протоколом от 30 ноября 2020 г. №135-П)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных (государственных) органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация также будет опубликована в сети Интернет на сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

Исключительное право официального опубликования настоящего стандарта на территории указанных выше государств принадлежит национальным (государственным) органам по стандартизации этих государств

Содержание

Введение	IV
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Система молниезащиты, использующая молниеприемники с опережающей эмиссией стримера (МОЭС)	5
4.1 Необходимость защиты от удара молнии	5
4.2 Составные элементы системы молниезащиты	5
5 Система молниезащиты с опережающей эмиссией стримера (СМОЭС)	6
5.1 Проектирование СМОЭС	6
5.2 Молниеприемники с опережающей эмиссией стримера (МОЭС)	7
5.3 Токоотводы	11
5.4 Уравнивание потенциалов токопроводящих частей	15
5.5 Уравнивание потенциалов СМОЭС	15
5.6 Электрическая изоляция внутренней СМОЭС	16
6 Заземление	18
6.1 Общие положения	18
6.2 Типы заземлителей	19
6.3 Дополнительные требования	20
6.4 Уравнивание потенциалов заземлителей	20
6.5 Ближе расположенные коммуникации и сооружения	21
6.6 Требования к конструкции	21
7 Специальные требования	21
7.1 Антенны	21
7.2 Места хранения взрывоопасных и огнеопасных веществ	21
7.3 Здания религиозно-культурного назначения	21
8 Техническая документация, контроль и обслуживание	22
8.1 Техническая документация	22
8.2 Порядок проверки	22
8.3 Отчет о проведенной проверке	23
8.4 Первоначальная проверка	23
8.5 Визуальный контроль	23
8.6 Полная проверка	24
8.7 Эксплуатация и техническое обслуживание	24
Приложение А (обязательное) Испытания МОЭС и предъявляемые требования	25
Приложение Б (обязательное) Защита персонала от поражения электрическим током в результате удара молнии	33
Приложение В (справочное) Примеры расчета коэффициента распределения тока k_c и разделительного промежутка	34
Библиография	36

Введение

Настоящий стандарт распространяется на системы молниезащиты, использующие молниеприемники (молниеуловители) с опережающей эмиссией стримера (МОЭС). На международном (IEC) и европейском (CENELEC) уровне данная система молниезащиты в настоящее время не стандартизована. Тем не менее СМОЭС уже длительное время применяются в ряде стран, где с этой целью приняты государственные (национальные) стандарты, стандарты организаций или иные документы, устанавливающие технические требования (спецификации) к МОЭС, например: NF C 17-102 (Франция), IMRA 2426 (Аргентина), MKS N.B4 810 (Македония), NP 4426 (Португалия), I-20 (Румыния), JUS N.B4.810 (Сербия), STN 34 1391 (Словакия), UNE 21186 (Испания), STR 2.01.06:2009 (Литва), ТКП В 230—2009 (Республика Беларусь), ТГН 34.210-301—2008 (Территориальные градостроительные нормы Свердловской области), СТО 083-004—2010 (Стандарт НП СРО «Союз Стройиндустрии Свердловской области»), СТО Газпром 2-1.11-170—2007 (ОАО «ГАЗПРОМ»).

Многие государства, не стандартизовавшие СМОЭС на общенациональном уровне, тем не менее допускают применение данной системы молниезащиты. Этим в ряде случаев пользуются строительные компании, иные хозяйствующие субъекты и даже органы государственного управления (например, ПАО «Газпром» и Министерство обороны Республики Беларусь, причем в отношении опасных объектов), особенно если ввиду местных обстоятельств или по эстетическим соображениям на защищаемом здании, сооружении или открытой площадке затруднительно либо невозможно установить обычную (пассивную) систему молниезащиты.

Основой СМОЭС является молниеприемник с опережающей эмиссией стримера (МОЭС) или, другими словами, активный молниеприемник. Такое устройство монтируется на здании, сооружении или отдельно стоящей мачте и создает охранную зону для всех объектов, в том числе антенн и архитектурно-ландшафтных объектов кровли. Данная система молниезащиты значительно отличается от классической на основе пассивных молниеприемников, представляющих собой ту или иную разновидность стержня Франклина, а также тросового или сетчатого варианта.

Грозовое облако создает между областью грозы и землей электрическое поле, напряженность которого может превысить 5 кВ на 1 м. Разряд молнии начинается с возникновения и развития лидера — слабосветящегося канала с током в несколько сотен ампер, распространяющегося от облака вниз или от наземного сооружения вверх (соответственно нисходящий и восходящий лидеры). Первый вариант (самый распространенный тип зарождения молнии) возникает под действием процессов в грозовом облаке, и его появление не зависит от наличия на поверхности земли каких-либо сооружений. По мере продвижения нисходящего лидера с наземных объектов могут возбуждаться направленные к облаку встречные лидеры (стримеры). Соприкосновение одного из них с нисходящим лидером (или касание последнего поверхности земли) определяет место удара молнии в землю или какой-либо объект.

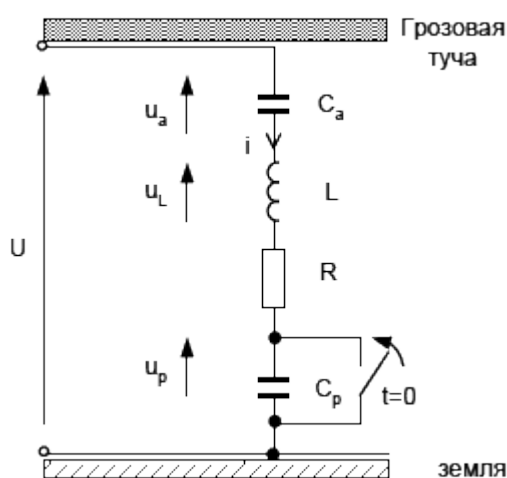
Чтобы обеспечить защиту от удара молнии, следует удар молнии сориентировать в заранее выбранную точку, из которой ток отводится в землю по токоотводу, обладающему минимальным сопротивлением. Устройство, ориентирующее и принимающее на себя прямой удар молнии, и есть молниеприемник, который может быть как пассивным, так и активным (или МОЭС). Принцип работы последнего основывается на использовании опережающей эмиссии стримера. Встроенный в корпус такого молниеприемника электронный блок при возникновении определенных условий за счет разницы потенциалов между грозовым облаком и поверхностью земли начинает вырабатывать высокочастотные импульсы. Как следствие, за доли секунды до разряда молнии на молниеприемнике возникает коронный разряд, образующий встречный восходящий разряд — стример с зарядом, противоположным заряду грозового облака. При встрече стримеров образуется ионизированный канал, по которому происходит разряд молнии. Этот канал увеличивает эффективную высоту молниеприемника и расширяет его защитную зону.

За счет принудительной генерации восходящего стримера МОЭС расстояние до точки встречи нисходящего и восходящего лидеров увеличивается по сравнению с пассивным молниеприемником (молниеуловителем). Как следствие, изменяется форма зоны защиты наземных объектов и увеличивается защищаемая площадь. Для СМОЭС в большинстве случаев достаточно одного молниеприемника без применения дополнительной молниезащитной сетки на кровле или «пространственной клетки» на зданиях. Как правило, при общих равных условиях удастся обойтись меньшим количеством молниеприемников и токоотводов и (или) меньшей высотой установки МОЭС.

Такой молниеприемник состоит из корпуса со встроенным генератором ионов и соединительной муфты для крепления к мачте. Работа генератора ионов не требует внешнего источника питания и обеспечивается благодаря разнице потенциалов между точкой нахождения молниеприемника и зем-

лей. В ряде моделей МОЭС использованы поддерживающие ионизацию активные и пассивные электроды.

Наиболее часто используется следующая принципиальная электрическая схема МОЭС:



Головка молниеприемника состоит из корпуса и стержня, которые являются одновременно электродом, собирающим электрический (конденсатор C_a) заряд из электрического поля U грозовой тучи (или исходящего лидера). Внутри корпуса находится специальная катушка с высокой индуктивностью (порядка несколько генри). На схеме это индуктивно-резисторный узел L - R . С катушкой последовательно соединен разрядник с емкостью C_p . Высоковольтные резисторы и конденсаторы соединены по схеме Маркса. Заряд конденсаторов от внешнего поля происходит через резисторы, а разряд — через разрядники, настроенные на напряжение порядка 12–14 кВ. При разряде конденсаторов напряжения складываются, и формируется импульс амплитудой более 200 кВ.

Процесс срабатывания молниезащиты складывается из двух фаз. Первая фаза — зарождение (появление) нижнего лидера. При приближении грозового фронта возрастает напряженность поля у поверхности земли, что приводит к наведению на антеннах молниеприемника напряжения, которым заряжается конденсатор C_p до максимального напряжения U_p (порядка 10–30 кВ). Разряд разрядника приводит к переключению тока через катушку. На стержне головки появляется (индуцируется) напряжение, величина которого почти в два раза может превышать величину, появляющуюся в случае применения классической системы.

Вторая фаза — переключенный ток молнии. При достижении напряжения на конденсаторах 10–30 кВ происходит пробой разрядников и формирование, как уже говорилось выше, короткого импульса величиной более 200 кВ. Его полярность противоположна полярности грозового фронта. Импульс создает ионизированный канал (обратный разряд) для направления молнии в молниеприемник. Этот ионизированный канал условно увеличивает действующую высоту молниеприемника, не зависящую от полярности грозового разряда, и многократно расширяет зону его защиты.

Как следует из принципа действия, основной характеристикой молниеприемника с опережающей (упреждающей) стримерной эмиссией является период времени создания обратного разряда. Этот параметр определяется экспериментально для каждого типа молниеприемника. Реальные условия моделируются в лаборатории высокого напряжения по принципу суперпозиции путем складывания напряженности постоянного поля, которое создается во время грозы, и направленного вниз импульсного поля разряда молнии. Результаты испытаний сравниваются со значением времени создания разряда от стержневого молниеприемника классического типа в одинаковых условиях.

На практике выбор модели МОЭС зависит от характеристик защищаемого объекта (требуемой степени защиты, радиуса зоны защиты и высоты установки молниеприемника).

Данный стандарт разработан с учетом положений государственных (национальных) и корпоративных стандартов ряда стран. В первую очередь это французский NF C 17-102 «Системы молниезащиты с опережающей стримерной эмиссией» в редакции от сентября 2011 г. Он заменил более ранний NF C 17-102 от 1995 г. Одновременно из международных стандартов IEC, распространяющихся на традиционные системы молниезащиты, а также из гармонизированных с ними государственных (национальных) стандартов государств — участников ЕАЭС позаимствованы применимые для СМОЭС общие положения, термины, определения, требования и методы испытаний.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ С ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ЭМИССИЕЙ СТРИМЕРА**Технические требования и методы испытаний**

Early streamer emission lightning protection systems

Technical requirements and test methods

Дата введения _____

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает технические требования к системам молниезащиты с использованием молниеприемников с опережающей эмиссией стримера (МОЭС), предназначенным для защиты сооружений, зданий, участков открытой местности и иных объектов от прямых ударов молнии. Система молниезащиты с опережающей эмиссией стримера (СМОЭС) должна быть выбрана, спроектирована, установлена на защищаемом объекте и испытана в соответствии с настоящим стандартом.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 18620—86 Изделия электротехнические. Маркировка

ГОСТ 30630.2.5—2013 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие соляного тумана

ГОСТ 30804.6.2—2013 (IEC 61000-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний

ГОСТ IEC 60079-10-1—2013 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ IEC 60079-10-2—2011 Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды

ГОСТ IEC 61000-6-3—2016 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-3. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок

ГОСТ IEC 61557-4—2013 Сети электрические распределительные низковольтные напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электробезопасность. Аппаратура для испытаний, измерений или контроля средств защиты. Часть 4. Сопrotивление заземления и эквипотенциального соединения

ГОСТ IEC 61643-11—2013 Низковольтные устройства для защиты от импульсных перенапряжений. Часть 11. Устройства для защиты от импульсных перенапряжений, в низковольтных силовых системах. Требования и методы испытаний

ГОСТ IEC 61643-21—2014 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к телекоммуникационным и сигнализационным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (www.easc.by), или по указателям национальных стандартов, издаваемых в государствах, указанных в предисловии, или на официальных сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

Если на документ дана недатированная ссылка, то следует использовать документ, действующий на текущий момент, с учетом всех внесенных в него изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то следует использовать указанную версию этого документа. Если после принятия настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение применяется без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 безопасное расстояние (separation distance): Расстояние между двумя проводящими элементами, при котором между ними не может произойти опасное искрение [1].

3.2 внешняя СМОЭС, изолированная от защищаемого объекта (external ESESystem isolated from the structure to be protected): Молниеприемная часть и система токоотводов СМОЭС, расположенные таким образом, чтобы ток молнии не мог проходить по защищаемому объекту.

Примечание — Для изолированной СМОЭС возникновение опасного искрения между ней и защищаемым объектом исключено.

3.3 внешняя СМОЭС, не изолированная от защищаемого объекта (external ESESystem not isolated from the structure to be protected): Молниеприемная часть и система токоотводов СМОЭС, расположенные таким образом, чтобы ток молнии мог проходить по защищаемому объекту.

3.4 внутренние системы (internal systems): Электрические и электронные системы, расположенные внутри здания [сооружения] [2].

3.5 главная шина уравнивания потенциалов (equipotential bonding main bar): Шина, используемая для соединения естественных компонентов, заземляющих проводников, заземлителей, экранов кабельных линий и других коммуникаций с системой молниезащиты.

3.6 здание [сооружение], опасное для окружающей среды (structures dangerous for the environment): Здание [сооружение], воздействие молнии на которое может вызвать распространение биологических, химических и радиоактивных веществ (химическое, нефтехимическое производство, ядерная установка и т. д.) [3].

3.7 здание [сооружение] с опасностью взрыва (structures with risk of explosion): Здание [сооружение], содержащее твердые взрывоопасные материалы, взрывчатые вещества или опасные зоны, установленные в соответствии с классификацией по ГОСТ IEC 60079-10-1 и ГОСТ IEC 60079-10-2 [3].

Примечание — С целью оценки риска в настоящем стандарте рассматриваются лишь объекты, содержащие опасные зоны типа «0» либо твердые взрывоопасные вещества.

3.8 защищаемый объект (object to be protected): Здания, сооружения и (или) их части, открытое пространство и (или) коммуникации, подлежащие защите от удара молнии.

Примечание — Защищаемый объект может входить в состав другого более крупного объекта.

3.9 зона, защищенная СМОЭС (ESESystem protected area): Защищенное СМОЭС пространство, для которого определены параметры электромагнитной среды.

3.10 зона молниезащиты; LPZ (lightning protection zone): Пространство, для которого определены параметры электромагнитной среды [3].

Примечание — Границы LPZ не обязательно определены физически (например, стены, перегородки, пол, потолок).

3.11 естественный компонент молниезащиты (natural component): Проводящий элемент, расположенный снаружи, встроенный в стены сооружения (объекта), который может быть использован как дополнительный заземляющий токоотвод СМОЭС.

Примечание — В случае СМОЭС естественные компоненты могут служить дополнением, но не единственным применяемым видом токоотвода, за исключением случаев цельнометаллических объектов.

3.12 импульсное перенапряжение (surge): Резкий подъем напряжения, вызванный электромагнитным импульсом удара молнии и проявляющийся в виде повышения электрического напряжения или тока до значений, представляющих опасность для изоляции или потребителя [3].

Примечание — Перенапряжения, вызванные электромагнитным импульсом удара молнии, могут быть вызваны токами молнии (частично), или эффектом индукции в проложенных контурах, или за счет остаточного перенапряжения за пределами зоны защиты УЗИП.

