

ЗАЩИТА ОТ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Часть 3

**Физические повреждения зданий, сооружений
и опасность для жизни**

(IEC 62305-3:2006)

Издание неофициальное, предназначенное только для ознакомления

[Ск0чать еще](#)

Содержание

Введение	IV
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Система молниезащиты	4
4.1 Класс системы молниезащиты	4
4.2 Конструкция системы молниезащиты	4
4.3 Целостность металлоконструкции в железобетонных сооружениях	4
5 Внешняя система молниезащиты	5
5.1 Общие положения	5
5.2 Молниеприемники	5
5.3 Токоотводы	8
5.4 Система заземления	10
5.5 Компоненты	12
5.6 Материалы и размеры	14
6 Внутренняя система молниезащиты	17
6.1 Общие положения	17
6.2 Уравнивание грозовых потенциалов	17
6.3 Электроизоляция внешней системы молниезащиты	19
7 Техническое обслуживание и проверка системы молниезащиты	20
7.1 Проведение проверки	20
7.2 Порядок проведения проверки	20
7.3 Поддержание в рабочем состоянии	20
8 Меры защиты от поражения людей вследствие контактного и шагового напряжения	20
8.1 Меры защиты от контактного напряжения	20
8.2 Меры защиты от шагового напряжения	21
Приложение А (обязательное) Расположение молниеприемников	22
Приложение В (обязательное) Минимальное сечение экрана входящего кабеля во избежание опасного искрения	27
Приложение С (справочное) Распределение тока молнии по токоотводам	28
Приложение D (справочное) Дополнительная информация о системе молниезащиты для сооружений с риском взрыва	32
Приложение E (справочное) Руководства по проектированию, техническому обслуживанию и проверке систем молниезащиты	37
Библиография	120
Приложение Д.А (справочное) Сведения о соответствии государственных предстандартов ссылочным международным стандартам	121

Введение

Серия стандартов IEC 62305 (части 1 – 5) была разработана в соответствии с планом новых публикаций, утверждена Национальным комитетом (81/171/RQ (2001-06-29), который реструктурирует и актуализирует публикации серий IEC 61024, IEC 61312 и IEC 61663 в более простой и рациональной форме.

Первое издание IEC 62305-3 разработано на основе издания (1990) IEC 61024-1 и издания (1998) IEC 61024-1-2, которое в последствии заменило их.

В настоящем предстандарте рассматривается защита как внутри, так и за пределами здания от физического повреждения и поражения людей электрическим током вследствие контактного и шагового напряжения.

Основной и наиболее эффективной мерой защиты зданий от физического повреждения считают систему молниезащиты (далее – СМЗ). Обычно она состоит из внешних и внутренних систем защиты.

Внешняя система молниезащиты предназначена для того, чтобы:

- а) улавливать удар молнии в здании (с молниеприемником);
- б) безопасно проводить ток молний в землю (используя токоотводы);
- с) рассеивать ток молнии в земле (используя заземляющие электроды).

Внешняя СМЗ предотвращает опасное искрение в здании благодаря уравниванию грозовых потенциалов, обеспечению безопасного расстояния (и электроизоляции) между компонентами внешней СМЗ (как определено в 3.2) и другими электропроводящими элементами внутри здания.

Основные меры молниезащиты от поражения людей электрическим током вследствие контактного и шагового напряжения направлены на:

- снижение опасного протекания тока по телу человека посредством изолирования выступающих токопроводящих элементов и (или) повышения сопротивления поверхности земли;
- снижения возникновения опасного контактного и шагового напряжения посредством физических ограничений и (или) предупреждающих надписей.

На начальном этапе проектирования нового здания следует внимательно рассматривать тип и расположение СМЗ, для того чтобы можно было принять правильное решение в отношении токопроводящих частей здания. После этого можно легче выполнять проектирование и возведение встроенного оборудования, улучшать общие эстетические аспекты и повышать эффективность СМЗ при минимальных затратах и усилиях.

Прохождение тока в землю и надлежащее использование стальной конструкции фундамента с целью обеспечения эффективного заземления может быть невозможным, после того как строительные работы на местах уже начаты. Поэтому сопротивление и характер почвы необходимо рассматривать на самом начальном этапе проекта. Эта информация является основополагающей для проектирования системы заземления, которая также может влиять и на проектирование фундамента здания.

Регулярные консультации проектировщиков и установщиков СМЗ, архитекторов и строителей являются также важным аспектом для достижения наилучшего результата при минимальной затрате.

Если молниезащита добавляется к существующему зданию, необходимо приложить все усилия к тому, чтобы гарантировать, что она отвечает требованиям настоящего предстандарта. При выборе типа и расположения СМЗ следует принимать во внимание свойства существующего сооружения.

1 Область применения

Настоящий предварительный государственный стандарт (далее – предстандарт) устанавливает требования к защите зданий от физического повреждения посредством обеспечения системой молниезащиты (далее – СМЗ) и от поражения людей электрическим током (электротоком) из-за контактного и шагового напряжения вблизи СМЗ (см. IEC 62305-1).

Настоящий предстандарт применяется при:

а) проектировании, установке, проверке и техническом обслуживании СМЗ для зданий (сооружений) без ограничения их высоты;

б) установлении мер защиты от поражения людей электрическим током из-за контактного и шагового напряжения.

Примечание 1 – Специальные требования к СМЗ в зданиях, представляющих опасность для окружающей среды вследствие риска взрыва, находятся в стадии рассмотрения. Дополнительная информация представлена в приложении D.

Примечание 2 – Настоящий предстандарт не предназначен для обеспечения защиты от выхода из строя электрических и электронных систем по причине перенапряжений. Специальные требования для таких случаев приведены в IEC 62305-4.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего предстандarta необходимы следующие ссылочные стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного стандарта (включая все его изменения).

IEC 60079-10:2002 Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон

IEC 60079-14:2007 Среды взрывоопасные. Часть 14. Проектирование, отбор и монтаж электроустановок

IEC 61241-10:2004 Электрооборудование, применяемое при наличии взрывоопасной пыли. Часть 10. Классификация участков, где присутствует или может присутствовать взрывоопасная пыль

IEC 61241-14:2004 * Электрооборудование, применяемое при наличии взрывоопасной пыли. Часть 14. Выбор и установка

IEC 61643-12:2008 Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным энергораспределительным системам. Принципы выбора и применения

IEC 62305-1:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 1. Общие принципы

IEC 62305-2:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 2. Управление риском

IEC 62305-4:2006 Защита от атмосферного электричества. Часть 4. Электрические и электронные системы внутри конструкции

IEC 62305-5 * Защита от атмосферного электричества. Часть 5. Системы энергоснабжения

ISO 3864-1:2002 Обозначения условные графические. Цвета сигнальные и знаки безопасности. Часть 1. Принципы разработки знаков безопасности для производственных помещений и общественных мест.

3 Термины и определения

В настоящем предстандarte применяют следующие термины и сокращения (при этом некоторые из них уже использовались в части 1, но повторяются в настоящей части для удобства чтения), а также термины, определения, обозначения и сокращения, используемые в других частях IEC 62305.

3.1 система молниезащиты (lightning protection system): Комплексная система, используемая для снижения материального ущерба при ударе молнии в здание.

Примечание – Система молниезащиты состоит из внешней и внутренней систем молниезащиты.

3.2 внешняя система молниезащиты (external lightning protection system): Часть системы молниезащиты, состоящая из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

3.3 внешняя система молниезащиты, изолированная от защищаемого здания (external LPS isolated from the structure to be protected): Система молниезащиты с молниеприемниками и токоотводами, расположенными таким образом, что путь тока молнии не контактирует с защищенным зданием.

3.4 внешняя система молниезащиты, не изолированная от защищаемого здания (external LPS not isolated from the structure to be protected): Система молниезащиты с молниеприемниками и токоотводами, расположенными таким образом, что путь тока молнии может контактировать с защищенным зданием.

3.5 внутренняя система молниезащиты (internal lightning protection system): Часть системы молниезащиты, состоящая из системы уравнивания грозовых потенциалов и (или) устройств защиты от импульсного перенапряжения.

3.6 молниеприемник (air-termination system): Часть внешней системы молниезащиты, которая содержит металлические элементы, например стержни, сетки или натянутые тросы, предназначенные для улавливания разрядов молнии.

3.7 токоотвод (down-conductor system): Часть внешней системы молниезащиты, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

3.8 кольцевой проводник (ring conductor): Проводник, образующий петлю вокруг здания и соединяющий токоотводы для распределения тока молнии между ними.

3.9 заземлитель (earth-termination system): Часть внешней системы молниезащиты, которая предназначена для отвода тока молнии в землю и его растекания в земле.

3.10 заземляющий электрод (earthing electrode): Часть или совокупность частей молниеприемников, которая обеспечивает прямой электрический контакт с землей и рассеивает ток в земле.

3.11 кольцевой заземляющий электрод (ring earthing electrode): Заземляющий электрод, образующий вокруг здания замкнутую петлю ниже поверхности или на поверхности земли.

3.12 заземляющий электрод в фундаменте (foundation earthing electrode): Арматурная сталь фундамента или дополнительный проводник, встроенный в бетонный фундамент здания и используемый в качестве заземляющего электрода.

3.13 условный импеданс заземления (conventional earth impedance): Отношение максимального пикового напряжения заземления к его максимальному пиковому току, которые, как правило, не совпадают по времени.

3.14 напряжение на молниеприемнике (earth-termination voltage): Разность электрических потенциалов между молниеприемником и удаленной землей.

3.15 естественный компонент системы молниезащиты (natural component of LPS): Не специально установленный токопроводящий компонент в целях молниезащиты, который может использоваться дополнительно к системе молниезащиты или в некоторых случаях может выполнять функцию одной или нескольких частей систем молниезащиты.

Примечание – Примеры использования данного термина включают:

- естественный молниеприемник;
- естественный токоотвод;
- естественный заземляющий электрод.

3.16 соединительный элемент (connecting component): Часть внешней системы молниезащиты, которая используется для соединения проводников друг с другом или с металлическими установками.

3.17 крепежный элемент (fixing component): Часть внешней системы молниезащиты, которая используется для прикрепления элементов системы молниезащиты к защищаемому зданию.

3.18 металлические устройства (metal installations): Выступающие металлические элементы в защищаемом здании, способные создавать путь для тока молнии, например трубы, лестницы, лифтовые направляющие, вентиляционные, отопительные каналы и каналы для кондиционирования воздуха, а также стальная арматура.

3.19 внешние проводящие элементы (external conductive parts): Выступающие металлические элементы, входящие или выходящие из защищаемого здания, например трубы, металлические кабельные элементы, металлические кондуиты и т. д., которые способны переносить часть тока молнии.

3.20 электрическая система (electrical system): Система, содержащая компоненты низковольтного электропитания и, возможно, электронные компоненты.

3.21 электронная система (electronic system): Система, содержащая чувствительные электронные компоненты, например аппаратуру связи, компьютер, устройства управления и контрольно-измерительные устройства, радиосистему, установки силовой электроники.

3.22 внутренние системы (internal systems): Электрические и электронные системы, находящиеся внутри зданий.

3.23 уравнивание грозовых потенциалов (lightning equipotential bonding): Заземление наикратчайшим путем отдельных металлических частей посредством токопроводящих проводников или с

помощью устройств защиты от импульсных перенапряжений с целью снижения разности грозовых потенциалов между этими частями и контуром заземления, вызываемых током молнии.

3.24 шина для выравнивания потенциала (замыкатель) (bonding bar): Металлическая балка, на которой металлические элементы, внешние токопроводящие части, линии электропередачи и связи и другие кабели могут соединяться с системой молниезащиты.

3.25 соединяющий проводник (bonding conductor): Проводник, соединяющий отдельные токопроводящие части с системой молниезащиты.

3.26 металлическая арматура, соединенная между собой (interconnected reinforcing steel): Арматура железобетонных конструкций здания (сооружения), которая обеспечивает электрическую непрерывность.

3.27 опасное искрение (dangerous sparking): Электрический разряд молнии, который вызывает физическое повреждение в защищаемом здании.

3.28 безопасное расстояние (separation distance): Минимальное расстояние между двумя проводящими элементами, при котором между ними не может произойти опасное искрение.

3.29 устройство защиты от импульсных перенапряжений (surge protective device): Устройство, предназначенное для ограничения динамических перегрузок по напряжению и отводу сверхтоков. Оно содержит по крайней мере один нелинейный элемент.

3.30 контрольный стык (test joint): Стык, созданный для упрощения электрического испытания и измерения компонентов системы молниезащиты.

3.21 класс системы молниезащиты (class of LPS): Номер, обозначающий классификацию молниезащитной системы в соответствии с уровнем молниезащиты, для которой он предназначен.

3.32 проектировщик системы молниезащиты (lightning protection designer): Специалист, обладающий компетентностью и навыками в создании системы молниезащиты.

3.33 установщик системы молниезащиты (lightning protection installer): Лицо, обладающее компетентностью и навыками в установке системы молниезащиты.

3.34 здания, в которых имеется риск взрыва (structures with risk of explosion): Здания, содержащие твердые взрывоопасные материалы или опасные зоны, как определено в соответствии с IEC 61241-10.

4 Система молниезащиты

4.1 Класс системы молниезащиты

Характеристики СМЗ определяются характеристиками защищаемого здания и соответствующим уровнем молниезащиты.

В настоящем предстандарте определены четыре класса СМЗ (I – IV), соответствующие уровням молниезащиты, упоминаемым в IEC 62305-1 (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Взаимосвязь уровней молниезащиты и класса системы молниезащиты (см. IEC 62305-1)

Уровень молниезащиты	Класс СМЗ
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Каждый класс СМЗ характеризуется следующими данными:

а) зависящими от класса СМЗ:

- параметрами молнии (см. IEC 62305-1, таблицы 3 и 4);
- радиусом катящейся сферы, размера ячейки и угла защиты (см. 5.2.2);
- типичными расстояниями между токоотводами и между кольцевыми проводниками (см. 5.3.3);
- безопасными расстояниями от места опасного искрения (см. 6.3);
- минимальной длиной заземлителей (см. 5.4.2).

б) не зависящими от класса СМЗ:

- уравниванием грозовых потенциалов (см. 6.2);
- минимальной толщиной металлических листов или металлических труб в молниеприемниках (см. 5.2.5);
- материалами СМЗ и условиями использования (см. 5.5);
- материалом, конфигурацией и минимальными размерами молниеприемников, токоотводов и заземлителей (см. 5.6);

– минимальными размерами соединительных проводников (см. 6.2.2).
Технические характеристики каждого класса СМЗ приведены в IEC 62305-2 (приложение В).
Класс требуемой СМЗ выбирают на основании оценки риска (см. IEC 62305-2).

4.2 Конструкция системы молниезащиты

Оптимизированный проект СМЗ с технической и экономической точек зрения возможен только в том случае, если этапы проектирования и создания СМЗ скоординированы с этапами проектирования и возведения защищаемого здания. В частности, в проекте самого здания металлические элементы должны использоваться как части СМЗ.

При проектировании класса и расположения СМЗ для имеющихся зданий следует принимать во внимание ограничения сложившейся ситуации.

Проектная документация СМЗ должна содержать всю информацию, необходимую для обеспечения правильной и завершённой установки. Подробную информацию см. в приложении Е.

4.3 Целостность металлоконструкции в железобетонных сооружениях

Стальные металлические конструкции внутри армированных железобетонных зданий рассматривают как конструкции с электрической непрерывностью при условии, что основная часть внутренних соединений вертикальных и горизонтальных балок является сварной или надёжно соединена каким-либо иным образом. Соединения вертикальных балок должны свариваться, зажиматься или перекрываться наложением на величину, превышающую их диаметр как минимум в 20 раз, а затем скрепляться или соединяться каким-либо иным образом. Для новых зданий, соединения между армированными элементами должны определять проектировщик или установщик вместе со строителем и инженером-строителем.

Для зданий, в которых используются сталежелезобетонные элементы (включая готовые железобетонные блоки и предварительно напряжённые армированные блоки), электрическую непрерывность арматурных стержней устанавливают электрическим испытанием между самым верхним элементом и уровнем земли. Общее электрическое сопротивление, измеренное с использованием испытательного оборудования, не должно превышать 0,2 Ом. Если этого значения не получают, то стальную арматуру не используют в качестве естественного заземлителя в соответствии 5.3.5. В этом случае рекомендуется устанавливать внешний токоотвод. В отношении зданий из стальных железобетонных конструкций электрическую непрерывность арматурной стали следует устанавливать между отдельными прилегающими сборными железобетонными изделиями.

Примечание 1 – Более подробную информацию о непрерывности стальной арматуры в железобетонных зданиях и сооружениях см. в приложении Е.

Примечание 2 – В некоторых странах не разрешается использовать железобетонные элементы как части СМЗ.

5 Внешняя система молниезащиты

5.1 Общие положения

5.1.1 Применение внешней системы молниезащиты

Внешняя СМЗ предназначена для улавливания прямых разрядов молнии в здание, включая разряды в фасад здания, и проведения тока молнии от точки поражения до земли. Внешняя СМЗ также предназначена для рассредоточения этого тока в земле, не вызывая термического или механического повреждения, а также опасного искрения, которое может стать причиной пожара или взрывов.

5.1.2 Выбор внешней системы молниезащиты

В большинстве случаев внешняя СМЗ может устанавливаться на защищаемом здании.

Обеспечение изолированной внешней системы молниезащиты рассматривают в том случае, если в результате термических и взрывоопасных воздействий в точке поражения или на проводниках, несущих ток молнии, может возникнуть опасность для здания или для находящегося внутри него оборудования (см. приложение Е). Типичными примерами являются здания с воспламеняемым покрытием, здания со стенами, выполненными из горючего материала, или зонами, в которых имеется риск возникновения взрыва и пожара.

Примечание – Изолированную внешнюю систему молниезащиты удобно использовать там, где предполагается, что изменения в здании, находящегося в нем оборудования или его использования обязательно потребуют модификаций СМЗ.