3.13 испытательный зажим (test joint): Зажим, предназначенный для удобства выполнения электрических измерений при испытаниях компонентов молниезащиты [4].

3.14 меры защиты (protection measures): Меры, предпринимаемые по отношению к защищаемому зданию [сооружению] с целью снижения риска [3].

3.15 металлическая арматура, соединенная между собой (interconnected reinforcing steel): Арматура железобетонных конструкций здания, которая обеспечивает электрическую непрерывность [1].

3.16 молниеприемник с опережающей эмиссией стримера; МОЭС (early streamer emission air terminal; ESEAT): Молниеприемник, вызывающий более раннее возникновение восходящего стримера, по сравнению с обычным стержневым молниеприемником при их работе в одинаковых условиях.

3.17 **номинальное выдерживаемое импульсное напряжение; U_w** (rated impulse withstand voltage level): Импульсное напряжение, установленное изготовителем для оборудования или его отдельных частей и характеризующее способность изоляции выдерживать временные перегрузки по напряжению [2].

Примечание — Для целей настоящего стандарта рассматривается общий случай импульсного выдерживаемого напряжения между токоведущими проводниками и землей.

3.18 **опасное искрение** (dangerous sparking): Электрический разряд, возникший внутри защищаемого объекта при ударе молнии, способный вызвать повреждение оборудования и создать опасность для людей.

3.19 **опасное событие** (dangerous event): Удар молнии в защищаемое здание [сооружение] или его окрестности [3].

3.20 **отказ электрических и электронных систем** (failure of electrical and electronic systems): Повреждение электрических и электронных систем вследствие электромагнитного импульса удара молнии [2].

3.21 **переходное перенапряжение атмосферного происхождения** (atmospheric originated transient surge voltage): Кратковременное скачкообразное повышение напряжения длительностью не более нескольких миллисекунд, колебательного или неколебательного характера, как правило быстро затухающее.

3.22 **плотность ударов молнии; N_g** (lightning ground flash density; N_g): Среднее число ударов молний в год на 1 км² поверхности определенной местности, получаемое на основе наблюдений метеорологических служб и иных сетей регистрации ударов молний в поверхность земли.

3.23 **потери; L_x** (loss): Отношение среднего количества погибших и травмированных людей или животных, разрушенной и поврежденной продукции, оборудования и т. д. (соответствующие указанному типу повреждений) к среднему их количеству, находящемуся в защищаемом здании [сооружении] на момент опасного события [3].

3.24 **приемлемый риск; R_T** (tolerable risk; R_T): Максимально допустимый уровень риска для защищаемого здания [сооружения] [3].

3.25 **разделительный искровой разрядник; РИР** (isolating Spark Gap; ISG): Компонент с разрядным расстоянием, позволяющим изолировать электропроводные секции конструкции [1].

Примечание — В случае удара молнии части установки являются временно связанными электрически в результате воздействия разряда.

3.26 **разряд молнии в землю** (lightning flash to earth): Электрический разряд между грозовым облаком и землей, состоящий из одного или нескольких ударов молнии [2].

3.27 **риск; R** (risk): Отношение вероятных средних ежегодных потерь людей и продукции, возникающих из-за воздействия молнии, к общему количеству людей и продукции, находящихся в защищаемом здании (сооружении) [3].

3.28 **система заземления СМОЭС** (earth termination system): Часть внешней СМОЭС, предназначенная для отвода и рассеивания тока молнии в землю.

3.29 **система мер защиты от электромагнитных импульсов, вызванных разрядами молнии** (LEMP protection measures system; LPMS): Комплекс мер защиты внутренних систем от электромагнитных импульсов, возникающих при разрядах молнии.

3.30 **система молниезащиты с опережающей эмиссией стримера; СМОЭС** (early streamer emission lightning protection system (ESESystem): Система в комплексе, включающая один или несколько МОЭС и другие дополнительные элементы, предназначенная для безопасного отвода тока молнии в землю с целью защиты объектов, сооружений, зданий или открытых площадок от прямых ударов молнии.

3.31 **система защиты от импульсных перенапряжений** (coordinated SPD system): Набор устройств защиты от импульсных перенапряжений, должным образом подобранных, согласованных и установленных, формирующий систему защиты, обеспечивающую снижение количества отказов электрических и электронных систем [2].

3.32 **система защиты от молнии; LPS** (lightning protection system): Комплексная система защиты от молнии, предназначенная для уменьшения физических повреждений зданий [сооружений] при ударе молнии в здание [2].

Примечание — LPS состоит из внешних и внутренних систем защиты от молнии.

3.33 **специальный токоотвод** (specific down-conductor): Токоотвод, не входящий в состав естественных элементов объекта.

3.34 **стандартизованный стержневой молниеприемник**; CCM (reference simple rod air terminal; SRAT): Металлический стержень, имеющий форму и размер, определенные в настоящем стандарте, и используемый в качестве эталона.

3.35 **телекоммуникационная линия** (telecommunication line): Линия коммуникаций, обеспечивающая связь с оборудованием, расположенным в здании [сооружении], в том числе линии телефонной связи или линии передачи данных [2].

3.36 **токоотвод** (down-conductor): Часть внешней системы молниезащиты, предназначенная для отведения тока молнии от молниеприемника в заземляющее устройство [5].

3.37 **точка поражения (молнией)** (point of strike): Место на поверхности земли или выступающий объект (например, здание, LPS, линии коммуникаций, дерево и т. п.), в которые ударяет молния [2].

3.38 **трубы** (pipes): Трубопроводы, предназначенные для транспортировки жидкости или газа к защищаемому объекту или от него, например газопровод, водопровод, маслопровод.

3.39 **удар молнии** (lightning stroke): Единичный электрический разряд молнии между облаком и землей [2].

3.40 **удар молнии вблизи здания [сооружения]** (lightning flash near an object): Удар молнии в точку поражения, расположенную достаточно близко от защищаемого здания [сооружения], который может вызвать перенапряжение в сети [2].

3.41 **удар молнии в объект** (lightning flash to an object): Удар молнии в точку поражения, относящуюся к защищаемому объекту.

3.42 **узел** (node): Точка на линиях коммуникаций, в которой в соответствии с предположениями распространением импульсного перенапряжения можно пренебречь [3].

Примечание — Примерами узла являются точки на отводе распределения линий электропередач на высоковольтном/низковольтном трансформаторе, канальном уплотнителе на линии связи или устройстве для защиты от перенапряжения (ограничителе перенапряжения), установленном вдоль линии.

3.43 **уравнивание потенциалов СМОЭС** (equipotential bonding): Соединение с СМОЭС наикратчайшим путем отдельных металлических элементов объекта непосредственно или с помощью устройств защиты от импульсных перенапряжений с целью снижения разности потенциалов между ними, вызванных током молнии.

3.44 **уровень защиты от молнии** (lightning protection level, LPL): Число, соответствующее ряду значений параметров тока молнии, характеризующее вероятность того, что соответствующие максимальные и минимальные значения параметров, принятые при проектировании, не будут превышены при естественном воздействии молнии [6].

Примечание — Уровень защиты от молнии используется при выборе мер защиты от тока молнии с определенными параметрами.

3.45 **устройство защиты от импульсных напряжений**; УЗИП (surge protective device; SPD): Устройство, предназначенное для ограничения переходных напряжений и отвода сверхтоков, содержащее как минимум один нелинейный компонент.

3.46 **физическое повреждение** (physical damage): Повреждение здания [сооружения] и его содержимого или линий коммуникаций, полученное вследствие воздействия молнии, повлекшее механическое, термическое, химическое повреждение или взрыв [2].

3.47 **электрическая система** (electrical system): Система, включающая в себя элементы, работающие от низковольтных источников напряжения [2].

3.48 **электромагнитный импульс молнии** (lightning electromagnetic impulse; LEMP): Все электромагнитные воздействия тока молнии, вызывающие импульсы перенапряжения и сверхтока и электромагнитные поля посредством резистивных, индуктивных и емкостных связей [6].

Примечание — Данный импульс включает в себя как кондуктивные скачки напряжения, так и наведенные пульсирующим электромагнитным полем.

3.49 **электронная система** (electronic system): Система, включающая в себя чувствительные электронные компоненты, такие как телекоммуникационное оборудование, компьютеры, системы управления и измерительные системы, системы радиосвязи, силовые электронные установки [2].

3.50 **эффektivность МОЭС**; ΔT (ESEAT efficiency; ΔT): Выраженный в микросекундах промежуток времени между моментами эмиссии стримера от МОЭС и стандартизованного стержневого молниеприемника.

Примечание — ΔT измеряется лабораторным методом при условиях, установленных в приложении А к настоящему стандарту.

4 Система молниезащиты, использующая молниеприемники с опережающей эмиссией стримера (МОЭС)

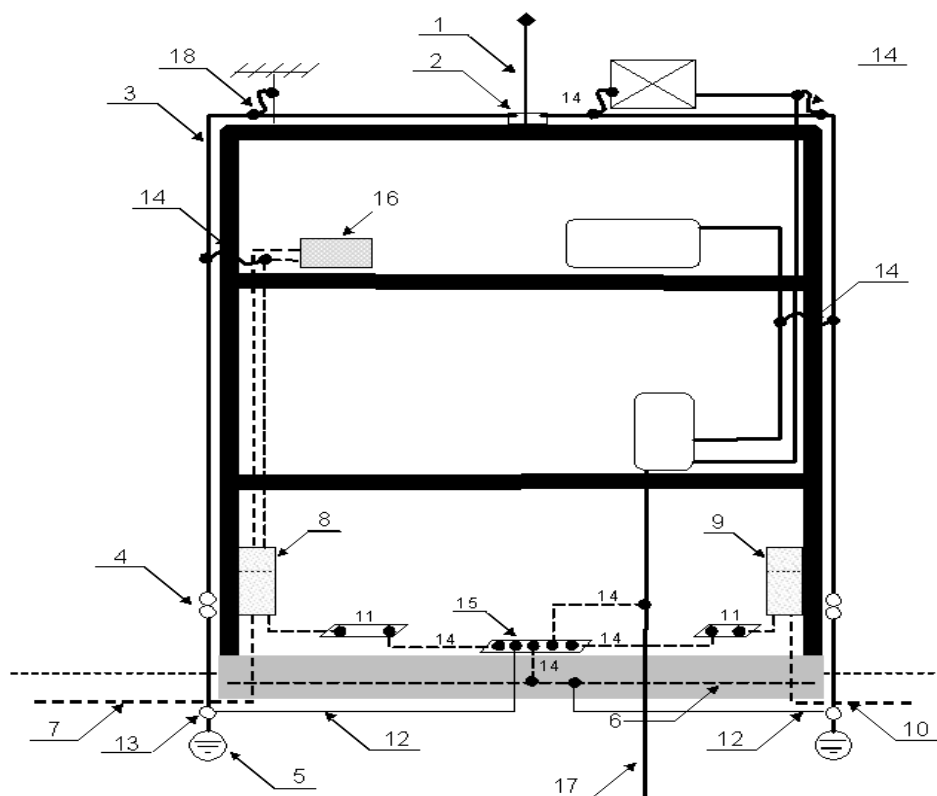
4.1 Необходимость защиты от удара молнии

Потребность в соответствующей молниезащите определяется исходя из целого ряда параметров, включая плотность ударов молнии в каждой рассматриваемой зоне. С этой целью проводится оценка рисков согласно [3]. Плотность ударов молнии определяется для каждого конкретного региона либо устанавливается на местном уровне на основании данных, предоставляемых станциями наблюдения, карт грозовой активности и статистической информации местных метеослужб.

Примечание 1 — В отдельных случаях может быть принято решение о применении защитных мер без учета статистических данных. Это делается, например, на основании установленных обязательных требований или иных соображений, поскольку некоторые факторы оценить невозможно, а необходимость минимизировать риск для жизни или обеспечить безопасность людей в здании может потребовать использования защиты, даже если расчетный уровень риска оказывается ниже допустимого значения.

4.2 Составные элементы системы молниезащиты

Система молниезащиты с МОЭС включает в себя элементы, указанные на рисунке 1.



- | | |
|---|---|
| 1 — один или несколько МОЭС; | 13 — испытательный зажим; |
| 2 — соединительный элемент; | 14 — одно или несколько соединений уравнивания потенциалов, присоединенных непосредственно либо проходящих через разделительный искровой разрядник; |
| 3 — не менее двух специальных токоотводов; | 15 — главная заземляющая шина; |
| 4 — испытательный зажим на каждом токоотводе; | 16 — электрическое оборудование (производственное, бытовое и т. д.); |
| 5 — заземление каждого специального токоотвода; | 17 — металлические коммуникации (трубы, каналы, рукава и т. п.); |
| 6 — фундаментный заземлитель (заземление здания); | 18 — одно или несколько соединений с антенной для уравнивания потенциалов, выполненных через искровой разрядник |
| 7 — электрический силовой кабель; | |
| 8 — главный распределительный щит питания с УЗИП; | |
| 9 — главный распределительный щит телекоммуникационного оборудования с УЗИП; | |
| 10 — телекоммуникационный кабель с УЗИП; | |
| 11 — одна или несколько шин уравнивания потенциалов; | |
| 12 — одно или несколько соединений уравнивания потенциалов с каждым заземлителем; | |

Рисунок 1 — Элементы системы молниезащиты и защищаемого объекта

5 Система молниезащиты с опережающей эмиссией стримера (СМОЭС)

5.1 Проектирование СМОЭС

В зависимости от требуемого уровня защиты от ударов молнии проектом должны быть определены места установки МОЭС, пути прокладки токоотводов, размещение и тип системы заземления.

Проект должен учитывать и включать в себя следующие данные:

- форму и уклон крыши;
- материал кровли, перегородок и внутренних конструкций;
- металлические части кровли и внешние металлические элементы, такие как газопровод, оборудование для кондиционирования воздуха, лестницы, антенны, водные резервуары и т. д.;
- водосточные трубы и ливневые стоки;
- выступающие части каркаса здания и материалы, из которых они выполнены (проводящие или диэлектрические);
- наиболее уязвимые части здания (выступающие элементы, такие как антенны, пилоны, флюгеры, заостренные элементы конструкции, камин, желоба, ребра, металлические предметы — венти-

ляционные выходы, ограждения очистных систем, перила, поручни, рампы, лестницы, солнечные батареи и др.), технические помещения на крышах и т. д.;

- места прокладки металлических контуров коммуникаций (вода, газ, электроснабжение и т. д.);
- ближайшие объекты, которые могут влиять на траекторию прохождения молнии, например воздушные линии электропередач, металлические изгороди, деревья и т. д.;
- характеристики окружающей среды, вызывающей повышенную опасность коррозии (солевая среда, нефтехимические предприятия, цементные заводы и т. д.);
- наличие огнеопасных материалов, чувствительного оборудования (компьютерное оборудование или иная электронная техника), особо ценного имущества или невозполнимых ценностей и т. д.

5.2 Молниеприемники с опережающей эмиссией стримера (МОЭС)

5.2.1 Общие положения

МОЭС состоит из острия (наконечника), генератора ионов, корпуса, элемента крепления к мачте и устройства подключения токоотводов. Генератор ионов, заключенный в корпус с острием на вершине, представляет собой молниеприемную головку МОЭС.

Размеры зоны, защищаемой МОЭС, определяются по его эффективности, как указано в 5.2.2.

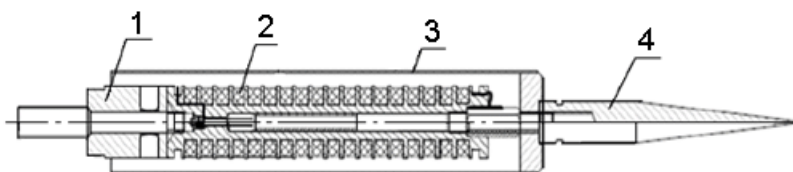
МОЭС должен быть установлен на самой высокой части здания (сооружения). Место установки должно быть самой высокой точкой в пределах защищаемой зоны.