Изолированную внешнюю СМЗ можно также рассматривать в случаях, когда чувствительное оборудование требует ослабления излучаемого электромагнитного поля, связанного с импульсом тока молнии в токоотводе.

5.1.3 Использование естественных компонентов

Естественные компоненты, изготовленные из токопроводящих материалов, которые постоянно должны находиться в здании или на здании и не должны изменяться (например, соединенная между собой металлическая арматура, металлоконструкция здания и т. д.), можно использовать в качестве элементов СМЗ.

Другие естественные компоненты следует рассматривать как дополнительные компоненты к СМЗ.

Примечание – Подробную информацию см. в приложении Е.

5.2 Молниеприемники

5.2.1 Общие положения

При наличии правильно спроектированного молниеприемника вероятность проникания в здание тока молнии значительно снижается.

Молниеприемники могут состоять из любой комбинации следующих элементов:

- а) стержней (включая отдельно стоящие мачты);
- б) подвесных тросов;
- в) сетчатых проводников.

Чтобы соответствовать требованиям настоящего предстандарта, все типы молниеприемников должны быть размещены в соответствии с 5.2.2, 5.2.3 и приложением А.

Для обеспечения распределения тока отдельно расположенные стержни молниеприемника должны соединяться вместе на уровне крыши.

Радиоактивные молниеулавливатели использовать нельзя.

5.2.2 Расположение

Компоненты молниеприемника, устанавливаемые на здании, следует размещать по углам в выступающих точках и по краям (особенно на верхнем уровне фасадов) в соответствии с одним или несколькими следующими методами.

Подходящими методами, используемыми для определения положения молниеприемника, являются:

- метод защитного угла;
- метод катящейся сферы;
- метод сетки.

Метод катящейся сферы подходит для всех случаев.

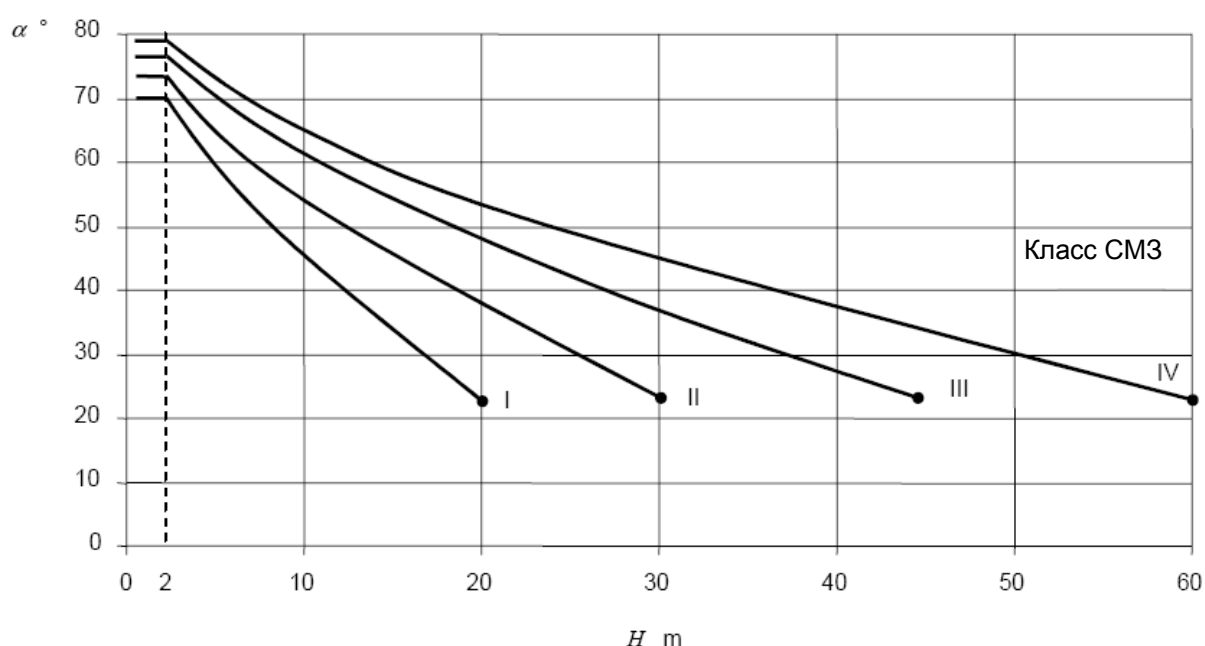
Метод защитного угла подходит для зданий простой формы, но при этом применяются ограничения по высоте молниеприемника, указанной в таблице 2.

Метод сетки является подходящей формой защиты ровных поверхностей.

Значения угла защиты, радиуса катящейся сферы и размера сетки для каждого класса СМЗ даны в таблице 2. Подробную информацию о расположении молниеприемника см. в приложении А.

Таблица 2 – Максимальные значения радиуса катящейся сферы, размера ячейки сетки и защитного угла в соответствии с классом системы молниезащиты

Класс СМЗ	Метод защиты		
	Радиус катящейся сферы r , м	Размер ячейки сетки W , м	Защитный угол α°
I	20	5 × 5	См. рисунок ниже
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



Примечание 1 – Не используется за пределами значений, отмеченных *. В этих случаях применяют метод катящейся сферы и метод сетки.

Примечание 2 – H – высота молниеприемника над уровненой плоскостью защищаемой зоны.

Примечание 3 – Для значений H ниже 2 м угол не изменяется.

5.2.3 Молниеприемники, защищающие от ударов молнии в боковую поверхность высоких зданий

На зданиях высотой свыше 60 м молнии могут ударять в боковую поверхность, особенно в стыки, углы и края.

Примечание – Обычно риск таких ударов молнии невелик, потому что небольшой процент всех ударов в высокие здания приходится на их боковые поверхности и, кроме того, их параметры значительно ниже параметров ударов, приходящихся на верхнюю часть здания.

Однако электрическое и электронное оборудование, установленное на внешних стенах зданий, может быть повреждено даже вспышками молнии с низкими пиковыми значениями тока.

Для защиты верхней части высоких зданий и установленного там оборудования необходимо устанавливать молниеприемник (например, как правило, на самой верхнем участке, составляющем 20 % от всей высоты здания) (см. приложение А).

К этим частям зданий должны применяться правила расположения молниеприемников на крышах.

Кроме того, в отношении зданий, высота которых превышает 120 м, все части, располагающиеся на высоте свыше 120 м, должны быть защищены, поскольку они могут подвергаться опасности.

5.2.4 Конструкция

Не изолированные от защищаемого здания молниеприемники СМЗ можно устанавливать следующим образом:

- проводники молниеприемника можно размещать на поверхности крыши при условии, что она изготовлена из невоспламеняемого материала;

- если крыша выполнена из легковоспламеняемого материала, то особое внимание следует уделять расстоянию между проводниками молниеприемника и материалом. Что касается крыш, изготовленных из соломы или тростника, в которых стальные балки не используются, то для наблюдения за состоянием соломы (тростника) достаточно иметь зазор 0,15 м. Для других горючих материалов считают достаточным расстояние не менее 0,10 м;

- легковоспламеняемые части защищаемого здания не должны оставаться в прямом взаимодействии с компонентами внешней системы молниезащиты, а также находиться непосредственно под какой-либо металлической оболочкой кровли, которая может быть пробита ударом молнии (см. 5.2.5).

Также следует уделять внимание оболочкам с меньшей степенью воспламенения, например деревянному листовому материалу.

Примечание – Если имеется вероятность скопления воды на плоской крыше, то молниеприемники следует устанавливать на максимально возможной высоте над уровнем воды.

5.2.5 Естественные компоненты

Следующие части здания рассматривают в качестве естественных компонентов молниеприемников и как часть молниезащитной системы СМЗ в соответствии с 5.1.3:

а) металлические листы, покрывающие защищаемое здание, при условии, что:

– обеспечена надежная электрическая непрерывность между различными частями (например, с использованием пайки твердым припоем, сварки, гофрирования, фальцевых соединений, завинчивания или болтового крепления);

– значение толщины металлического листа не меньше значения t' , указанного в таблице 3, если предотвращение пробоя обшивки не имеет большого значения или не рассматривается воспламенение находящихся под ним каких-либо легковоспламеняемых материалов;

– значение толщины металлического листа не меньше значения t , указанного в таблице 3, если необходимо предпринимать меры предосторожности в отношении пробоя или рассматривать проблемы, связанные с термическим воздействием в месте удара молнии;

– они не плакированы изоляционным материалом.

Таблица 3 – Минимальная толщина металлических листов или металлических труб в молниеприемниках

Класс СМЗ	Материал	Толщина ^{a)} t , мм	Толщина ^{b)} t' , мм
I – IV	Свинец	–	2,0
	Сталь (нержавеющая, оцинкованная)	4	0,5
	Титан	4	0,5
	Медь	5	0,5
	Алюминий	7	0,65
	Цинк	–	0,7

^{a)} t – предотвращает пробой, место локального перегрева или возгорания.
^{b)} t' – только для металлических листов, если предотвращение пробоя, места локального перегрева или возгорания не имеет большого значения.

б) металлические компоненты крыши зданий и сооружений (стропильные фермы, соединенная между собой металлическая арматура и т. д.), расположенные под неметаллическим покрытием крыши, при условии, что последнюю часть можно исключить из защищаемого здания;

с) металлические части, например орнаментальные формы, ограждения, трубы, покрытия парапетов и т. д., сечением не менее того, которое указано для стандартных компонентов молниеприемника;

д) расположенные на крыше металлические трубы и резервуары при условии, что они изготовлены из материала, толщина и поперечное сечение которого соответствуют данным, указанным в таблице 6;

е) металлические трубы и резервуары, содержащие легковоспламеняемые или взрывоопасные смеси, при условии, что они изготовлены из материала толщиной не меньше соответствующего значения t , указанного в таблице 3, и что повышение температуры внутренней поверхности в точке поражения не представляет опасности (подробную информацию см. в приложении Е).

Если требования к толщине не соблюдаются, то трубы и резервуары должны быть встроены в защищаемое здание (сооружение).

Трубы, по которым проходят легковоспламеняемые и взрывоопасные смеси, не рассматривают в качестве естественного компонента молниеприемника, если во фланцевых соединениях используются неметаллические прокладки или если стороны фланца не соединены иным надежным способом.

Примечание – Тонкий слой защитной краски, асфальтовое покрытие толщиной 1 мм или покрытие из ПВХ толщиной 0,5 мм не рассматривают в качестве изолятора.

Подробную информацию см. в приложении Е.

5.3 Токоотводы

5.3.1 Общие положения

С целью снижения вероятности повреждения из-за тока молнии, протекающего в СМЗ, токоотводы следует размещать таким образом, чтобы в случае удара молнии в землю:

а) имелись несколько параллельных путей тока;

б) длина путей тока была ограничена до минимума;

с) уравнивание потенциалов для токопроводящих частей здания осуществлялось в соответствии с требованиями 6.2.

Примечание – Соответствующей практикой считают поперечное соединение токоотводов на нулевом уровне и через каждые 10 – 20 м по высоте в соответствии с данными таблицы 4.

На безопасное расстояние влияет геометрия токоотводов и кольцевых проводников (см. 6.3).

Примечание – Установка как можно большего количества токоотводов на равном расстоянии по периметру соединенных между собой кольцевых проводников снижает вероятность опасного искрения и способствует защите внутренних установок (см. IEC 62305-4).

Данное условие выполняется в сооружениях из металлических и железобетонных конструкций, в которых соединенная между собой металлическая арматура является электрически непрерывной.

Типичные значения расстояния между токоотводами и между горизонтальными кольцевыми проводниками указаны в таблице 4.

Более подробная информация о перераспределении тока молнии между токоотводами приводится в приложении С.

5.3.2 Расположение изолированной системы молниезащиты

а) Если молниеприемник состоит из стержней, закрепленных на отдельно стоящих мачтах (или на одной мачте), не изготовленных из металла или соединенной между собой металлической арматуры, то для каждой мачты необходим по крайней мере один токоотвод. Для мачт, изготовленных из металла или соединенной между собой металлической арматуры, каких-либо дополнительных токоотводов не требуется.

Примечание – В некоторых странах использование железобетона как части СМЗ не допускается.

б) Если молниеприемник состоит из подвесных тросов (или одного троса), то на каждом здании (сооружении) должен быть по крайней мере один токоотвод.

с) Если молниеприемник образует сеть проводников, то на конце каждого несущего троса должен быть по крайней мере один токоотвод.

5.3.3 Расположение неизолированной системы молниезащиты

Для каждой неизолированной СМЗ количество токоотводов должно быть не менее двух токоотводов и располагаться они должны по периметру защищаемого здания в зависимости от архитектурных и практических ограничивающих условий.

Желательно, чтобы токоотводы располагались по периметру на равном расстоянии друг от друга. Типичные значения расстояния между токоотводами указаны в таблице 4.

Примечание – Значение расстояния между токоотводами соотносится с безопасным расстоянием, указанным в 6.3.

Таблица 4 – Типичные значения расстояния между токоотводами и между кольцевыми проводниками в соответствии с классом системы молниезащиты

Класс СМЗ	Типичные расстояния, м
I	10
II	10
III	15
IV	20

По возможности токоотвод должен быть установлен в каждом выступающем углу здания.

5.3.4 Конструкция

Токоотводы устанавливают так, чтобы они являлись прямым продолжением проводников молниеприемника, если это целесообразно.

Токоотводы прокладывают по прямым и вертикальным линиям так, чтобы путь тока до земли был кратчайшим и наиболее прямым. Не рекомендуется прокладка токоотводов в виде петель, но там, где это невозможно, расстояние s , измеренное поперек расстояния между двумя точками на проводнике, и длина проводника между этими точками (см. рисунок 1) должны соответствовать значениям, указанным в 6.3.

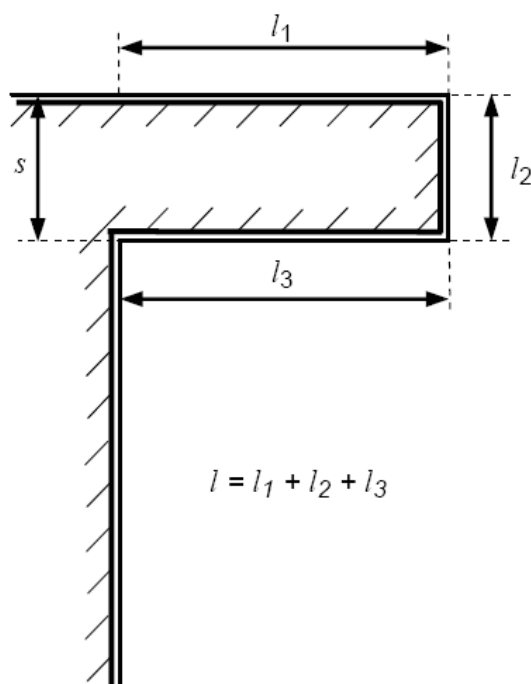


Рисунок 1 – Петля в токоотводе

Не следует прокладывать токоотводы в водосточных трубах, даже если они покрыты изоляционным материалом.

Примечание – Воздействие влаги в водосточных трубах приводит к коррозии токоотводов. Рекомендуется, чтобы токоотводы располагались таким образом, чтобы между ними и дверями и окнами обеспечивалось безопасное расстояние согласно 6.3.

Токоотводы СМЗ, не изолированные от защищаемого здания, можно устанавливать следующим образом:

- если стена выполнена из негорючего материала, то токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены или проходить в стене;
- если стена выполнена из горючего материала, то токоотводы могут быть закреплены на поверхности стены так, чтобы повышение их температуры при протекании тока молнии не представляло опасности для материала стены;
- если стена выполнена из горючего материала и повышение температуры токоотводов представляет для него опасность, токоотводы должны располагаться таким образом, чтобы расстояние между ними и стеной всегда превышало 0,1 м. Металлические скобы для крепления токоотводов могут быть в контакте со стеной.

Если нельзя обеспечить соответствующее расстояние от токоотвода до горючего материала, то сечение проводника должно быть не менее 100 мм².

5.3.5 Естественные элементы токоотводов

Следующие конструктивные элементы зданий можно рассматривать в качестве естественных токоотводов:

- а) металлические конструкции при условии, что:
 - электрическая непрерывность между разными элементами является постоянной и соответствует требованиям 5.5.2;
 - они имеют не меньшие размеры (указанные в таблице 6), чем требуются для специально предусмотренных токоотводов.

Трубы, по которым протекают горючие или взрывоопасные смеси, не должны рассматриваться в качестве естественных компонентов токоотвода, если во фланцевых соединениях используются неметаллические прокладки или если стороны фланца не соединены иным надежным способом.

Примечание 1 – Металлические конструкции могут иметь изоляционное покрытие;

- б) металлические, электрически непрерывные конструкции здания, армированные бетоном.

Примечание 2 – Что касается сборного железобетона, между армированными элементами важно устанавливать соединяемые между собой узлы. Также важно, чтобы в железобетоне было обеспечено соединение между этими узлами. Отдельные части должны соединяться на месте во время сборки (см. приложение E).

Примечание 3 – Что касается предварительно напряженного железобетона, внимание следует уделять риску возникновения неприемлемых механических последствий как из-за тока молнии, так и из-за результата соединения с системой молниезащиты;

с) соединенная между собой стальная арматура здания.

Примечание 4 – Если в качестве токоотводов используется металлическая структура стальных конструкций или соединенная между собой металлическая арматура, то в кольцевых проводниках нет необходимости;

д) части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада при условии, что:

- их размеры соответствуют указаниям, относящимся к токоотводам (см. 5.6.2), а толщина металлических листов или металлических труб составляет не менее 0,5 мм;

- их электрическая непрерывность в вертикальном направлении соответствует требованиям 5.5.2.

Примечание 5 – Подробную информацию см. в приложении E.

5.3.6 Контрольные стыки

При соединении заземлителей на каждом токоотводе должен быть установлен контрольный стык, кроме случая, когда имеются естественные токоотводы, соединенные с заземляющим электродом в фундаменте.