На рисунках 2 и 3 представлены пример общего устройства молниеприемной головки МОЭС и схема системы внешней молниезащиты.

5.2.2 Эффективность МОЭС

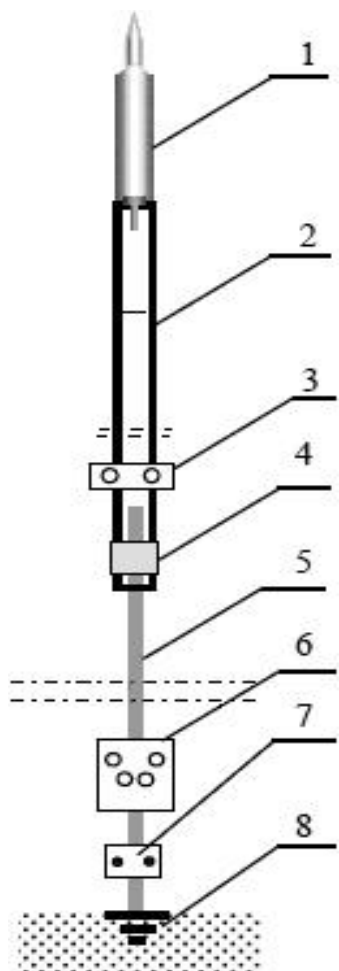
МОЭС характеризуется своей эффективностью ΔT , определяемой в ходе проведения специальных испытаний (см. приложение А).

В качестве максимального значения для ΔT принимается 60 мкс, даже если в результате проведенных испытаний будут получены значения, превышающие эту величину.



1 — соединительное гнездо; 2 — блок сеток; 3 — корпус; 4 — острие

Рисунок 2 — Пример общего устройства МОЭС



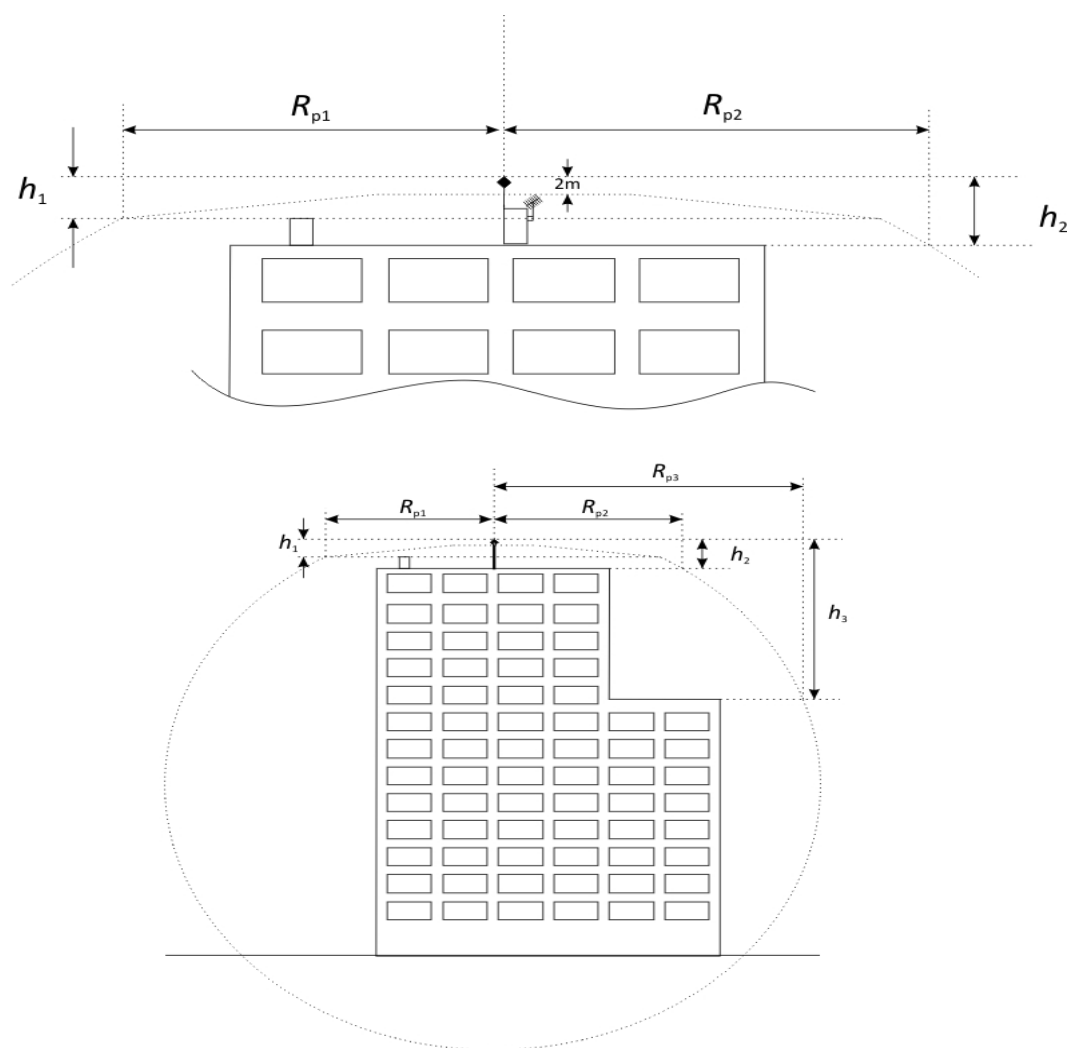
- 1 — корпус молниеприемника;
- 2 — мачта;
- 3 — держатель мачты;
- 4 — соединитель мачты и токоотвода;
- 5 — токоотвод;
- 6 — счетчик молний;
- 7 — испытательный зажим;
- 8 — система заземления

Рисунок 3 — Схема системы внешней молниезащиты

5.2.3 Расположение МОЭС

5.2.3.1 Зона, защищаемая СМОЭС

Защищаемая зона представляет собой пространство, охватываемое поверхностью вокруг оси МОЭС с радиусами защиты на различных высотах h , начало которых совпадает с осью молниеприемника (см. рисунок 4).



h_n — высота острия МОЭС над горизонтальной плоскостью, совпадающей с наиболее удаленной точкой защищаемого объекта;

R_{pn} — радиус защиты МОЭС на высоте h_n .

Рисунок 4 — Радиус защиты (для варианта $h_1 = 5$ м)

5.2.3.2 Радиус защиты

Радиус защиты МОЭС определяется высотой расположения самого молниеприемника h над защищаемым объектом, эффективностью молниеприемника и выбранным уровнем защиты от молнии согласно [3] в соответствии со следующими формулами:

$$R_p = \sqrt{h(2r - h) + \Delta(2r + \Delta)} \text{ для } h \geq 5 \text{ м,} \quad (1)$$

$$R_p = h \times R_p(5) / 5 \text{ для } 2 \text{ м} \leq h \leq 5 \text{ м,} \quad (2)$$

где $R_p(h)$ — соответствует радиусу защиты на высоте острия МОЭС h над горизонтальной плоскостью, совпадающей с наиболее удаленной точкой защищаемого объекта, м;

- r
- 20 м для уровня защиты I;
 - 30 м для уровня защиты II;
 - 45 м для уровня защиты III;
 - 60 м для уровня защиты IV;

Δ — линейный эквивалент эффективности МОЭС, выраженный в метрах и численно равный величине эффективности МОЭС ΔT в микросекундах, полученной в результате испытаний согласно приложению А.

Для зданий высотой свыше 60 м следует применять требования, изложенные в 5.2.3.4.

5.2.3.3 Выбор и расположение МОЭС

Для создания любой системы молниезащиты необходимо провести анализ рисков с целью определения минимального требуемого уровня молниезащиты.

Место установки молниеприемника выбирается исходя из требований, изложенных в 5.2.1 и 5.2.5.

Необходимый радиус защиты R_p для обеспечения покрытия объекта зоной молниезащиты определяется в зависимости от характеристик и конфигурации здания.

Высота установки МОЭС и его эффективность определяются в зависимости от результатов расчетов, полученных согласно 5.2.3.1 и 5.2.3.2 для каждого отдельного типа МОЭС.

5.2.3.4 Защита высоких зданий (свыше 60 м)

Для 20 % наиболее высоких элементов конструкции зданий, высота которых более 60 м (см. рисунок 5), и для любой точки, расположенной на высоте более 120 м, следует устанавливать дополнительную защиту от прямого удара молнии на каждой наружной стене в соответствии с настоящим стандартом. Как правило, должно быть установлено не менее четырех токоотводов, связанных между собой кольцевым поясом, которые должны по возможности располагаться на каждом углу здания или распределяться вдоль его периметра.

Примечание — Вероятность боковых ударов молнии относительно невелика по сравнению с общим числом ударов молнии, которые могут попасть в сооружения, к тому же боковые удары по своим параметрам гораздо слабее, чем удары, приходящиеся на кровлю здания.

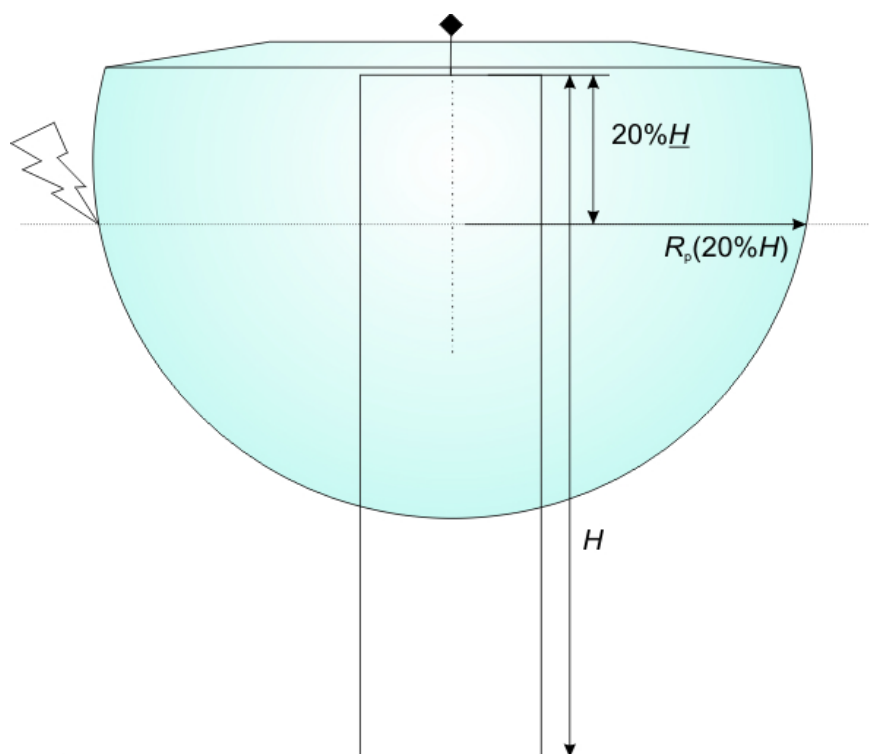


Рисунок 5 — Дополнительная защита от прямых ударов молнии для 20 % верхней части здания высотой более 60 м

5.2.3.5 Уровни защиты от молнии I⁺ и I⁺⁺

Уровни защиты от молнии I⁺ и I⁺⁺ определены как степень защиты от прямого удара молнии на уровне 99 % и 99,9 % соответственно и предусматривают использование дополнительных мер:

Уровень защиты от молнии I⁺: СМОЭС с уровнем защиты I дополнительно соединяется с металлическим каркасом защищаемого объекта либо с арматурой его железобетонных конструкций, используемой как естественный токоотвод, помимо специальных токоотводов, входящих в СМОЭС согласно 5.3. Подсоединение к естественным токоотводам должно выполняться на уровне кровли и земли. Если токоотводы не соединены между собой на уровне кровли, то для выполнения данного требования может быть использован кольцевой пояс, расположенный над кровлей. Токоотводы должны быть соединены между собой на уровне земли заземляющим контуром или специальным

проводником.

При отсутствии естественных токоотводов либо в случае, когда хотя бы одно из вышеуказанных требований не выполнено, уровень защиты I⁺ считается недостижимым.

Уровень защиты от молнии I⁺⁺: обеспечено соединение СМОЭС с естественными токоотводами защищаемого объекта, как предусмотрено для уровня защиты I⁺, и при этом расчетный радиус защиты МОЭС уменьшен на 40 % относительно значений, приведенных в 5.2.3.2, для обеспечения полной защиты находящегося на крыше оборудования от прямого удара молнии.

5.2.4 Требования к конструкции

Требования к конструкции МОЭС установлены в [5] и таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Требования к конструкции МОЭС

Наименование показателя	Значения
Диапазон температур, не нарушающих работоспособность, °С	от –40 до +60
Материалы	Нержавеющая сталь, медь, сталь горячей гальванизации
Габаритные размеры молниеприемника, см, не более:	
- диаметр	20
- высота	65
Масса молниеприемника, кг, не более	4,5
Стойкость к коррозии, лет, не менее	25
Степень защиты	IP65

5.2.5 Установка

Верхняя часть острия МОЭС должна располагаться как минимум на 2 м выше самой высокой точки защищаемого здания (сооружения) или открытой площадки, включая антенны, градирни, кровли зданий, резервуары и т. д.

При проектировании СМОЭС рекомендуется принимать в расчет архитектурные элементы здания (сооружения), которые могут быть использованы для установки молниеприемника, например такие высокорасположенные элементы, как:

- помещения на плоской крыше;
- коньки двускатной крыши;
- каминные и печные трубы, выполненные из металла или кирпичной кладки.

Молниеприемники СМОЭС, защищающих открытые участки местности (спортивные площадки, поля для гольфа, бассейны, кемпинги, открытые парковки и т. д.), должны устанавливаться на специальных опорах, например на вышках для освещения, столбах, пилонах или тому подобных объектах, расположенных поблизости и позволяющих МОЭС перекрыть защищаемую зону.

МОЭС также может устанавливаться на специально сооруженной, отдельно стоящей мачте. В случае использования токопроводящих проволочных оттяжек они должны быть подключены в анкерной точке на земле к токоотводам с помощью соответствующих проводников, отвечающих требованиям [5].

5.3 Токоотводы

5.3.1 Общие положения

Назначение токоотводов состоит в том, чтобы проводить ток молнии от МОЭС к системе заземления. Предпочтительнее размещать токоотводы снаружи защищаемого объекта.

Каждый из токоотводов необходимо подключать к МОЭС с помощью соединительной системы, установленной на мачте. Мачта должна включать в себя механический адаптивный крепежный узел, обеспечивающий постоянный электрический контакт.

Если токоотводы размещены на стене из горючего материала и не выполнены из меди, то во избежание опасного повышения температуры необходимо обеспечить хотя бы одно из следующих условий:

- расстояние от стены не менее 0,10 м;
- площадь поперечного сечения проводника не менее 100 мм².

Два токоотвода можно рассматривать как независимые, если они не параллельны (понятие «параллельно» в данном случае означает, что расстояние между токоотводами по прямой превышает 2 м).

Для решения каких-либо возникающих на практике задач допускается проводить по одному и тому же маршруту не более 5 % токоотводов от полной длины наиболее короткого токоотвода.

5.3.2 Количество токоотводов

В неизолированной СМОЭС каждый молниеприемник должен быть подключен как минимум к двум токоотводам. Для лучшего распределения тока эти токоотводы должны проходить по разным внешним стенам здания, за исключением случая, когда осуществить данную меру технически невозможно.