Для проведения измерения стык должен открываться с помощью инструмента. При нормальном использовании он должен оставаться закрытым.

5.4 Система заземления

5.4.1 Общие положения

При рассмотрении рассеивания высокочастотного тока молнии в земле и с целью минимизирования любых опасных перенапряжений конфигурация и размеры системы заземления являются важными критериями. Как правило, рекомендуется низкое сопротивление заземления (по возможности менее 10 Ом, измеренное на низкой частоте).

Для молниезащиты предпочтительнее использовать встроенный в здание и пригодный для всех целей отдельный заземлитель (например, для молниезащиты, систем электропередачи и связи).

Системы заземления должны соединяться в соответствии с требованиями 6.2.

Примечание 1 – Условия разделения и соединения других заземлителей обычно определяют соответствующие органы управления.

Примечание 2 – Если соединяются между собой заземлители, изготовленные из различных материалов, то могут возникать серьезные проблемы, связанные с коррозией.

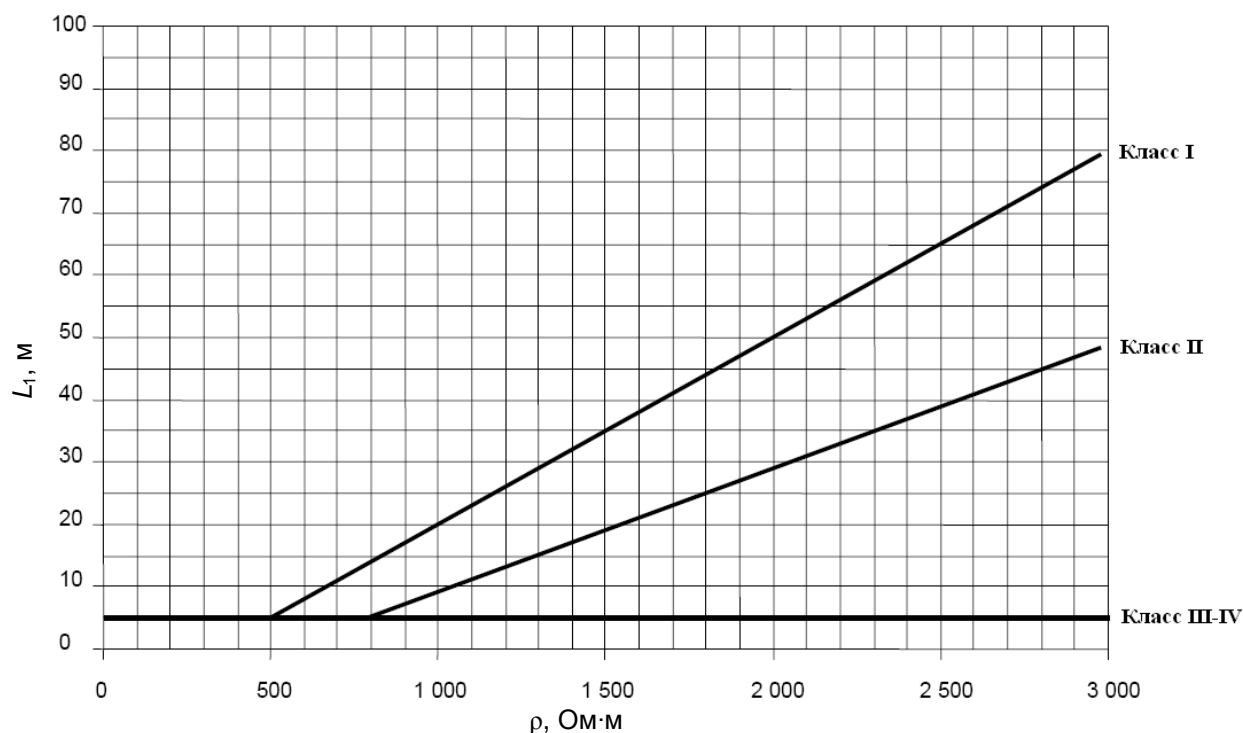
5.4.2 Расположение заземления в обычных условиях

Используют два основных типа (А и В) размещения заземляющих электродов.

5.4.2.1 Расположение типа А

Данный тип размещения включает горизонтальные или вертикальные электроды, установленные за пределами защищаемого здания и присоединенные к каждому токоотводу.

В расположении типа А общее количество используемых заземляющих электродов должно быть не менее двух.



Примечание – Классы III и IV не зависят от удельного сопротивления заземления.

Рисунок 2 – Минимальная длина l_1 каждого заземляющего электрода в соответствии с классом системы молниезащиты

Минимальная длина l_1 каждого заземляющего электрода на основании каждого токоотвода составляет:

- l_1 – для горизонтальных электродов, или
- $0,5 l_1$ – для вертикальных (или наклонных) электродов,

где l_1 – минимальная длина горизонтальных электродов, указанная на рисунке 2.

Что касается комбинированных (вертикальных или горизонтальных) электродов, то следует рассматривать общую длину.

Значения минимальной длины, показанные на рисунке 2, можно не учитывать при условии достижения удельного сопротивления заземления менее 10 Ом (измеренное на частоте, отличающейся от частоты сети и ее параллели, с тем чтобы избежать помех).

Примечание 1 – Возможно снижение удельного сопротивления заземления до 60 м за счет увеличения заземляющих молниеотводов.

Примечание 2 – Более подробную информацию см. в приложении Е.

5.4.2.2 Расположение типа В

Данный тип расположения включает либо кольцевой проводник, находящийся за пределами защищаемого здания, соприкасающийся с почвой на 80 % своей полной длины, либо заземляющий электрод в фундаменте. Эти заземляющие электроды также могут быть сетчатыми.

Для кольцевого заземляющего электрода (или заземляющего электрода в фундаменте) средний радиус r_e участка, охватываемого кольцевым заземляющим электродом, должен быть не меньше значения l_1 :

$$r_e \geq l_1, \quad (1)$$

где l_1 представлена на рисунке 2 в соответствии с классами I, II, III и IV СМЗ.

Если требуемое значение l_1 превышает соответствующее значение r_e , то необходимо добавить горизонтальный или вертикальный (или наклонные) электроды длиной l_r (горизонтальный) и l_v (вертикальный), рассчитываемые по следующим формулам:

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

и

$$l_v = (l_1 - r_e)/2. \quad (3)$$

Рекомендуется, чтобы количество электродов было не меньше количества токоотводов (не менее двух).

Дополнительные электроды должны соединяться с кольцевым заземляющим электродом в точках соединения токоотводов и по возможности на равном расстоянии.

5.4.3 Установка заземляющих электродов

Желательно, чтобы кольцевой заземляющий электрод (расположение типа В) устанавливался в земле на глубине не менее 0,5 м и на расстоянии приблизительно 1 м от внешних стен.

Заземляющие электроды (расположение типа А) должны быть проложены на глубине по верхнему краю не менее 0,5 м и распределяться, по возможности, равномерно, чтобы свести к минимуму воздействия электрического взаимодействия в земле.

Заземляющие электроды устанавливают таким образом, чтобы их можно было проверить в ходе строительства.

Глубина прокладки и тип заземляющих электродов должны быть такими, чтобы свести к минимуму воздействия коррозии, высыхание и промерзание почвы и стабилизировать таким образом удельное сопротивление заземления. Верхнюю часть вертикального заземлителя, равного глубине промерзания почвы в условиях промерзания, не рекомендуется рассматривать как эффективную.

Примечание – Таким образом, длину l_1 каждого вертикального электрода необходимо увеличить на 0,5 м из расчета, взятого в 5.4.2.1 и 5.4.2.2.

Для скалистого грунта рекомендуется использовать порядок расположения заземления типа В.

Для зданий с комплексными электронными системами или с высоким риском возгорания (см. IEC 62305-2) желательно использовать расположение заземления типа В.

5.4.4 Естественные заземлители

В качестве естественных заземляющих электродов можно использовать соединенную между собой железобетонную арматуру или другие подземные металлические конструкции, отвечающие требованиям 5.6 настоящего предстандарта. Если железобетонная арматура используется в качестве заземляющих электродов, то повышенные требования следует предъявлять к местам ее соединений, чтобы исключить механическое разрушение бетона.

Примечание 1 – При использовании бетона следует обратить внимание на вероятные последствия протекания тока грозового разряда, который может вызвать недопустимые механические нагрузки.

Примечание 2 – При использовании заземлителя в фундаменте возможно длительное повышение сопротивления заземления.

Примечание 3 – Более подробная информация на эту тему приведена в приложении А.

5.5 Компоненты

Компоненты СМЗ должны выдерживать электромагнитные воздействия тока молнии и прогнозируемые аварийные напряжения без повреждений.

Компоненты СМЗ должны быть выполнены из материалов, перечисленных в таблице 5, или из других материалов с равноценными механическими, электрическими и химическими (коррозия) техническими характеристиками.

Примечание – Для крепления можно использовать компоненты, изготовленные из неметаллического материала.

Таблица 5 – Материалы системы молниезащиты и условия использования

Материал	Использование			Коррозия		
	На открытом воздухе	В земле	В бетоне	Сопротивление	Возрастает за счет	Может быть уничтожена гальванической связью
Медь	Сплошной проводник Многожильный проводник	Сплошной проводник Многожильный проводник В качестве покрытия	Сплошной проводник Многожильный проводник В качестве покрытия	Хорошее во многих средах	Сернистых веществ	—
Оцинкованная горячим способом сталь	Сплошной проводник Многожильный проводник	Сплошной проводник	Сплошной проводник Многожильный проводник	Приемлемое на воздухе, в бетоне и в плодородной почве	Высокого содержания хлоридов	Медь
Нержавеющая сталь	Сплошной проводник Многожильный проводник	Сплошной проводник Многожильный проводник	Сплошной проводник Многожильный проводник	Хорошее во многих средах	Высокого содержания хлоридов	—
Алюминий	Сплошной проводник Многожильный проводник	Не используется	Не используется	Хорошее в атмосферах, содержащих низкие концентрации серы и хлорида	Щелочных растворов	Медь
Свинец	Сплошной проводник В качестве покрытия	Сплошной проводник В качестве покрытия	Не используется	Хорошее в атмосферах, содержащих высокие концентрации сульфатов	Кислых грунтов	Медь Нержавеющая сталь

Примечание 1 – В настоящей таблице приведено общее руководство. В особых случаях требуется невосприимчивость коррозии (см. приложение E).

Примечание 2 – Многожильные проводники более подвержены коррозии, чем сплошные проводники. Многожильные проводники также подвергаются коррозии, если они входят в землю или бетон или выходят оттуда. По этой причине не рекомендуется размещать в земле многожильные проводники из оцинкованной стали.

Примечание 3 – Оцинкованная сталь также может разрушаться под действием ржавчины в глинистом или влажном грунте.

Примечание 4 – Оцинкованная сталь, имеющаяся в бетонной конструкции здания, не должна вдаваться в землю (за пределы бетонной конструкции здания) вследствие возможной коррозии стали.

Примечание 5 – Оцинкованная сталь, соприкасающаяся с арматурной сталью, которая может находиться в бетонной конструкции, при определенных обстоятельствах вызывает разрушение бетона.

Примечание 6 – Использование свинца в заземлении часто запрещается или ограничивается по причине его опасности для окружающей среды.

5.5.1 Крепление

Молниеприемники и токоотводы должны быть жестко закреплены так, чтобы исключить любой разрыв или ослабление крепления проводников под действием электродинамических сил или

случайных механических воздействий (например, от вибрации, падения снежного пласта, теплового расширения и т. д.) (см. приложение D IEC 62305-1).

5.5.2 Соединения

Количество соединений вдоль проводников должно сводиться к минимальному количеству. Соединения должны быть выполнены надежным образом, например с использованием пайки твердым припоем, сварки, гофрирования, фальцевых соединений, завинчивания или болтового крепления.

Соединения стальных конструкций внутри армированных бетонных зданий должны отвечать требованиям 4.3.

5.6 Материалы и размеры

5.6.1 Материалы

Материал и его размеры выбирают с учетом вероятности возникновения коррозии либо защищаемого здания, либо СМЗ.

5.6.2 Размеры

Конфигурации и минимальные площади поперечного сечения проводников, стержни молниеприемника и токоотводы приведены в таблице 6.

Конфигурации и минимальные размеры заземлителей приведены в таблице 7.

Таблица 6 – Материал, конфигурация и минимальное сечение проводников молниеприемника, стержней и токоотводов

Материал	Конфигурация	Минимальная площадь поперечного сечения, мм ²	Комментарии ¹⁰⁾
Медь	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Толщина 2 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁷⁾	50 ⁸⁾	Диаметр 8 мм
	Многожильный	50 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Многожильный круглый ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	Диаметр 16 мм
Медь, покрытая оловом ¹⁾	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Толщина 2 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁷⁾	50 ⁸⁾	Диаметр 8 мм
	Многожильный	50 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
Алюминий	Сплошной плоский	70	Толщина 3 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁷⁾	50 ⁸⁾	Диаметр 8 мм
	Многожильный	50 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
Алюминиевый сплав	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Толщина 2,5 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁷⁾	50	Диаметр 8 мм
	Многожильный	50 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Многожильный круглый ³⁾	200 ⁸⁾	Диаметр 16 мм

Окончание таблицы 6

Материал	Конфигурация	Минимальная площадь поперечного сечения, мм ²	Комментарии ¹⁰⁾
Сталь горячего цинкования ²⁾	Сплошной плоский	50 ⁸⁾	Толщина 2,5 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁹⁾	50	Диаметр 8 мм
	Многожильный	50 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Многожильный круглый ^{3), 4), 9)}	200 ⁸⁾	Диаметр 16 мм
Нержавеющая сталь	Сплошной плоский ⁶⁾	50 ⁸⁾	Толщина 2 мм (минимальная)
	Сплошной круглый ⁶⁾	50	Диаметр 8 мм
	Многожильный	70 ⁸⁾	Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Многожильный круглый ^{3), 4)}	200 ⁸⁾	Диаметр 16 мм
¹⁾ Минимальная толщина горячелуженого или электролитического покрытия 1 мкм. ²⁾ Покрытие должно быть гладким, непрерывным, без пятен расплава и с минимальной толщиной 50 мкм. ³⁾ Применяется только для стержней молниеприемника. В отдельных случаях, где механическое напряжение, например давление ветра, не является критически важным, можно использовать стержень молниеприемника длиной 1 м (max) с дополнительной фиксацией. ⁴⁾ Применяется только для заземляющего входящего стержня. ⁵⁾ Хром ≥ 16 %, никель ≥ 8 %, углерод $\geq 0,07$ %. ⁶⁾ Что касается стальных элементов, встроенных в бетонные сооружения и (или) соприкасающихся с воспламеняемым материалом, минимальные размеры должны быть увеличены до 78 мм ² (диаметром 10 мм) для сплошного круглого проводника и до 75 мм ² (минимальной толщиной 3 мм) для сплошного плоского проводника. ⁷⁾ В отдельных случаях, где механическое напряжение не является важным требованием, можно снизить размер с 50 мм ² (диаметром 8 мм) до 28 мм ² (диаметром 6 мм). В данном случае необходимо уделять внимание уменьшению зазора крепежных деталей. ⁸⁾ Если тепловые и механические аспекты имеют большое значение, эти размеры могут быть увеличены до 60 мм ² для сплошных плоских проводников и до 78 мм ² для сплошных круглых проводников. ⁹⁾ Чтобы не допустить плавления, минимальное поперечное сечение должно составлять 16 мм ² для медных проводников, 25 мм ² для алюминиевых проводников, 50 мм ² для стальных проводников и 50 мм ² для проводников из нержавеющей стали для удельной энергии 10 000 кДж/Ом. Подробную информацию см. в приложении Е. ¹⁰⁾ Толщина, ширина и диаметр установлены в пределах ± 10 %.			

Таблица 7 – Материал, конфигурация и минимальные размеры заземлителей

Материал	Конфигурация	Минимальные размеры			Комментарии
		Стержень заземления Ø, мм	Проводник заземления	Пластина заземления, мм	
Медь	Многожильный ³⁾	15 ⁸⁾ 20	50 мм ²		Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Сплошной круглый ³⁾		50 мм ²		Диаметр 8 мм
	Сплошной плоский ³⁾		50 мм ²		Толщина 2 мм (минимальная)
	Сплошной круглый				
	Труба				
	Сплошная пластина				Толщина стенки 2 мм (минимальная)

Окончание таблицы 7

Материал	Конфигурация	Минимальные размеры			Комментарии
		Стержень заземления Ø, мм	Проводник заземления	Пластина заземления, мм	
	Сетчатая пластина			500 × 500 600 × 600	Толщина 2 мм (минимальная) Секция 25 × 2 мм Минимальная длина сетчатой конструкции 4,8 м
Сталь	Оцинкованный сплошной круглый ^{1), 2)}	16 ⁹⁾	Диаметр 10 мм		
	Оцинкованная труба ^{1), 2)}	25			Толщина стенки 2 мм (минимальная)
	Оцинкованный сплошной плоский ¹⁾		90 мм ²		Толщина 3 мм (минимальная)
	Оцинкованная сплошная пластина ¹⁾			500 × 500	Толщина 3 мм (минимальная)
	Оцинкованная сетчатая пластина ¹⁾			600 × 600	Секция 30 × 3 мм
	Сплошной круглый, покрытый медью ⁴⁾	14			Радиус 250 мкм (минимальный) Медное покрытие с содержанием меди 99,9 %
	Сплошной круглый с непокрытой поверхностью ⁵⁾		Диаметр 10 мм		
	Оцинкованный сплошной плоский или с непокрытой поверхностью ^{5), 6)}		75 мм ²		Толщина 3 мм (минимальная)
	Оцинкованный многожильный ^{5), 6)}		70 мм ²		Диаметр каждой жилы 1,7 мм (минимальный)
	Оцинкованный с поперечным профилем ¹⁾	50 × 50 × 3			
Нержавеющая сталь ⁷⁾	Сплошной круглый	15	Диаметр 10 мм		
	Сплошной плоский		100 мм ²		Толщина 2 мм (минимальная)

¹⁾ Покрытие должно быть гладким, непрерывным и без пятен расплава и с минимальной толщиной 50 мкм для круглых проводников и 50 мкм для плоского материала.