Как минимум один из токоотводов должен быть специальным (не являться естественным элементом защищаемого объекта), выполненным в соответствии с требованиями [5], ввиду того, что естественные токоотводы могут быть удалены, разорваны (рассоединены составные части) или модифицированы без учета их принадлежности к системе молниезащиты. Если на одном здании установлено несколько МОЭС, то токоотводы для них могут быть использованы совместно при условии, что разделительный промежуток, рассчитанный для всего комплекса системы молниезащиты, позволяет подобное использование токоотводов. Так, если на крыше размещено n МОЭС, то нет необходимости иметь $2n$ токоотводов, но их обязательно должно быть не менее n .

Необходимо, чтобы количество специальных токоотводов, соответствующих [5], было не менее числа МОЭС, установленных на здании. Соблюдение разделительного промежутка позволяет определить количество необходимых токоотводов, а также возможность их совместного использования. Увеличение количества специальных токоотводов позволяет уменьшить разделительный промежуток.

Методы и примеры расчета величины разделительного промежутка в зависимости от количества токоотводов содержатся в 5.6, приложении В и [1].

Для изолированной СМОЭС необходим хотя бы один токоотвод для каждого МОЭС.

При наличии пилонов, мачт, печных и каминных труб или других металлических элементов здания (сооружения):

- металлическая конструкция может быть использована в качестве первого токоотвода, если она удовлетворяет требованиям 5.3.9 к естественному токоотводу;

- если металлоконструкция изолирована, то она может быть использована как единственный необходимый токоотвод, а дополнительный специальный токоотвод в этом случае не требуется;

- неизолированная металлическая конструкция может рассматриваться как два необходимых токоотвода, если площадь ее сечения составляет не менее 100 мм². Если площадь сечения металлоконструкции находится в пределах от 50 до 100 мм², то необходим второй специальный токоотвод, отвечающий требованиям [5]. Конструкция, не удовлетворяющая требованиям к естественным токоотводам, требует наличия одного или двух специальных токоотводов.

Примечание — Естественные элементы должны иметь низкое и постоянное полное сопротивление. Может понадобиться дополнительный специальный токоотвод, соответствующий [5], для обеспечения достаточно низкого сопротивления.

5.3.3 Маршрут прокладки токоотводов

Необходимо, чтобы маршрут прокладки токоотвода был максимально близок к прямой линии. Токоотвод должен проходить по кратчайшему максимально прямому пути, избегая подъемов и изгибов под острым углом. Необходимо, чтобы радиусы изгибов были не менее 20 см (см. рисунок 6). При прокладке токоотводов предпочтительно использовать боковые изгибы, расположенные в основной плоскости прокладки.

Маршрут прокладки токоотводов не должен проходить вдоль линий электропередач и пересекать их.

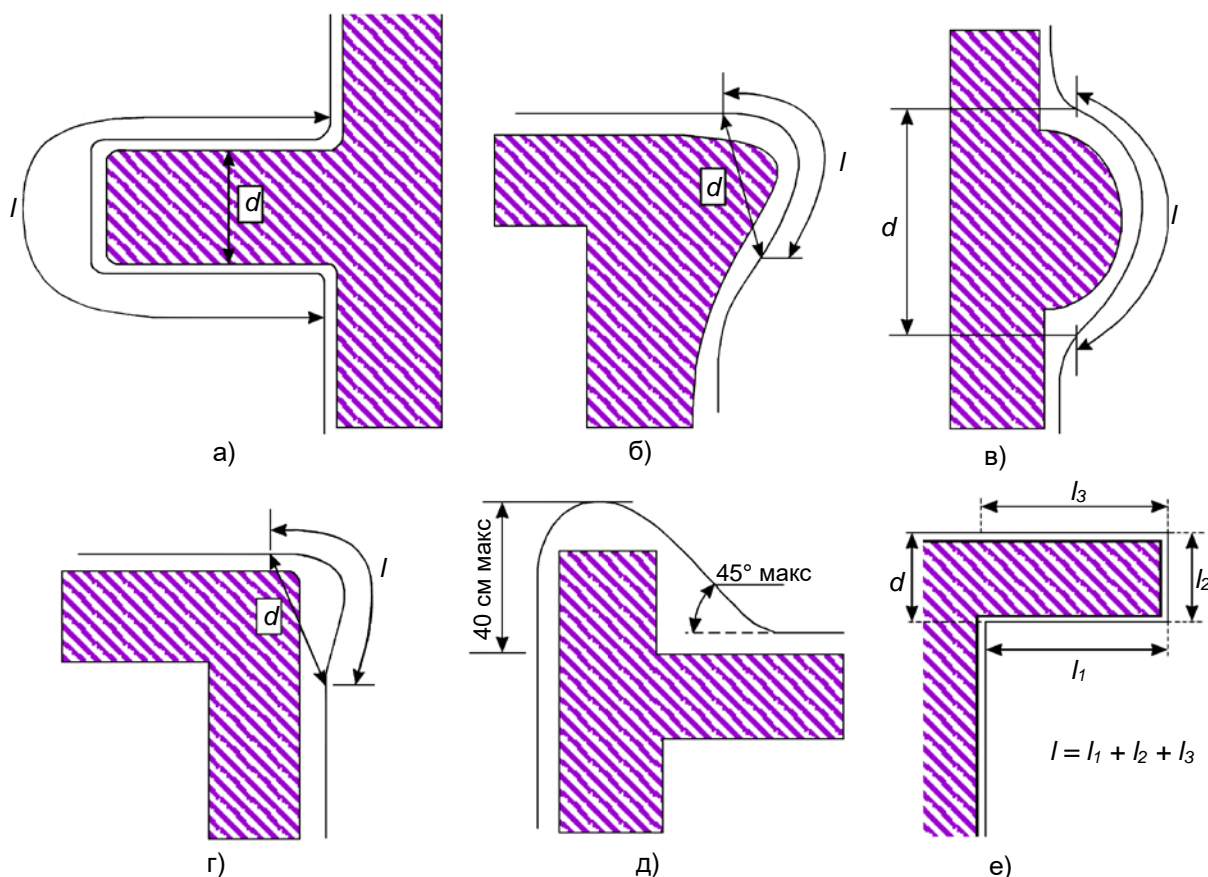
Необходимо избегать прокладки токоотводов вокруг стен парапета, карнизов и аналогичных препятствий. Необходимо обеспечить максимально прямую траекторию линии прокладки. В то же время допускается подъем вверх для обхода препятствия при условии, что суммарная высота препятствия составляет не более 40 см, а уклон не превышает 45° (см. рисунок 6, д)). В противном случае необходимо провести расчеты по 5.6, приняв $l = l_1 + l_2 + l_3$ для определения минимального радиуса изгиба (см. вариант е) на рисунке 6).

Для варианта г) на рисунке 6 условие $d > l / 20$ всегда выполняется, поскольку $d = l / \sqrt{2}$ для любой длины l .

Расстояние между токоотводами и возможным подсоединением кольцевых поясов сопоставляют с разделительными промежутками.

Фиксация токоотводов осуществляется из расчета не менее трех узлов крепления на 1 м (примерно на каждые 33 см длины). Необходимо, чтобы все типы креплений соответствовали типу кронштейнов, а установка кронштейнов не нарушала герметичность кровли. Также должно быть учтено возможное температурное расширение токоотводов. Не допускается сверлить в них крепежные отверстия.

Все проводники должны быть соединены между собой с помощью хомутов, изготовленных из того же материала, что и проводники, и скрепленных заклепками, сваркой или пайкой.



l — длина петли изгиба, м;
 d — ширина петли изгиба, м.

Риск электрического пробоя отсутствует при соблюдении условия: $d > l / 20$.

Рисунок 6 — Форма изгиба токоотвода

Токоотводы должны быть защищены от механических повреждений при помощи защитных кожухов (труб) до высоты не менее 2 м над поверхностью земли.

Примечание — Способы защиты персонала от риска контактного или шагового напряжения изложены в приложении Б.

5.3.4 Прокладка токоотводов внутри защищаемого объекта

Если токоотвод невозможно проложить снаружи здания (сооружения), то он может быть установлен внутри него частично или по всей высоте этого объекта. В таком случае токоотвод прокладывается в специальном изолированном канале, выполненном из негорючих материалов.

Необходимый уровень изоляции данного канала определяется расчетом изолирующего промежутка.

Эксплуатирующий персонал здания должен быть проинформирован о трудностях, связанных с выполнением проверок и обслуживанием токоотводов, а также о соответствующем риске перенапряжения внутри здания.

Доступ людей к специальному изолированному каналу в грозовой период должен быть запрещен. В противном случае необходимо принять такие же защитные меры, как и для наружных токоотводов (см. приложение Б), включая эквипотенциальные соединения этажей с проложенными токоотводами.

5.3.5 Наружная обшивка

При наличии у здания наружной металлической, каменной или стеклянной облицовки либо фасадного покрытия токоотвод может быть проложен по бетонной наружной стене либо по основному каркасу под покрытием.

В этом случае токопроводящие части покрытия должны быть подключены к токоотводу в их верхней и нижней части.

Токоотвод, выполненный не из меди, должен располагаться на расстоянии не менее 10 см от огнеопасного материала наружной обшивки, если площадь его поперечного сечения составляет менее 100 мм². Для токоотводов с поперечным сечением 100 мм² и более расстояние между токоотводом и изолирующим материалом не регламентируется.

Примечание — Аналогичные требования применяются к любому огнеопасному материалу, даже если это касается кровли (например, кровля из соломы).

5.3.6 Требования к конструкции

Конструкция токоотводов должна соответствовать [4] и [5].

5.3.7 Испытательный зажим

Необходимо, чтобы каждый токоотвод имел испытательный зажим, позволяющий отсоединить заземление для выполнения необходимых измерений.

Испытательные зажимы обычно монтируются в нижней части токоотводов. Для токоотводов, установленных на металлических стенах, или в случае, если система молниезащиты не оборудована токоотводом, испытательные зажимы должны быть установлены между каждой системой заземления и металлическим элементом, к которому подсоединено заземление. В этом случае испытательные зажимы устанавливаются внутри смотрового окна (колодца) в соответствии с требованиями [7] с опознавательным символом «заземление» \perp .

5.3.8 Счетчик ударов молнии

Если СМОЭС оснащена счетчиком ударов молнии, то необходимо, чтобы такой счетчик был установлен на самом прямом участке токоотвода и располагался по возможности непосредственно над испытательным зажимом. Счетчик должен отвечать требованиям [8].

5.3.9 Естественные компоненты

Отдельные токопроводящие элементы объекта могут заменять полностью или частично токоотвод либо дополнять его.

5.3.9.1 Естественные компоненты, способные частично или полностью заменить токоотвод

Внешние соединенные между собой стальные элементы объекта (металлический каркас) могут быть использованы как токоотвод, если они являются токопроводящими. В этом случае МОЭС непосредственно подсоединяется к металлическому элементу такой структуры, нижняя часть которой должна быть подключена к заземлению.

Использование естественных токоотводов должно отвечать требованиям уравнивания потенциала согласно 5.4.

5.3.9.2 Естественные компоненты, дополняющие токоотводы

Естественными компонентами, которые могут использоваться с целью дополнения комплекса специальных молниеотводов, являются:

а) железобетонная и иная металлическая арматура, состоящая из соединенных элементов и представляющая собою электрически непрерывную цепь:

- внутренние металлические конструкции, арматура железобетонных конструкций и металлоконструкции внутри перегородок при условии, что для этого имеются специальные клеммы в верхней и нижней части;
- внешние металлоконструкции, не проходящие по всей высоте сооружения.

Примечание 1 — При использовании предварительно напряженного бетона следует обратить особое внимание на риск механического воздействия, вызванного прохождением тока молнии по системе защиты;

б) металлические листы (кровельное железо), покрывающие защищаемый объект, при условии, что:

- обеспечена надежная целостность токопроводящей цепи между различными частями;
- листы не покрыты изолирующим материалом.

Примечание 2 — Тонкий слой защитной краски (до 0,5 мм), 1 мм бетона или слой ПВХ до 0,5 мм не могут рассматриваться как слой изоляции;

в) металлические трубопроводы, если толщина их стенок составляет не менее 2 мм.

5.4 Уравнивание потенциалов токопроводящих частей

Внутренняя СМОЭС должна предотвращать возможность появления опасного искрения внутри защищаемого объекта в результате протекания тока молнии по внешним элементам системы молниезащиты или по другим токопроводящим частям конструкции.

Опасное искрение может возникнуть, с одной стороны, между наружными элементами СМОЭС, а с другой стороны, между следующими типами оборудования:

- металлическими конструкциями;
- внутренними системами;
- наружными токопроводящими элементами и линиями (коммуникациями), подключенными к защищаемому объекту.

Возникновения опасного искрения можно избежать при помощи:

- уравнивания потенциалов (см. 5.5);
- электрической изоляции между элементами (см. 5.6).

5.5 Уравнивание потенциалов СМОЭС

5.5.1 Общие положения

Уравнивание потенциалов обеспечивается за счет подсоединения СМОЭС к:

- металлическим элементам объекта;
- металлоконструкциям;
- внутренним системам;
- наружным токопроводящим элементам и линиям (коммуникациям), входящим в защищаемый объект.

В случае обеспечения эквипотенциального соединения внутренней системой молниезащиты часть тока молнии может стекать внутрь защищаемого объекта, что необходимо принимать в расчет.

Средствами межэлементного соединения могут быть:

- соединительные проводники, если отсутствует естественная целостность проводящей цепи;
- УЗИП, если невозможно обеспечить непосредственное соединение с помощью соединительных проводников.

Способ организации эквипотенциального соединения должен быть согласован со службами телекоммуникационных сетей и электросетей, иными заинтересованными организациями и органами с целью исключения противоречащих друг другу требований.

УЗИП устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить возможность их проверки.

Примечание — В случае установки молниезащиты с СМОЭС наружные металлические части защищаемой конструкции могут быть повреждены. При разработке системы молниезащиты этот факт необходимо учитывать. Может возникнуть вопрос необходимости уравнивания потенциалов наружных металлических частей.

5.5.2 Уравнивание потенциалов металлических конструкций в целях молниезащиты

В случае применения внешней изолированной СМОЭС уравнивание потенциалов должно обеспечиваться только на уровне грунта.

В случае применения неизолированной внешней СМОЭС уравнивание потенциалов должно быть обеспечено в следующих местах:

а) в подвале или примерно на уровне земли. Проводники уравнивания потенциалов должны быть соединены со специальной соединительной шиной уравнивания потенциалов, установленной таким образом, чтобы обеспечивался легкий доступ для проверки. Данная шина должна быть подсоединена к системе заземления. Для протяженных конструкций (длиной более 20 м) могут устанавливаться несколько таких шин, соединенных между собой;

б) там, где не соблюдены требования изоляции (см. 5.6).

Соединения проводников уравнивания потенциалов должны быть по возможности прямыми и прочными.

Примечание — Если уравнивание потенциалов организуется между токоведущими проводниками и конструктивными элементами здания (сооружения), то часть тока молнии может уходить в конструкцию, что следует учитывать.

Требования к минимальным значениям сечений проводников между различными шинами уравнивания потенциалов и проводников, соединяющих данные шины с системой заземления, указаны в таблице 2.

Минимальные значения сечений проводников уравнивания потенциалов между внутренними металлическими конструкциями и шинами уравнивания потенциалов указаны в таблице 3.

Таблица 2 — Минимальные значения площади поперечных сечений проводников между различными шинами уравнивания потенциалов и проводников, соединяющих данные шины с системой заземления

Уровень защиты	Материал	Площадь поперечного сечения, мм ²
От I до IV	Медь	16
	Алюминий	22
	Сталь	50

Таблица 3 — Минимальные значения площади поперечных сечений проводников уравнивания потенциалов между внутренними металлическими конструкциями и шинами уравнивания потенциалов

Уровень защиты	Материал	Площадь поперечного сечения, мм ²
От I до IV	Медь	6
	Алюминий	8
	Сталь	16

Соединение может быть организовано при помощи разделительного искрового разрядника в соответствии с требованиями [9].