²⁾ Жилы должны обрабатываться до оцинковывания.

³⁾ Также могут покрываться оловом.

⁴⁾ Медь должна надежно соединяться со сталью.

⁵⁾ Разрешается только в случае полного встраивания в бетонное сооружение.

⁶⁾ Разрешается только в случае правильного взаимного соединения через каждые 5 м (мин.) с естественным стальным армированием части фундамента, соприкасающейся с землей.

⁷⁾ Хром ≥ 16 %, никель ≥ 5 %, молибден ≥ 2 %, углерод ≥ 0,08 %.

⁸⁾ В некоторых странах допускается 12 мм.

⁹⁾ В некоторых странах заземляющий провод в стержнях используется для присоединения токоотвода к точке его входа в землю.

6 Внутренняя система молниезащиты

6.1 Общие положения

Внутренняя СМЗ не должна допускать возникновения опасного искрения в защищаемом здании из-за тока молнии, протекающего во внутренней СМЗ, или в других проводящих частях здания.

Опасное искрение может возникать между внешней СМЗ и другими компонентами, например:

- металлическими установками;
- внутренними системами;
- внешними токопроводящими частями и линиями, присоединенными к зданию.

Примечание 1 – Искрение, возникающее в здании с риском взрыва, всегда представляет собой опасность. В этом случае требуются дополнительные меры молниезащиты, которые еще находятся в стадии рассмотрения (см. приложение Е).

Примечание 2 – Информация о защите внутренних систем от перенапряжений приведена в IEC 62305-4.

Опасного искрения между различными частями можно избежать за счет:

- уравнивания грозовых потенциалов в соответствии с 6.2;
- электрической изоляции между частями в соответствии с 6.3.

6.2 Уравнивание грозовых потенциалов

6.2.1 Общие положения

Уравнивание потенциалов достигается за счет взаимного соединения СМЗ с:

- металлическими элементами здания;
- металлическими установками;
- внутренними системами;
- внешними токопроводящими системами и линиями, присоединенными к зданию.

После установления уравнивания грозовых потенциалов в отношении внутренних систем часть тока молнии может протекать в эти системы, что следует иметь в виду.

Средствами межсоединения могут быть:

- проводники выравнивания потенциала, в которых электрическая непрерывность не обеспечивается естественным соединением пайкой;
- устройства защиты от перенапряжений (далее – УЗП), в которых прямые соединения с проводниками выравнивания потенциала невыполнимы.

Большое значение имеет способ обеспечения уравнивания грозовых потенциалов. Его необходимо обсуждать с оператором телекоммуникационной сети, оператором сети электропередачи и другими операторами или заинтересованными органами, поскольку требования могут друг другу противоречить.

УЗП устанавливают таким образом, чтобы их можно было осмотреть с целью проверки.

Примечание – Если СМЗ установлена, она может влиять на металлоконструкции зданий, находящиеся на внешней стороне защищаемого здания. Это необходимо рассматривать в ходе проектирования таких систем. Уравнивание грозового потенциала для внешних металлоконструкций зданий также может быть необходимым.

6.2.2 Уравнивание грозовых потенциалов для металлических установок

В отношении изолированной внешней СМЗ уравнивание грозовых потенциалов устанавливают только на уровне земли.

В неизолированной внешней СМЗ уравнивание грозовых потенциалов устанавливают в следующих местах:

а) в фундаменте или почти на уровне земли. Соединяющие проводники должны соединяться с шиной для выравнивания потенциала, созданной и установленной таким образом, чтобы имелся свободный доступ с целью проверки. Шину для выравнивания потенциала подсоединяют к системе заземления. Для больших зданий (обычно длиной более 20 м) устанавливают несколько таких шин при условии, что они соединены между собой;

б) там, где требования к изоляции не выполняются (см. 6.3 настоящего предстандарта).

Соединения уравнивания грозового потенциала должны быть по возможности прямыми и вертикальными.

Примечание – Если СМЗ установлена, она может влиять на металлоконструкции, находящиеся на внешней стороне защищаемого здания. Это необходимо рассматривать в ходе проектирования таких систем. Также может понадобиться уравнивание грозового потенциала для внешних металлоконструкций зданий.

Максимальные значения поперечного сечения проводников выравнивания потенциала, соединяющие различные шины для выравнивания потенциалов и проводников, соединяющих шины с системой заземления, перечислены в таблице 8.

Минимальные значения поперечного сечения проводников выравнивания потенциалов, соединяющих внутренние металлические установки с шинами для выравнивания потенциалов, перечислены в таблице 9 настоящего предстандарта.

Таблица 8 – Минимальные размеры проводников, соединяющих различные шины для выравнивания потенциала или соединяющих шины для выравнивания потенциала с молниеприемником

Класс СМЗ	Материал	Поперечное сечение, мм ²
I – IV	Медь	14
	Алюминий	22
	Сталь	50

Таблица 9 – Минимальные размеры проводников, соединяющих внутренние металлические установки с шиной для выравнивания потенциала

Класс СМЗ	Материал	Поперечное сечение мм ²
I – IV	Медь	5
	Алюминий	8
	Сталь	16

Если изолирующие детали вставлены в газопроводные линии или водопроводные трубы внутри защищаемого здания, они должны по соглашению с поставщиком воды и газа шунтироваться с помощью УЗП, спроектированных специально для такой операции.

УЗП должны иметь следующие характеристики:

- принадлежность к классу I;
- $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, где $k_c I$ – ток молнии, текущий вдоль соответствующей части внешней СМЗ (см. приложение С);
- уровень защиты U_p должен быть ниже уровня импульсного выдерживания изоляции между деталями;
- другие характеристики, отвечающие требованиям IEC 61643-12.

6.2.3 Уравнивание грозовых потенциалов для внешних токопроводящих частей

Во внешних токопроводящих частях уравнивание грозовых потенциалов устанавливают как можно ближе к точке входа в защищаемое здание.

Проводники выравнивания потенциалов должны выдерживать часть I_t текущего по ним тока молнии, определенного в соответствии с IEC 62305-1 (приложение Е).

Если прямое соединение не подходит, то тогда используют следующие характеристики:

- принадлежность к классу I;
- $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, где $k_c I$ – ток молнии, текущий вдоль рассматриваемой части внешней токопроводящей детали [см. IEC 62305-1 (приложение Е)];
- уровень защиты U_p должен быть ниже уровня импульсного выдерживания изоляции между деталями;
- другие характеристики, отвечающие требованиям IEC 61643-12.

Примечание – В случае, если требуется выравнивание потенциалов, но не требуется обеспечение СМЗ, то для этой цели можно использовать заземление низковольтного электрического оборудования. IEC 62305-2 предоставляет информацию об условиях, при которых установка СМЗ не требуется.

6.2.4 Уравнивание грозовых потенциалов для внутренних систем

Желательно, чтобы уравнивание грозовых потенциалов обеспечивалось в соответствии с 6.2.2 а) и 6.2.2 б).

Если проводники внутренних систем экранированы или размещены в металлических трубопроводах, то достаточно соединить только эти экраны и металлические трубы (см. приложение В).

Примечание – Соединение экранов и металлических труб может не предотвращать повреждения вследствие перенапряжений оборудования, соединенного с проводниками. Для обеспечения защиты этого оборудования см. IEC 62305-4.

Если проводники внутренних систем не имеют экранирования и не помещены в металлические трубопроводы, их следует соединять через разъемы РПН. В системах заземления TN проводники РЕ и PEN должны соединяться с СМЗ напрямую или через УЗП.

Проводники выравнивания потенциала и УЗП должны иметь одинаковые характеристики, указанные в 6.2.2.

Если требуется защита внутренних систем от выбросов тока, то необходимо использовать «скоординированную защиту УЗП», отвечающую требованиям IEC 62305-4 (раздел 7).

6.2.5 Уравнивание грозовых потенциалов для линий, подсоединенных к защищаемому зданию

Уравнивание грозовых потенциалов для линий электропередачи и связи должно обеспечиваться в соответствии с 6.2.3.

Все проводники каждой линии должны соединяться напрямую или через УЗП. Провода под напряжением должны соединяться только с шиной для выравнивания потенциалов через УЗП. В системах заземления TN проводники РЕ и PEN должны соединяться с шиной напрямую или через УЗП.

Если линии экранированы или проходят по металлическим трубопроводам, то эти экраны и трубопроводы должны быть соединены; но уравнивание грозовых потенциалов не является обязательным при условии, что поперечное сечение S_c этих экранов или трубопроводов не ниже минимального значения $S_{c\min}$, определенного в соответствии с приложением В.

Уравнивание грозовых потенциалов экранов кабеля или трубопроводов осуществляют вблизи точки, в которой они входят в здание.