5.5.3 Уравнивание потенциалов наружных токопроводящих элементов в целях молниезащиты

Для наружных токопроводящих элементов уравнивание потенциалов должно быть организовано как можно ближе к точке ввода в защищаемый объект.

Необходимо, чтобы соединительные проводники уравнивания потенциалов выдерживали протекающий по ним ток молнии.

Соединение может быть организовано при помощи разделительного искрового разрядника в соответствии с требованиями [9].

5.5.4 Уравнивание потенциалов внутренних систем в целях молниезащиты

Уравнивание потенциалов внутренних систем в целях молниезащиты должно соответствовать требованиям 5.5.2, перечисление а), и 5.5.2, перечисление б).

Если проводники внутренних систем экранированы или проложены в металлических каналах (трубах), то будет достаточно соединить указанные экраны и металлические каналы.

Если указанные проводники не экранированы и не проложены в металлических каналах, то все проводники этих систем должны быть заземлены через УЗИП. Для TN-систем проводники PE и PEN должны быть подсоединены к СМОЭС непосредственно или через УЗИП.

Проводники уравнивания потенциалов и РИР должны иметь характеристики, указанные в 5.5.2.

Если требуется организовать защиту внутренних систем от импульсного перенапряжения, то следует использовать скоординированную систему защиты от импульсных перенапряжений, соответствующую требованиям ГОСТ IEC 61643-11 и [10].

5.5.5 Уравнивание потенциалов коммуникаций в целях молниезащиты

Уравнивание потенциалов линий электропередачи и телекоммуникаций, подведенных к защищаемому объекту, должно быть выполнено в соответствии с 5.5.3.

Все проводники каждой линии следует соединить непосредственно или через УЗИП. Фазные (находящиеся под напряжением) проводники должны быть подсоединены к шине уравнивания потенциалов только через УЗИП. Для TN-систем проводники PE или PEN должны быть подсоединены к данной шине непосредственно или через УЗИП.

Если проводники защищены экраном или проложены в металлических каналах (трубах), то данные экраны и каналы должны быть соединены.

Уравнивание потенциалов экранов и металлических каналов в целях молниезащиты должно выполняться вблизи точки их ввода в объект.

Соединительные проводники и УЗИП должны иметь те же характеристики, что и указанные в 5.5.3.

Если требуется организовать защиту от импульсного перенапряжения внутренних систем, подключенных к линиям (коммуникациям), входящим в объект, то необходимо использовать скоординированную систему защиты от импульсных перенапряжений, соответствующую требованиям ГОСТ IEC 61643-11 и [10].

5.6 Электрическая изоляция внутренней СМОЭС

Электрическая изоляция между молниеприемниками или токоотводами и металлическими элементами объекта, металлическими установками и внутренними системами может выполняться по-

средством разделительного промежутка между указанными элементами. Величина разделительного промежутка рассчитывается по следующей формуле:

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l, \quad (3)$$

где s — величина разделительного промежутка, м;

k_i — коэффициент выбранного уровня защиты (см. таблицу 4);

k_m — коэффициент электрической изоляции материала, заполняющего разделительный промежуток (см. таблицу 5);

k_c — коэффициент распределения тока, протекающего по молниеприемникам и токоотводам (см. приложение В);

l — длина участка вдоль токоотводов от точки, для которой рассчитывается разделительный промежуток, до ближайшей точки эквипотенциального соединения, м.

Длина l вдоль молниеприемника может не приниматься в расчет для конструкций со сплошной металлической кровлей, выполняющей роль естественного молниеприемника. На рисунке 7 представлена информация, поясняющая прямую зависимость величины разделительного промежутка от длины вдоль токоотвода до ближайшей точки эквипотенциального соединения P .

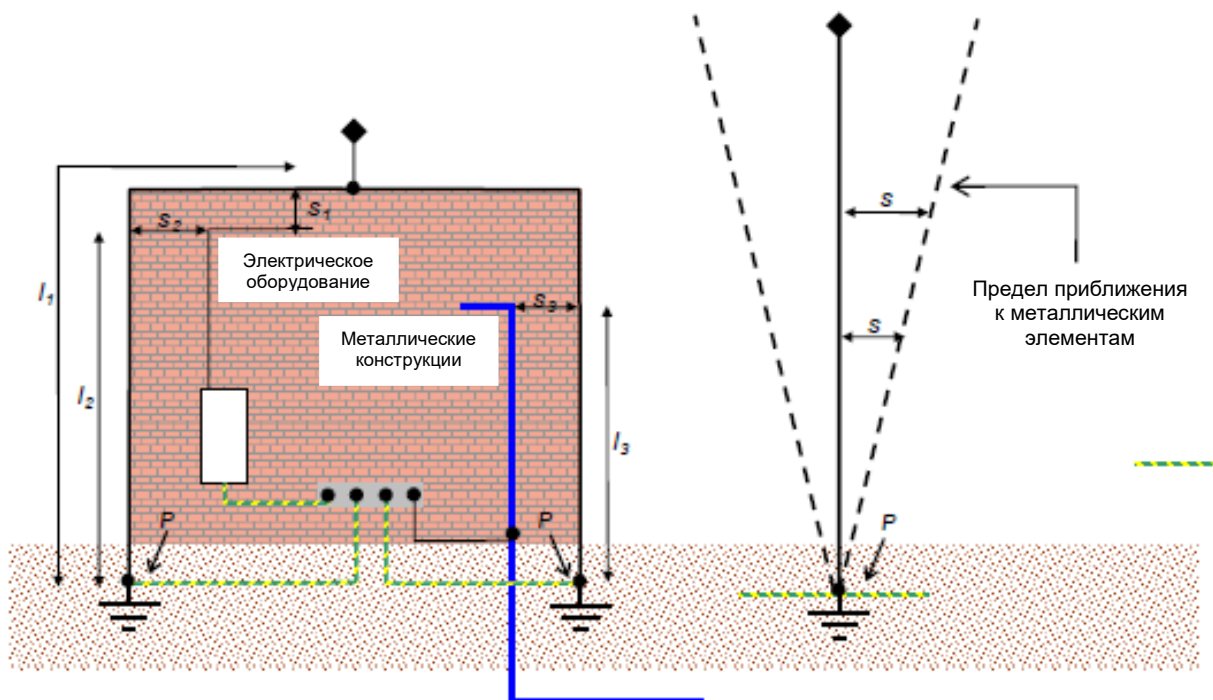


Рисунок 7 — Иллюстрация прямой зависимости величины разделительного промежутка и нарастающей разницы потенциалов в зависимости от расстояния до ближайшей точки эквипотенциального соединения P

Таблица 4 — Изоляция внешней СМОЭС — значения коэффициента k_i

Выбранный уровень защиты	k_i
I	0,08
II	0,06
III и IV	0,04

Таблица 5 — Изоляция внешней СМОЭС — значения коэффициента k_m

Материал	k_m
Воздух	1
Бетон, кирпич, древесина	0,5

Примечание 1 — При последовательном использовании нескольких изоляционных материалов для расчета используется наименьшее значение k_m .

Примечание 2 — При использовании других изоляционных материалов в соответствии со строительными нормами и правилами значение k_m должен указывать изготовитель материалов.

Для цельнометаллических или железобетонных конструкций, арматура которых обеспечивает непрерывную электрическую связь, разделительный промежуток не требуется.

Примеры расчета k_c приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Изоляция внешней СМОЭС — значения коэффициента k_c

Количество токоотводов	k_c	
	Установка заземления типа А1 или А2	Установка заземления типа Б
1	1	1
2	0,75 ³⁾	1...0,5 ¹⁾
3	0,60 ^{2), 3)}	1...1/n (см. рисунки В.1 и В.2) ^{1), 2)}
4 и более	0,41 ^{2), 3)}	1...1/n (см. рисунки В.1 и В.2) ^{1), 2)}

¹⁾ См. приложение В.

²⁾ Если токоотводы соединены горизонтальным поясом, то распределение тока более однородно в нижней части, а k_c снижен. Это особенно актуально для высотных сооружений.

³⁾ Указанные значения применимы для одиночных заземляющих электродов, имеющих сопоставимые значения сопротивления заземления. Если данные значения сопротивления заземления отличаются, то принимается значение $k_c = 1$.

Примечание — В случае более подробных расчетов могут использоваться иные значения k_c .

6 Заземление

6.1 Общие положения

Все системы заземления одного защищаемого здания (сооружения) должны быть соединены между собой.

Заземление выполняется для каждого токоотвода с использованием как минимум двух заземляющих электродов (заземлителей).

Ввиду импульсного характера разряда молнии и с целью улучшения стекания тока молнии в землю для минимизации риска опасных перенапряжений внутри защищаемого объекта важно принимать во внимание форму и размеры системы заземления, а также величину ее сопротивления.

Для рассеивания тока молнии в земле в течение минимального периода времени надлежит обеспечить максимальную площадь контакта электродов с землей.

Системы заземления должны удовлетворять следующим требованиям:

- величина сопротивления должна быть минимальной (менее 10 Ом). Замеры должны проводиться на заземлителе, изолированном от других токопроводящих элементов;

- для минимизации индуктивного сопротивления и, как следствие, связанного с ним падения напряжения надлежит избегать установки заземлителей, оборудованных длинными (более 20 м) вертикальными или горизонтальными электродами.

Использование только вертикального заземлителя, глубоко заглубленного для достижения влажного слоя почвы, не является эффективным, если удельное сопротивление приповерхностного грунта не очень велико, а слой с высокой проводимостью находится на значительной глубине.

Следует иметь в виду, что такие глубинные заземлители обладают высоким волновым сопротивлением в случае, если глубина их погружения превышает 20 м. По этой причине следует увеличить количество горизонтальных проводников или вертикальных электродов, надежно соединенных между собой.

За исключением случаев, когда такое расположение невозможно, системы заземления следует ориентировать таким образом, чтобы они были направлены наружу от зданий.

Примечание — Во избежание риска поражения шаговым напряжением следует выполнять требования, изложенные в приложении Б.

6.2 Типы заземлителей

Габаритные размеры заземлителей зависят от удельного сопротивления грунта, в котором они установлены. Удельное сопротивление, в свою очередь, варьируется в значительных пределах, зависящих от состава грунта (глина, песок, скальные породы и т. д.).

Удельное сопротивление может быть оценено по данным таблицы 7 либо измерено с использованием соответствующих методов и измерительного оборудования согласно ГОСТ IEC 61557-4, [11] и [12].

Для каждого токоотвода заземлители могут включать в себя:

Тип А: типы А1 и А2 (см. рисунок 8):

- А1 — проводники из одного и того же материала и одинакового сечения, что и токоотводы, за исключением алюминия, имеющие форму «гусиной лапки» большого размера и заглубленные в землю не менее чем на 50 см (например, три проводника длиной от 7 до 8 м, расположенные горизонтально на глубине 50 см);

- А2 — комплект из нескольких вертикальных электродов общей длиной не менее 6 м, заглубленных как минимум на 50 см:

- расположенных в одну линию или треугольником и отделенных друг от друга расстоянием, равным как минимум одной глубине погружения;

- соединенных между собой заглубленным проводником, имеющим идентичные или подобные характеристики, как и сам токоотвод.

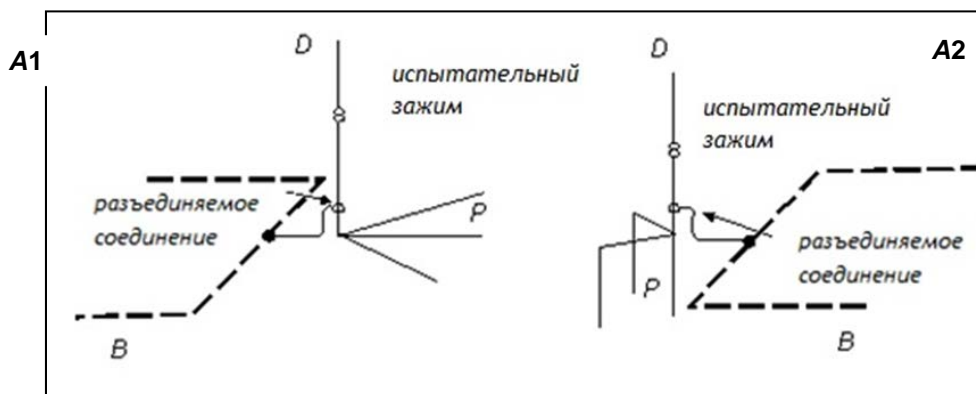
Примечание — Рекомендуется расположение в виде треугольника.

Тип Б: заземлитель в виде петли.

Этот тип заземлителя представляет собой кольцевой проводник, расположенный снаружи от объекта и находящейся в контакте с грунтом не менее чем 80 % его общей длины, или фундаментный заземлитель, при условии, что сечение его токопроводящей арматуры составляет не менее чем 50 мм². Нижняя часть каждого токоотвода должна быть дополнительно подключена к горизонтальному электроду длиной минимум 4 м либо к одному вертикальному электроду длиной не менее 2 м.

Т а б л и ц а 7 — Стандартные значения удельного сопротивления грунтов

Тип грунта	Удельное сопротивление, Ом
Болотистая местность	Менее 30
Ил	20–100
Чернозем	10–150
Торф	5–100
Глина вязкая	50
Известковая глина и глина плотная	100–200
Мергель юрский	30–40
Песок глинистый	50–500
Песок кремниевый	200–3 000
Обнаженный каменистый грунт (гравий)	1 500–3 000
Каменистый грунт с травянистым покровом	300–500
Известняк мягкий	100–300
Известняк плотный	1 000–5 000
Известняк в трещинах	500–1 000
Кварц	50–300
Сланец слюдяной	800
Гранит и песчаник	1 500–10 000
Сильно выветренный гранит и песчаник	100–600



D — токоотводы;
B — петля на уровне фундамента здания;
P — заземление СМОЭС

Рисунок 8 — Схема заземления типов A1 и A2

6.3 Дополнительные требования

Если сопротивление грунта не позволяет обеспечить сопротивление всей системы заземления на уровне менее 10 Ом с помощью стандартных мер, изложенных ранее, то могут быть применены следующие дополнительные меры:

- добавление вокруг заземляющих проводников и стержней материала, не вызывающего коррозии и повышающего проводимость почвы;
- установка дополнительных заземляющих электродов к системе «гусиная лапка» или подсоединение этих стержней к уже существующим;
- применение добавки к грунту в соответствии с [13].

Если принятые дополнительные меры не позволяют получить итоговое значение сопротивления менее 10 Ом, то можно считать, что система заземления типа А обеспечивает приемлемое стекание тока молнии при условии, что общая длина заглубленного проводника данной системы не менее:

- 160 м для уровня защиты I;
- 100 м для уровней защиты II, III и IV.

В любом случае длина каждого вертикального или горизонтального элемента не должна превышать 20 м.

Требуемая общая длина может представлять собой сумму длин горизонтальных электродов (суммарная длина L_1) и вертикальных электродов (суммарная длина L_2) при выполнении следующего требования:

$$160 \text{ м (или 100 м)} \leq L_1 + 2 \times L_2. \quad (4)$$

Если невозможно добиться величины сопротивления заземления типа Б менее 10 Ом, то необходимо, чтобы суммарная длина числа дополнительных электродов n составляла:

- 160 м для уровня защиты I (соответственно, 100 м для остальных уровней защиты) для одного горизонтального электрода;
- 80 м для уровня защиты I (соответственно, 50 м для прочих уровней защиты) для вертикальных электродов;
- в противном случае применяется комбинация электродов, как пояснялось выше для заземления типа А.

6.4 Уравнивание потенциалов заземлителей

Если здание или иной защищаемый объект имеет фундаментную систему заземления электрических установок, то необходимо, чтобы система заземления СМОЭС была соединена с этим фундаментным заземлением посредством специального проводника согласно [5].

Для проектируемых объектов данное требование должно быть учтено на первоначальном этапе проектирования. При этом подключение к цепи фундаментного заземления выполняется перед каждым токоотводом с помощью разъединяемого соединения, расположенным в смотровом окне (колодце) с нанесенным символом « \perp » — заземление.

Для существующих зданий и сооружений такие подключения должны выполняться по возможности к заглубленным элементам конструкции. При этом надлежит предусмотреть наличие конструктивных узлов для их разъединения с целью осмотра. В случае подключения внутри здания трасса проводника уравнивания потенциалов должна исключать возможность возникновения индукции на близко расположенных кабелях и окружающем оборудовании.

Если в защищаемый объем попадает несколько отдельных объектов, то заземление СМОЭС должно быть соединено с заглубленной эквипотенциальной сетью заземления, объединяющей все объекты.

6.5 Близко расположенные коммуникации и сооружения

Компоненты системы заземления СМОЭС должны располагаться на расстоянии не менее 2 м от любых проложенных в земле металлических труб или электрических кабелей, если для них не выполнено электрическое соединение с главной шиной уравнивания потенциала защищаемого объекта.

Для грунтов, удельное сопротивление которых выше 500 Ом/м, минимальное расстояние составляет 5 м.

6.6 Требования к конструкции

Конструкция заземлителей должна соответствовать [5].

7 Специальные требования

7.1 Антенны

Антенна на крыше здания увеличивает вероятность попадания молнии и является первым элементом, который может получить разряд молнии.

Мачта антенны должна быть подключена соответствующим проводником непосредственно через УЗИП или через разделительный искровой разрядник к СМОЭС, если антенна не находится за пределами зоны молниезащиты или на другой крыше. Коаксиальный кабель антенны должен быть защищен от перенапряжения посредством УЗИП.

Общая мачта для МОЭС и антенн может быть использована при следующих условиях:

- МОЭС установлен на верхушке мачты;
- острие МОЭС размещено как минимум на 2 м выше верхней точки ближайшей антенны;
- токоотвод присоединен непосредственно к МОЭС с помощью клеммного зажима;
- коаксиальный кабель антенны проходит внутри антенной мачты.

Если мачта имеет решетчатую структуру, то предпочтительнее, чтобы коаксиальный кабель проходил внутри металлической трубы.

7.2 Места хранения взрывоопасных и огнеопасных веществ

Необходимо, чтобы резервуары, содержащие огнеопасные жидкости, были заземлены. Тем не менее обычное заземление может не обеспечить надежной защиты от атмосферных разрядов. В данном случае требуется предусмотреть СМОЭС повышенного уровня защиты.

МОЭС должны устанавливаться снаружи взрывоопасных зон на уровне, превышающем высоту защищаемых объектов. Насколько возможно, токоотводы следует также прокладывать снаружи защищаемых взрывоопасных зон. В случае невозможности выполнения такого требования необходимо обратить особое внимание на принятие мер по исключению риска образования опасного искрения.

Заземления в рассматриваемых случаях прокладывают, ориентируя заземлители в сторону, противоположную зоне хранения взрывоопасных материалов.

Примечание — Установка на таких объектах счетчика ударов молнии обязательна.

7.3 Здания религиозно-культурного назначения

Шпили, башни, минареты и колокольни подвержены максимальному риску удара молнии в силу их возвышения над остальными сооружениями.

Наиболее высокие элементы зданий должны быть защищены МОЭС, соединенным с системой заземления токоотводом, проходящим по основной башне (см. рисунок 9).

Если наивысшая точка сооружения находится на высоте более 40 м, то рекомендуется, чтобы второй специальный токоотвод проходил по коньку основного каркаса здания.

Если вершины основного каркаса здания имеет выступающий неметаллический элемент (крест, скульптурные элементы и т. д.), то подобные элементы оснащаются молниеприемником.

Система заземления СМОЭС и электрическое заземление объекта должны быть соединены посредством заземляющего проводника.

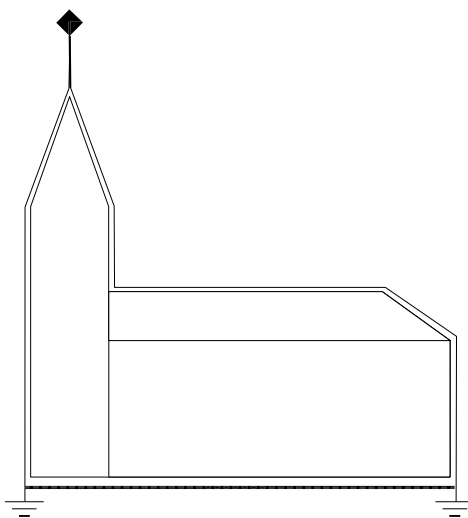


Рисунок 9 — Здание религиозно-культурного назначения

Некоторые здания и сооружения религиозно-культурного назначения оснащены колоколами с электроприводом и иным электрооборудованием, которое должно быть защищено от перенапряжений с помощью УЗИП в соответствии с требованиями ГОСТ IEC 61643-11 и [10].

8 Техническая документация, контроль и обслуживание

Конфигурация СМОЭС и элементы установленной защиты проверяются на соответствие требованиям настоящего стандарта, конструкторской и проектной документации. Исправное состояние СМОЭС должно постоянно проверяться, а ее обслуживание должно проводиться своевременно в течение всего периода эксплуатации.

8.1 Техническая документация

По окончании работ по установке СМОЭС исполнитель составляет комплект технической документации, который включает в себя следующее:

- требуемый уровень защиты;
- обоснование выбора установленной молниезащиты;
- тип и характеристики МОЭС;
- методику и результат испытаний МОЭС;
- количество и месторасположение МОЭС;
- наличие и месторасположение токоотводов;
- наличие и месторасположение счетчика ударов молнии;
- обоснование и расчет электрической изоляции;
- обоснование и расчет системы уравнивания потенциалов, включая УЗИП;
- тип и параметры системы заземления;
- обоснование и расчет размеров системы заземления при значении сопротивления выше 10 Ом.

8.2 Порядок проверки

СМОЭС подвергается проверке в следующих случаях:

- первоначально при завершении монтажа СМОЭС;
- периодически в соответствии с таблицей 8;
- в случае внесения изменений в конструкцию защищаемого объекта, его ремонта и после попадания молнии в объект.

Примечание 1 — Для уровней защиты I и II полная проверка выполняется после каждого случая попадания молнии.

Т а б л и ц а 8 — Рекомендуемая периодичность проверки СМОЭС

Уровень защиты	Визуальный контроль (годы)	Полная проверка (годы)	Полная проверка для важных объектов (годы)
I и II	1	2	1
III и IV	2	4	1

Степень важности объекта устанавливается законодательно или определяется владельцем объекта.

Для взрывоопасных сооружений визуальная проверка проводится каждые шесть месяцев. Полная проверка с замером электрических параметров проводится один раз в год. Допустимым исключением из графика годового испытания может быть цикл в 14–15 месяцев, когда считается целесообразным проведение измерений в различные времена года для получения информации о сезонных колебаниях.

Если государственными, региональными или отраслевыми нормами определена необходимость периодической проверки электрической системы объекта, то рекомендуется одновременно проверять функционирование внутренней СМОЭС, включая систему уравнивания потенциалов.

Уровни молниезащиты и периодичность проверок СМОЭС старых объектов должны быть определены исходя из имеющихся спецификаций, результатов проведенных испытаний, требований промышленной безопасности и охраны труда.

8.3 Отчет о проведенной проверке

Результаты каждой проверки должны отражаться в подробном отчете, содержащем все результаты инспекции и данные измерений, а также обязательные для исполнения меры по устранению выявленных недостатков.

8.4 Первоначальная проверка

Первоначальная проверка выполняется сразу после завершения работ по монтажу СМОЭС.

Цель данной проверки – убедиться в том, что весь комплекс установленного оборудования соответствует требованиям настоящего стандарта и технической документации.

При проверке должно быть установлено как минимум следующее:

- МОЭС расположен не менее чем на 2 м выше любого элемента, находящегося в зоне молниезащиты;
- характеристики МОЭС соответствуют требованиям технической документации на них;
- количество токоотводов;
- соответствие всех элементов СМОЭС требованиям настоящего стандарта и ГОСТ IEC 61643-11, [10] и ГОСТ IEC 61643-21 в части нанесенной маркировки, инструкций и иных документов;
- места прокладки, расположение и электрическая целостность токоотводов;
- надежность крепления различных компонентов системы;
- величина разделительных промежутков и (или) наличие устройств уравнивания потенциалов;
- описание и параметры системы заземления;
- подсоединение системы заземления СМОЭС к главной шине уравнивания потенциалов самого здания (сооружения).

Любой частично или полностью скрытый проводник должен быть проверен на предмет электрической целостности.

8.5 Визуальный контроль

Визуальным контролем проверяется:

- отсутствие любых повреждений, способных помешать прохождению молнии;
- отсутствие любых механических и иных повреждений МОЭС;
- отсутствие реконструкции или модификации защищаемого объекта, требующее применения дополнительных мер молниезащиты;
- электрическая целостность проводников (визуально не нарушена);
- исправность всех элементов крепления отдельных частей и всех элементов механической защиты;
- отсутствие коррозии;
- наличие необходимых разделительных промежутков и достаточного количества эквипотенциальных соединений, а также отсутствие их повреждений;
- что срок службы устройств не истек;
- наличие в эксплуатационных документах описания операций по техническому обслуживанию (см. 8.7).

8.6 Полная проверка

Полная проверка оборудования включает в себя визуальные осмотры и следующие операции:

- проверка электрической целостности встроенных проводников;
- проверка значений сопротивления заземления (необходимо проанализировать все результаты, значения которых превышают 50 % по отношению к начальному значению);
- проверка функционирования МОЭС по методике, указанной в инструкции изготовителя.

Примечание — Допускается проведение высокочастотной проверки системы заземления во время монтажа всей СМОЭС либо на этапе ее обслуживания с целью проверки соответствия между фактически полученными данными и расчетной потребностью.

8.7 Эксплуатация и техническое обслуживание

Для обеспечения надлежащей работы МОЭС изготовитель должен указать в руководстве по эксплуатации и техническому обслуживанию требования, которые необходимо выполнять для обеспечения надежного функционирования МОЭС.

Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию должно содержать следующую информацию:

- процедуры или операции по визуальной проверке системы молниезащиты;
- операцию или операции, выполняемые при полной проверке системы молниезащиты;
- оборудование, которое может понадобиться для полной проверки МОЭС;
- критерии исправной работы молниеприемника;
- описание действий в случае обнаружения неисправностей в работе МОЭС;
- если МОЭС требует специального периодического обслуживания (например, замены аккумулятора), то эксплуатационная документация должна содержать описание требований и периодичности такого технического обслуживания.

Для обеспечения максимальной эффективности работы СМОЭС рекомендуется в минимальные сроки устранять все недостатки и дефекты, выявленные в ходе ее проверки.

Техническое обслуживание защитных устройств и других компонентов системы должно проводиться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации на них.

Приложение А (обязательное)

Испытания МОЭС и предъявляемые требования

А.1 Условия эксплуатации

А.1.1 Нормальные условия эксплуатации

Нормальными условиями эксплуатации являются следующие:

- температура воздуха в пределах от минус 40 °С до плюс 60 °С;
- скорость ветра менее 122 км/ч.

А.1.2 Ненормальные условия эксплуатации

Ненормальными условиями эксплуатации являются следующие:

- температура воздуха ниже минус 40 °С либо выше плюс 60 °С;
- скорость ветра свыше 122 км/ч;
- снег или обледенение элементов СМОЭС;
- чрезмерно высокая загрязненность атмосферного воздуха в месте установки МОЭС.

А.2 Требования

А.2.1 Общие требования

МОЭС идентифицируется по следующей информации, указанной на самом изделии (в маркировке) и в эксплуатационной документации:

- наименование и (или) обозначение, товарный знак изготовителя;
- эффективность МОЭС ΔT (мкс);
- серийный номер изделия.

Маркировка должна выполняться таким образом, чтобы она была хорошо читаемой и нанесенной несмываемым способом. Маркировка должна проверяться согласно А.3.1.2.

А.2.2 Требования к эффективности МОЭС

Эффективность МОЭС должна определяться в соответствии с процедурой А.3.5 и находится в пределах диапазона от 10 до 60 мкс.

Если полученное значение ΔT ниже 10 мкс, то молниеприемник не может считаться МОЭС.

Если полученное значение ΔT превышает 60 мкс, то все расчеты для СМОЭС с использованием МОЭС выполняются исходя из того, что ΔT принимается равным 60 мкс.

А.2.3 Требования по стойкости к удару молнии

МОЭС должен выдерживать без потери работоспособности удар молнии, вызывающей протекание в нем тока 100 кА (форма волны импульса тока 10/350). Проверка производится согласно А.3.5.

А.2.4 Механические требования

Части МОЭС, через которые протекает ток молнии, должны иметь сечение в соответствии с требованиями [5] (обычно разрядники, используемые для изготовления МОЭС, подвергаются испытаниям на токостойкость и не имеют специальных механических требований).

Корпус МОЭС должен иметь габаритные размеры, отвечающие требованиям таблицы А.1.

Т а б л и ц а А.1 — Материал, форма и минимальное сечение корпуса головной части МОЭС

Материал	Форма	Минимальное сечение	Диаметр
Медь Сталь горячей гальванизации ¹⁾ Сталь нержавеющая ²⁾	Биконус или цилиндр	200 мм ²	16 мм
¹⁾ Толщина покрытия составляет не менее 50 мкм. ²⁾ В составе нержавеющей стали содержится 16 % хрома, 8 % никеля, 0,07 % углерода.			

А.2.5 Воздействие окружающей среды

МОЭС должен выдерживать такие неблагоприятные условия, как соляной туман и сульфидные атмосферные примеси, что характерно для морской прибрежной зоны, а также промышленные загрязнения. Проверка проводится согласно А.3.3.

А.2.6 Электромагнитная совместимость

А.2.6.1 Помехоустойчивость

В части помехоустойчивости МОЭС должны соответствовать требованиям ГОСТ 30804.6.2. Данное требование не применяется к МОЭС, которые не имеют никаких электронных компонентов либо все электронные компоненты которых являются пассивными в электромагнитном отношении (например, диоды, конденсаторы, катушки индуктивности и прочие защитные компоненты) и устойчивы к воздействию электромагнитных полей окружающей промышленной среды.

А.2.6.2 Помехоэмиссия

В части помехоэмиссии МОЭС должны соответствовать требованиям ГОСТ IEC 61000-6-3. Данное требование не применяется к МОЭС, которые не имеют никаких электронных компонентов либо все электронные компоненты которых являются пассивными в электромагнитном отношении (например, диоды, конденсаторы, катушки индуктивности и прочие защитные компоненты) и не создают электромагнитных полей при отсутствии грозовых условий.

МОЭС, содержащие в своем составе радиомодули, должны соответствовать национальному законодательству, устанавливающему требования в области использования радиочастотного спектра.

А.3 Последовательность испытаний и требования к ним

Испытания должны проводиться на образце МОЭС в соответствии с последовательностью (очередностью) и требованиями данного раздела А.3 и его подразделов.

А.3.1 Общая проверка

А.3.1.1 Идентификация МОЭС

Проверка осуществляется путем визуального осмотра маркировки и сверки с эксплуатационной документацией согласно А.2.1.

А.3.1.2 Маркировка

Маркировка должна быть легкоразличима и долговечна. Соответствие проверяют осмотром и испытаниями согласно ГОСТ 18620.

А.3.2 Габаритные размеры

Проверка габаритных размеров МОЭС осуществляется с помощью измерительного инструмента, обеспечивающего неопределенность измерений не более $\pm 0,5$ мм.

Габаритные размеры, площади сечения молниеулавливающей части и токопроводящих частей должны соответствовать требованиям конструкторской документации с учетом установленных в ней допусков.

А.3.3 Воздействие окружающей среды

А.3.3.1 Испытание на воздействие соляного тумана

Испытание на воздействие соляного тумана проводится согласно ГОСТ 30630.2.5 и [14] (за исключением разделов 7, 10 и 11) для степени жесткости 2.

А.3.3.2 Воздействие соединений серы во влажной атмосфере

Испытание на воздействие соединений серы при конденсации влаги на поверхности МОЭС — согласно требованиям [15] с выполнением семи циклов.

Каждый цикл продолжается 24 ч и включает в себя период нагревания в течение 8 ч при температуре (40 ± 3) °С во влажной, насыщенной парами серы среде, после чего следует период остывания в течение 16 ч. Затем цикл возобновляется.

А.3.4 Испытания на устойчивость к воздействию тока

После проверки соответствия по испытаниям А.3.3 образец МОЭС без очистки подвергается испытаниям импульсным током I_{imp} .

Тестовый импульс I_{imp} определяется пиковым значением $I_{пик}$, переносимым зарядом Q и удельной энергией W/R , указанными в таблице А.2. Однополярный импульс тока должен обеспечить достижение этих параметров в течение 10 мс при типовой форме волны 10/350.

Численное соотношение между $I_{пик}$, Q и W/R задается согласно следующим формулам:

$$Q \text{ (Кл)} = 0,5 I_{пик} \text{ (кА)}, \quad (\text{А.1})$$

$$W/R \text{ (кДж/Ом)} = Q^2 \text{ (Кл)}. \quad (\text{А.2})$$

Испытуемый образец должен быть трижды подвергнут воздействию импульсного тока, характеризующегося параметрами, указанными в таблице А.2. Интервал времени между каждым испытанием должен позволить образцу охладиться до температуры окружающей среды.

Т а б л и ц а А.2 — Значения параметров, формирующих I_{imp}

Параметр (единицы измерения)	$I_{пик}$, А	Q , Кл	W/R , кДж/Ом
Величина параметра	100	50	2 500
Допустимое отклонение	±10 %	±20 %	±35 %

Образец считается выдержавшим испытания, если напряжение и ток зарегистрированы, параметры, указанные в таблице А.2, были в допустимых пределах, а визуальный осмотр не выявил никаких признаков повреждения либо сквозного проплавления образца, за исключением мест стекания тока молнии, где могут присутствовать следы разряда и поверхностного оплавления.

А.3.5 Испытание на опережение эмиссии

Процедура испытаний определена в соответствии с требованиями [16] и [17]. МОЭС должен быть установлен и электрически подключен в соответствии с указаниями изготовителя.

Во время испытаний не допускается никакого обслуживания либо разборки устройства.

А.3.5.1 Требования к испытательной установке

А.3.5.1.1 Характеристика стандартизованного стержневого молниеприемника (ССМ)

ССМ должен иметь размеры, указанные на рисунке А.1.

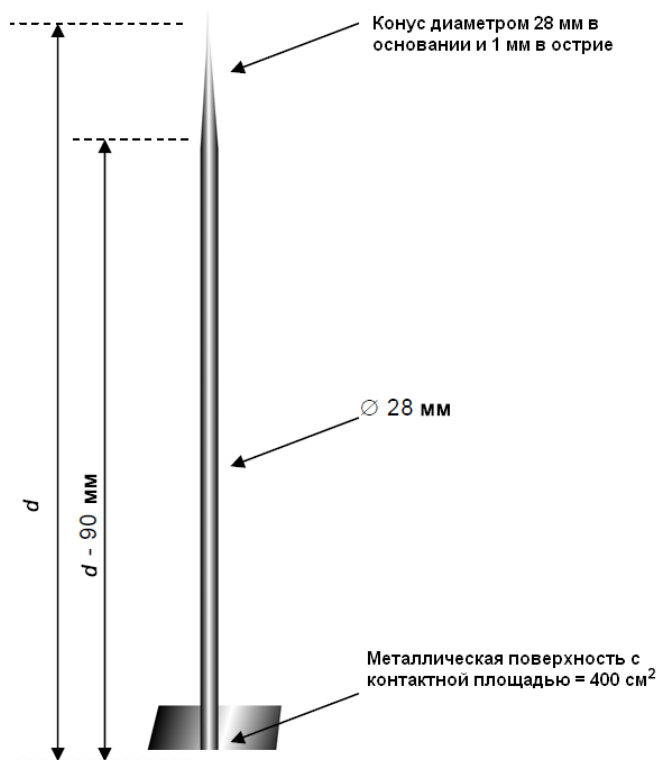


Рисунок А.1 — Стандартизованный стержневой молниеприемник (ССМ)

А.3.5.1.2 Габаритные размеры испытательной установки

На рисунках А.2 и А.3 приведены конфигурации испытательной установки соответственно для ССМ и испытуемого МОЭС.

Габаритные размеры испытательной установки должны быть следующими:

- высота молниеприемника h — не менее 1 м;
- разница высоты двух молниеприемников — менее 1 %;
- расстояние между верхней пластиной – полеобразующим электродом и нижним нулевым электродом должно превышать 2 м;
- отношение h / H должно находиться в пределах 0,25–0,5;
- горизонтальные размеры верхней пластины – полеобразующего электрода по всем направлениям — не менее величины H ;
- стержневой молниеприемник диаметром 28 мм должен быть закреплен на металлическом плоском основании со стороной 0,2 м;
- расстояние от острия молниеприемника до верхнего полеобразующего электрода d .

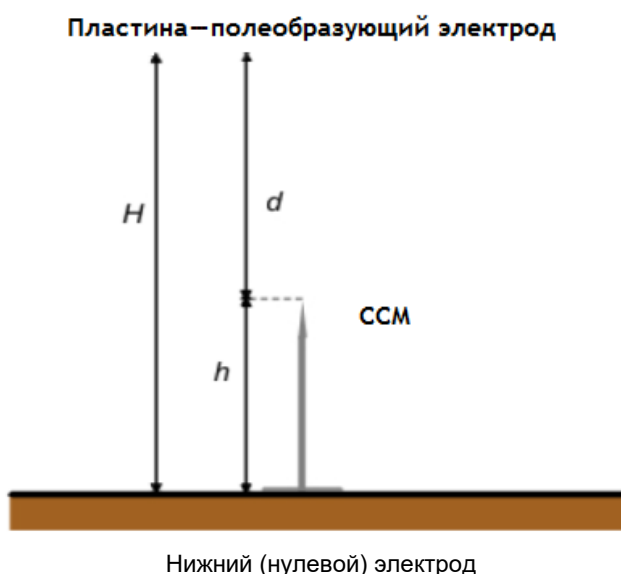


Рисунок А.2 — Испытательная установка ССМ

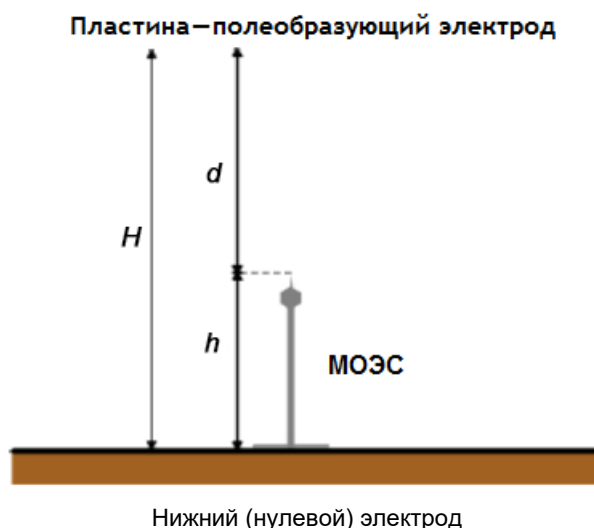


Рисунок А.3 — Испытательная установка МОЭС

А.3.5.2 Условия испытаний

Эффективность МОЭС оценивается путем сравнения моментов появления восходящего стримера от МОЭС и ССМ.

Для этого оба молниеприемника оцениваются один за другим в одинаковых условиях, имитирующих начало разряда атмосферного электричества — появление положительного восходящего стримера.

А.3.5.2.1 Имитация электрического поля Земли

Природное электрическое поле, существующее у поверхности Земли до удара молнии, влияет на условия образования коронного разряда и ранее существующих пространственных зарядов. В силу этого обстоятельства необходимо имитировать данное поле путем формирования постоянного отрицательного тока, создающего электрическое поле между полеобразующим и нулевым электродами напряженностью от -20 до -25 кВ/м.

А.3.5.2.2 Имитация естественного импульсного электромагнитного поля Земли

Импульсное поле можно имитировать импульсом с фронтом в пределах между 100 и 1 000 мкс. При этом необходимо, чтобы крутизна фронта импульса была в пределах от $2 \cdot 10^8$ до $2 \cdot 10^9$ В/м·с. Типичной формой такого импульса является волна 250/2 500 согласно требованиям [17].

А.3.5.2.3 Контролируемые величины и выполняемые измерения**А.3.5.2.3.1 Электрические параметры**

Электрические параметры, подлежащие измерению и регистрации, — форма и величина прилагаемых напряжений (калибровка окружающего поля, форма импульса напряжения, сопутствующий ток) для молниеприемников обоих типов (ССМ и МОЭС).

С этой целью необходимо обеспечить следующие условия:

- постоянное напряжение поляризации;

- требуемые параметры импульса, который вызывает разряд на ССМ: подаваемое импульсное напряжение определяется путем его многократного поднятия и снижения до получения значений, совпадающих с точностью до 1 %.

А.3.5.2.3.2 Геометрические параметры

Расстояние d должно быть строго одинаковым (± 1 мм) для всех испытательных конфигураций. Оно контролируется перед каждым началом работы (см. рисунки А.2 и А.3).

А.3.5.2.3.3 Климатические условия

Климатические условия (атмосферное давление, температура, относительная влажность) должны регистрироваться в начале, в середине и в конце каждого испытания.

Чтобы условия испытаний для обоих типов молниеотводов ССМ и МОЭС могли считаться идентичными (для одного и того же значения напряжения), изменения климатических параметров должны находиться в пределах, установленных в таблице А.3. В противном случае рекомендуется заново измерить величину напряжения до следующего испытания.

Значения климатических параметров регистрируются в отчете об испытаниях.

Т а б л и ц а А.3 — Допустимые изменения климатических условий во время испытаний

Параметр	Изменение
Давление	± 2 %
Температура	± 10 °С
Относительная влажность	± 20 %

А.3.5.2.3.4 Количество импульсов для каждой конфигурации

Для каждой конфигурации регистрируется 50 первых рабочих импульсов (нерабочим импульс считается, например, в случае пробоя генератора импульсов). Временной промежуток между импульсами должен составлять 2 мин. Данное требование необходимо соблюдать в течение всего периода проведения испытаний.

А.3.5.2.3.5 Измерение опережения эмиссии МОЭС

Критерием оценки эффективности МОЭС является способность молниеприемника неоднократно формировать восходящий стример ранее, чем это произойдет у ССМ при тех же условиях. Для каждого рабочего импульса для обоих типов молниеприемников фиксируют время T — начало формирования восходящего стримера. T определяется проекцией на ось времени момента резкого изменения наклона кривой импульсного напряжения, соответствующего разряду.

Исходя из полученных значений T формирования восходящих стримеров от обоих типов молниеприемников рассчитывается среднее значение $T_{\text{ср,ССМ}}$ и $T_{\text{ср,МОЭС}}$ (в данных условиях испытаний). Так же рассчитываются среднеквадратичные отклонения $\sigma_{\text{ССМ}}$ и $\sigma_{\text{МОЭС}}$ обоих распределений.

А.3.5.2.4 Определение опережения эмиссии МОЭС

Эффективность МОЭС определяется графически относительно эталонной волны, которая в свою очередь определяется временем подъема фронта волны $T_{\text{подъем}} = 650$ мкс и формой, установленной на рисунке А.4.

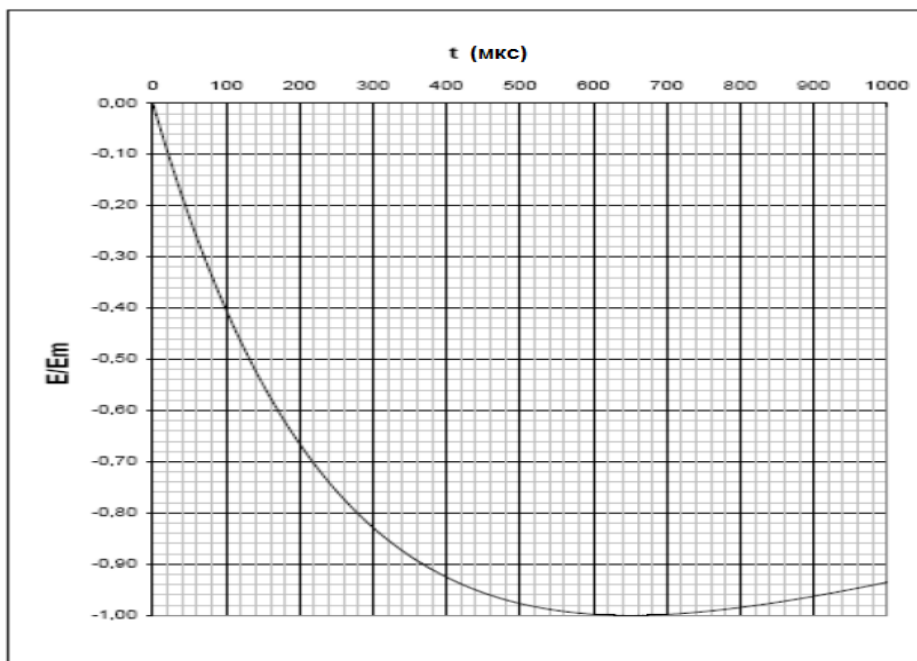


Рисунок А.4 — Эталонная волна

С эталонной волной, где значение поля E_M соответствует максимальному значению экспериментального поля $E_{M\text{эксп}}$, сопоставляют экспериментально полученную кривую.

На графике экспериментально полученной кривой откладываются точки, соответствующие рассчитанным средним значениям $T_{\text{ср,МОЭС}}$ и $T_{\text{ср,ССМ}}$, после чего отложенные точки проецируются (по оси времени) на график эталонной волны. Результат математической разности соответствующих данным точкам (на оси времени) значений $T_{\text{МОЭС}}$ и $T_{\text{ССМ}}$ является эффективностью ΔT (мкс) = $T_{\text{ССМ}} - T_{\text{МОЭС}}$.

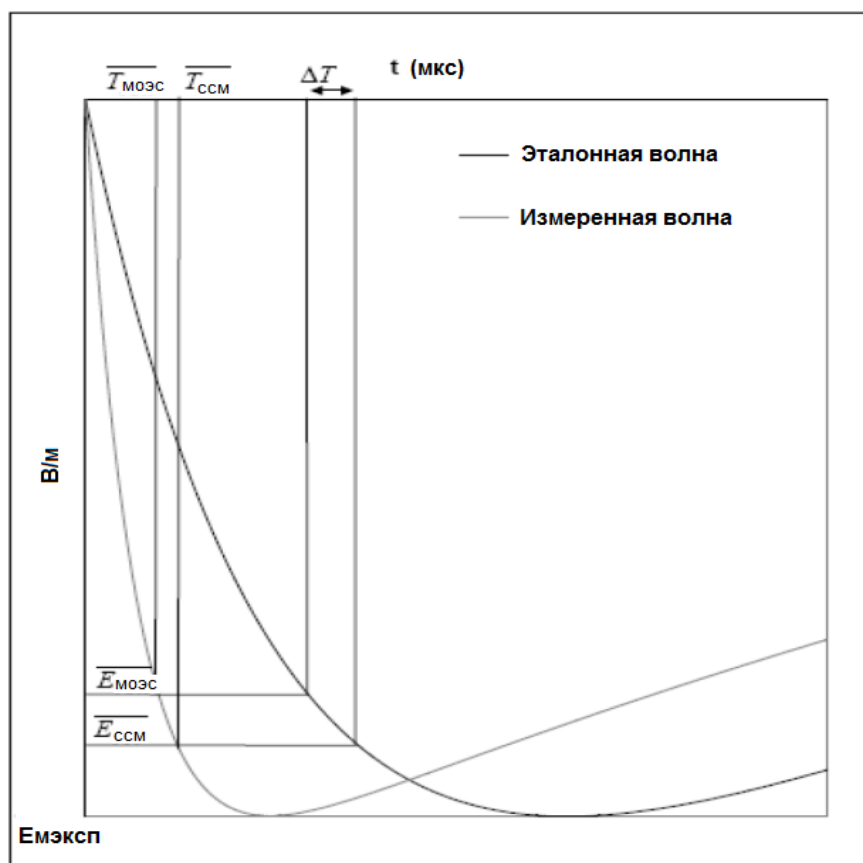


Рисунок А.5 — Принцип графической коррекции

А.3.5.2.5 Подтверждение эффективности МОЭС

Молниеприемник, подвергнутый испытаниям, считается МОЭС при соблюдении следующих условий:

- $T_{МОЭС} < T_{ССМ}$;
- $\sigma_{МОЭС} < 0,8 \sigma_{ССМ}$;
- $T_{ССМ} - T_{МОЭС} \geq 10$ мкс.

А.4 Структура и содержание протокола испытаний

В настоящем разделе установлены общие требования к протоколам лабораторных испытаний. Протокол должен описывать процедуры испытаний в однозначном и полном виде.

Результаты каждого успешного испытания, проведенного испытательной лабораторией, должны быть зафиксированы в протоколе точно, четко, недвусмысленно и объективно в соответствии с инструкциями по методике испытаний. Результаты должны отражаться в протоколе и включать всю информацию, необходимую для интерпретации полученных результатов испытаний и примененной методики.

Пристальное внимание должно быть уделено содержанию и оформлению протокола, особенно в части изложения результатов испытаний и легкости их восприятия. Формы отчета должны быть специально разработаны для каждого вида испытаний, но разделы должны быть типовыми, как это приведено в настоящем стандарте.

В протоколе должно быть отражено следующее:

а) идентификационные сведения:

- наименование или тема протокола (отчета об испытаниях);
- наименование, адрес и номер телефона лаборатории, ответственной за проведение испытаний;
- наименование, адрес и номер телефона вспомогательной лаборатории, где были проведены испытания, если они частично или полностью не выполнялись организацией, которой было поручено проведение испытаний;
- уникальный идентификационный номер (либо серийный номер) протокола испытаний;

- наименование и адрес продавца/изготовителя;
 - пронумерованные страницы протокола с указанием общего количества страниц;
 - дата составления протокола;
 - дата (ы) проведения испытаний;
 - подпись и название официальной должности лица (лиц), уполномоченного (ых) утверждать содержание протокола проведенных испытаний от имени лаборатории;
 - фамилии, имена и подписи лиц, проводивших испытания;
 - б) описание образца:
 - идентификационные сведения об испытанном образце (ах) согласно А.2.1.1;
 - характеристика и состояние образца (ов);
 - фотографии, схемы и прочая наглядная документация (при наличии);
 - в) стандарты и ссылочные документы:
 - идентификационные сведения по используемому стандарту на проведение испытаний и дата издания указанного стандарта;
 - прочая документация с указанием дат;
 - г) процедура испытаний:
 - описание процедуры испытаний;
 - обоснование любого отклонения от норм применяемого стандарта, дополнения или исключения его требований;
 - любая иная информация, относящаяся к проводимым испытаниям, например условия окружающей среды;
 - конфигурация установки для проведения испытаний;
 - размещение молниеприемников, испытательного оборудования и средств измерения в зоне испытаний;
 - д) испытательное оборудование и его описание:
 - описание оборудования, использованного при проведении каждого испытания;
 - описание средств измерения;
 - характеристики и даты калибровки всех приборов, использованных для измерения величин, оговоренных в стандарте;
 - результаты измерений, визуальных наблюдений и проведенных расчетов.
- П р и м е ч а н и е — Вышеуказанное излагается в виде текста, таблиц, графиков, схем, фотографий и иных документов, отражающих результаты визуальных наблюдений;
- документальная фиксация части испытания, при котором образец не выдержал испытания, и описание неудовлетворительного результата (описание должно быть проиллюстрировано схемами, фотографиями либо иными документами, отражающими результаты соответствующего визуального наблюдения).

Приложение Б (обязательное)

Защита персонала от поражения электрическим током в результате удара молнии

Снаружи объекта, вблизи токоотводов, при особых условиях может возникнуть опасность поражения персонала электрическим током ввиду появления опасного контактного и (или) шагового напряжения, несмотря на разработанную и выполненную в соответствии со всеми вышеуказанными требованиями внешнюю систему молниезащиты с использованием МОЭС.

Считается, что опасность риска для человека снижается до допустимого уровня, если выполняется одно из следующих условий:

а) вероятность появления человека в опасной зоне и длительность его пребывания снаружи опасного объекта и вблизи токоотвода очень незначительна;

б) естественные токоотводы представляют собой как минимум 10 свай металлического каркаса объекта либо несколько стальных опор, соединенных между собой и обеспечивающих таким образом электрическую непрерывность;

в) контактное сопротивление поверхностного слоя земли в пределах расстояния до 3 м (по горизонтали) для токоотводов составляет не менее 100 кОм.

Примечание — Слой изоляционного материала, например слой асфальта 5 см (либо слой гравия 15 см), снижает риск до приемлемого уровня.

Если ни одно из вышеуказанных требований не выполнено, то должны быть приняты следующие меры защиты:

- изоляция токоотводов, рассчитанная на напряжение 100 кВ при импульсном токе 1,2/50 мкс, например, с помощью сшитого полиэтилена толщиной 3 мм;

- выполнение уравнивания потенциалов с помощью системы заземления, соединенной в единую цепь;

- защитные барьеры и (или) предупредительные таблички с целью предупреждения об опасности, позволяющие снизить вероятность касания токоотводов и появления в зоне опасного шагового напряжения.

Приложение В (справочное)

Примеры расчета коэффициента распределения тока k_c и разделительных промежутков

Для системы молниезащиты, включающей в себя заземление типа Б и несколько МОЭС, соединенных на кровле защищаемого объекта, как показано на рисунке В.1, коэффициент распределения тока между молниеприемником и токоотводами k_c определяется в соответствии со следующей формулой:

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}, \quad (\text{В.1})$$

где n — общее количество токоотводов;
 c — расстояние между двумя токоотводами;
 h — расстояние (высота) между поясами.

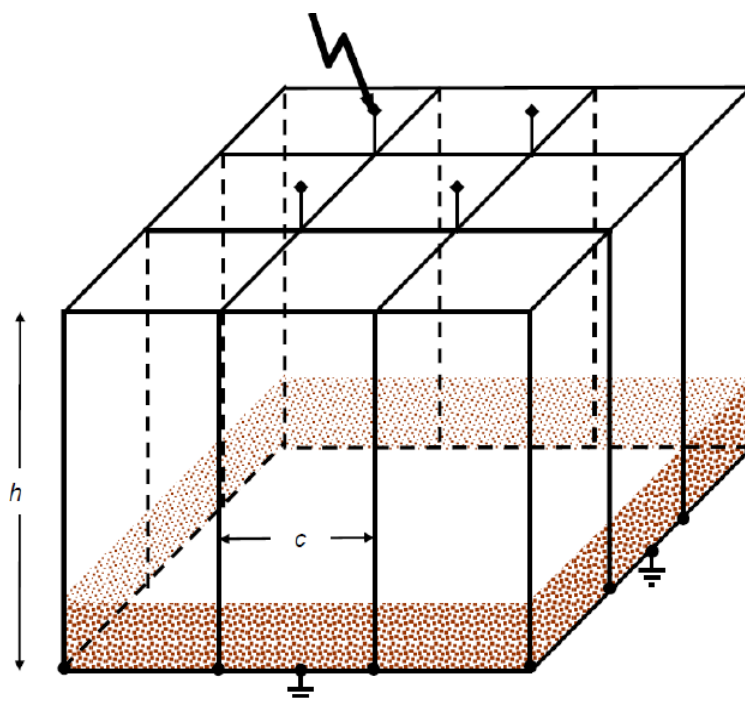
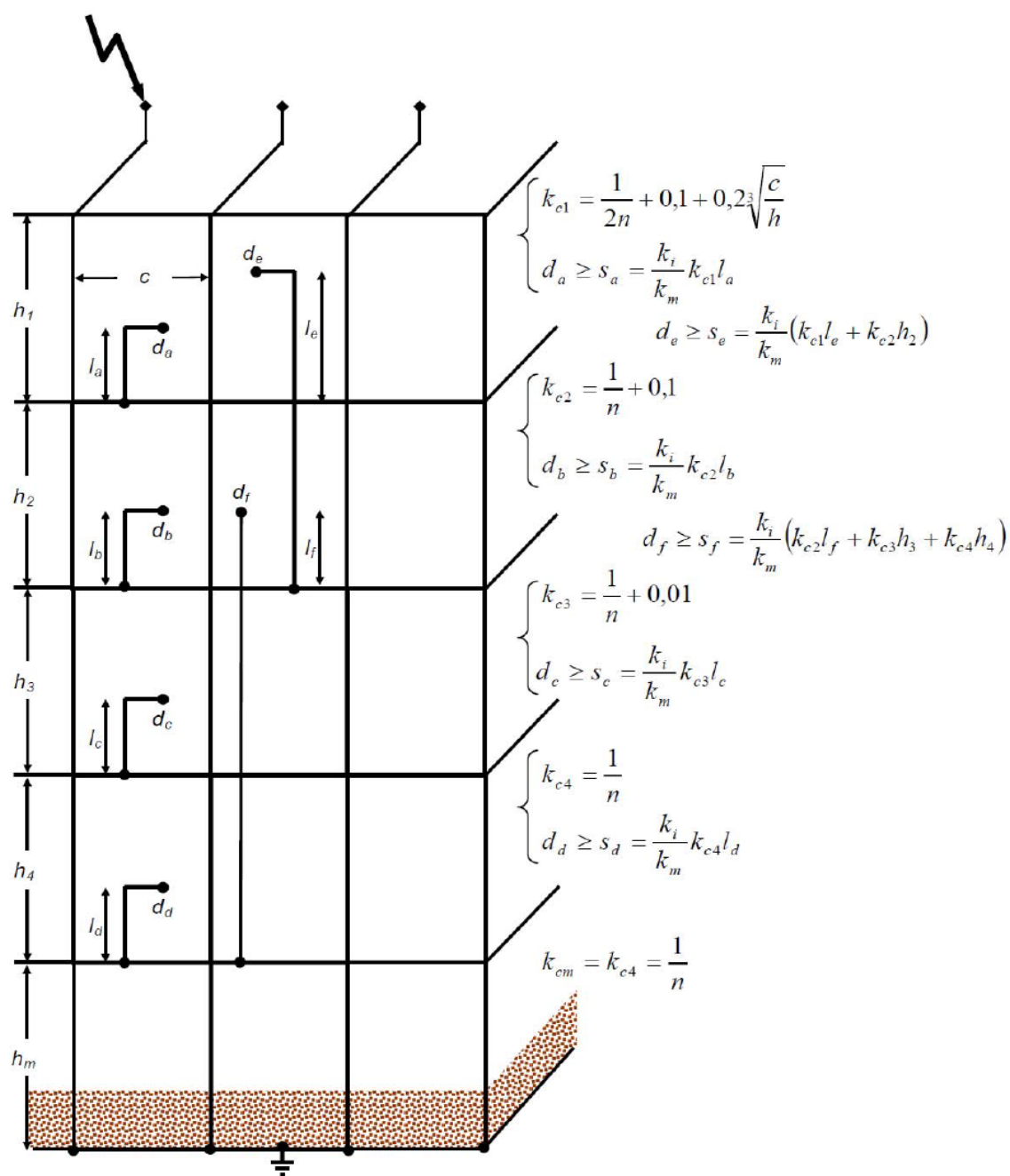


Рисунок В.1 — Пример системы молниезащиты, состоящей из нескольких МОЭС, соединенных на кровле, и заземления типа Б

Для улучшения распределения тока молнии и в качестве элементов молниезащиты могут применяться дополнительные промежуточные пояса уравнивания потенциала, как показано на рисунке В.2. В этом случае разделительные промежутки уменьшаются, т. е. становятся более выгодными для проектирования СМОЭС.

Примеры расчета k_c для нескольких промежуточных поясов приведены на рисунке В.2. Можно рассчитать данный коэффициент для уровней от 1 до m , начиная с крыши. Из полученных значений k_c (от k_{c1} до k_{cm}) можно определить разделительные промежутки для уровней от s_a до s_f согласно 5.6.



- n — общее количество токоотводов;
 c — расстояние между двумя смежными токоотводами;
 h — расстояние (по высоте) между поясами уравнивания потенциала;
 m — общее число уровней;
 d — расстояние до ближайшего токоотвода;
 l — расстояние до точки уравнивания потенциалов

Рисунок В.2 — Примеры расчета разделительного промежутка в случае сети токоотводов, соединенных поясами

Библиография

- [1] СТ РК IEC 62305-3-2018 Защита от молнии. Часть 3. Физические повреждения зданий (сооружений) и опасность для жизни
- [2] ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы
- [3] ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска
- [4] ГОСТ Р МЭК 62561.1-2014 Компоненты системы молниезащиты. Часть 1. Требования к соединительным компонентам
- [5] ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам
- [6] ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016 Защита от молнии. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений
- [7] ГОСТ Р МЭК 62561.5-2014 Компоненты систем молниезащиты. Часть 5. Требования к смотровым колодцам и уплотнителям заземляющих электродов
- [8] ГОСТ Р МЭК 62561.6-2015 Компоненты системы молниезащиты. Часть 6. Требования к счетчикам ударов молнии
- [9] ГОСТ Р МЭК 62561.3-2014 Компоненты систем молниезащиты. Часть 3. Требования к разделительным искровым разрядникам
- [10] ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011 Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения
- [11] ТКП 336-2011 (02230) Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций
- [12] ТКП В 230-2009 (02090) Молниезащита и защита от статического электричества зданий и сооружений общевойскового и специального назначения. Правила проектирования и устройства
- [13] ГОСТ Р МЭК 62561-7-2016 Компоненты системы молниезащиты. Часть 7. Требования к смесям, нормализующим заземление разрядникам
- [14] СТ РК IEC 60068-2-52-2012 Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2-52. Испытания. Испытание Kb. Соляной туман, циклическое испытание (раствор хлорида натрия)
- [15] СТ РК ISO 6988-2016 Металлические и другие неорганические покрытия. Испытание двуокисью серы с общей конденсацией влаги
- [16] СТ РК МЭК 60060-1-2008 Технология испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям
- [17] СТ РК IEC 60060-2-2012 Методы испытаний высоким напряжением. Часть 2. Система измерений

УДК

МКС 29.020; 91.120.40

Ключевые слова: системы молниезащиты, зона молниезащиты, молниезащита, молниеприемник, стримерная эмиссия, токоотвод, требования безопасности, повреждение, уравнивание потенциалов, заземление, устройства защиты от перенапряжений