Проводники выравнивания потенциалов и УЗП должны иметь одинаковые характеристики, указанные в 6.2.3.

Если требуется защита внутренних систем от выбросов тока, то необходимо использовать «скоординированную защиту УЗП», отвечающую требованиям IEC 62305-4 (раздел 7).

Примечание 1 – Если требуется выравнивание потенциалов, но не требуется наличие СМЗ, то для этой цели можно использовать заземление низковольтного электрического оборудования. IEC 62305-2 предоставляет информацию об условиях, при которых СМЗ не требуется.

Примечание 2 – Для получения более подробной информации, касающейся выравнивания потенциалов для линий связи (см. IEC 62305-5).

6.3 Электроизоляция внешней системы молниезащиты

Электрическая изоляция между молниеприемником или токоотводом и металлическими частями зданий (сооружений), металлическими установками и внутренними системами может осуществляться посредством обеспечения зазора d между частями, превышающими по размеру безопасное расстояние s :

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l, \quad (4)$$

где k_i зависит от выбранного класса СМЗ (см. таблицу 10);

k_c зависит от тока молнии, направленного на токоотводы (см. таблицу 11);

k_m зависит от материала электроизоляции (см. таблицу 12);

l – длина в метрах вдоль молниеприемника или токоотвода от точки, в которой рассматривают безопасное расстояние, до ближайшей точки выравнивания потенциалов.

Таблица 10 – Изоляция внешней системы молниезащиты. Значения коэффициента k_i

Класс СМЗ	k_i
I	0,08
II	0,06
III – IV	0,04

Таблица 11 – Изоляция внешней системы молниезащиты. Значения коэффициента k_c

Количество токоотводов, n	k_c
1	1
2	1 ... 0,5
4 и более	1 ... 1/ n

Таблица 12 – Изоляция внешней системы молниезащиты. Значения коэффициента k_m

Материал	k_m
Воздушная	1
Бетон, кирпичи	0,5
Примечание 1 – Если используется серия различных изоляционных материалов, то для k_m рекомендуется использовать меньшее значение.	
Примечание 2 – Использование других изоляционных материалов находится в стадии рассмотрения.	

Что касается линий или внешних токопроводящих частей, присоединенных к зданию, необходимо всегда обеспечивать уравнивание грозовых потенциалов (посредством прямого соединения или соединения через УЗП) в точке их входа в здание.

В зданиях с металлическими или электрически непрерывными, подсоединенными, армированными, бетонными сооружениями безопасное расстояние не требуется.

7 Техническое обслуживание и проверка системы молниезащиты

7.1 Проведение проверки

Целью проверки является подтверждение того, что:

- a) СМЗ соответствует проекту, отвечающему требованиям настоящего предстандарта;
- b) все компоненты СМЗ находятся в хорошем состоянии и могут выполнять функции, предназначенные им, коррозия отсутствует;
- c) все недавно добавленные линии электропередачи или конструкции включены в СМЗ.

7.2 Порядок проведения проверки

Проверки проводят в соответствии с 7.1 следующим образом:

- в ходе строительства здания, чтобы проверить наличие встроенных электродов;
- после установки СМЗ;
- периодически через такие промежутки времени, которые определены с учетом назначения защищаемого здания, т. е. проблемы с коррозией и класс СМЗ.

Примечание – Подробную информацию см. в разделе Е.7;

- после изменений или ремонта или если известно, что в здание ударила молния.

Во время регулярного обследования особенно важно проверить следующее:

- ухудшение состояния и коррозию элементов молниеприемника, проводников и соединений;
- коррозию заземляющих электродов;
- значение удельного сопротивления для системы заземления;
- состояние соединений, уравнивания потенциалов и крепежных средств.

7.3 Поддержание в рабочем состоянии

Регулярные проверки являются важнейшими условиями надежного технического обслуживания СМЗ. Владелец здания должен быть проинформирован обо всех выявленных нарушениях, которые должны быть незамедлительно исправлены.

8 Меры защиты от поражения людей вследствие контактного и шагового напряжения

8.1 Меры защиты от контактного напряжения

При определенных условиях находиться близи токоотводов СМЗ снаружи здания может быть опасно для жизни, даже если СМЗ была спроектирована и построена в соответствии с вышеупомянутыми требованиями.

Степень опасности снижается до допустимого уровня, если выполняется одно из следующих условий:

- a) вероятность приближения людей к зданию или продолжительность их присутствия с наружной стороны здания и близко к токоотводам очень мала;
- b) естественная система токоотводов состоит из нескольких колонн прочной металлоконструкции здания или из нескольких столбов из соединенных между собой стальных конструкций здания с обеспечением электрической непрерывности;

с) сопротивление поверхностного слоя почвы на расстоянии 3 м от токоотвода составляет не менее 5 кОм·м.

Примечание – Слой изоляционного материала, например асфальта, толщиной 5 см (или слой гравия толщиной 15 см), как правило, снижает опасность до допустимого уровня.

Если ни одно из этих условий не выполняется, необходимо применять следующие меры молниезащиты от поражения людей контактным напряжением:

- изоляция выступающего токоотвода, обеспечивающая импульсное выдерживаемое напряжение 100 кВ, – 1,2/50 мкс, например полиэтилен с поперечным сечением не менее 3 мм;
- физические ограничения и (или) предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности прикосновения к токоотводам.

Меры молниезащиты должны отвечать требованиям соответствующих стандартов (см. ISO 3864-1).

8.2 Меры защиты от шагового напряжения

В определенных условиях находиться близи токоотводов СМЗ снаружи здания может быть опасно для жизни, даже если СМЗ была спроектирована и построена в соответствии с вышеупомянутыми правилами.

Степень опасности снижается до допустимого уровня, если выполняется одно из следующих условий:

а) вероятность приближения людей к зданию или продолжительность их присутствия с наружной стороны здания на расстоянии 3 м от токоотводов очень мала;

б) сопротивление поверхностного слоя почвы на расстоянии 3 м от токоотвода составляет не менее 5 кОм·м.

Примечание – Слой изоляционного материала, например асфальта, толщиной 5 см (или слой гравия толщиной 15 см), как правило, снижает опасность до допустимого уровня.

Если ни одно из этих условий не выполняется, необходимо применять следующие меры молниезащиты от поражения людей вследствие шагового напряжения:

- выравнивание потенциалов с помощью сетчатой системы заземления;
- физические ограничения и (или) предупредительные надписи с целью сведения к минимуму вероятности попадания в опасную зону на расстоянии 3 м от токоотводов.

Меры молниезащиты должны отвечать требованиям соответствующих стандартов (см. ISO 3864-1).

Приложение А (обязательное)

Расположение молниеприемника

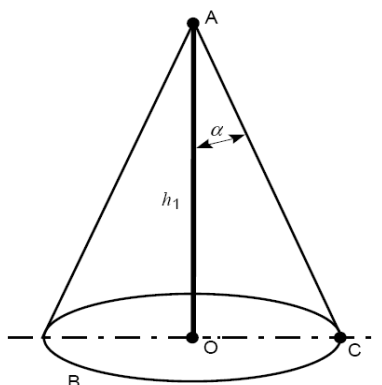
А.1 Расположение молниеприемника с использованием метода защитного угла

Расположение молниеприемника считается нормальным, если защищаемое здание полностью располагается в пределах защищаемого пространства, обеспечиваемого системой молниеприемника.

Для определения защищаемого пространства необходимо рассматривать только фактические физические размеры металлических молниеприемников.

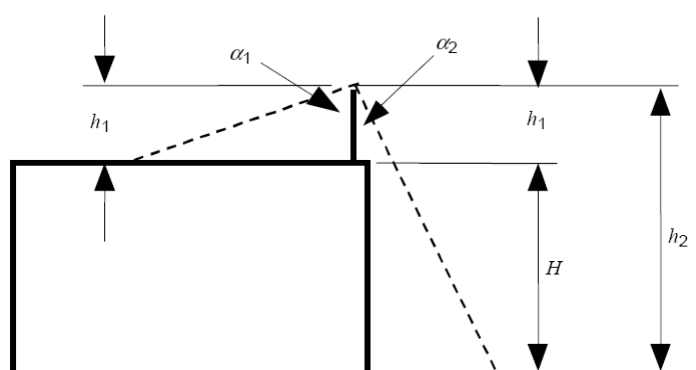
А.1.1 Пространство, защищаемое вертикальным стержнем молниеприемника

Предполагается, что пространство, защищаемое вертикальным стержнем молниеприемника, должно иметь форму правильного закругленного угла с вершиной, расположенной на оси молниеприемника, с половиной угла при вершине α в зависимости от класса СМЗ и на высоте молниеприемника, указанной в таблице 2 настоящего предстандарта. Примеры защищаемого пространства показаны на рисунках А.1 и А.2.



А – верхний конец стержня молниеприемника; В – уровневая плоскость; ОС – радиус защищаемой зоны;
 h_1 – высота стержня молниеприемника над уровневой плоскостью защищаемой зоны;
 α – защитный угол в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта.

Рисунок А.1 – Пространство, защищаемое вертикальным стержнем молниеприемника



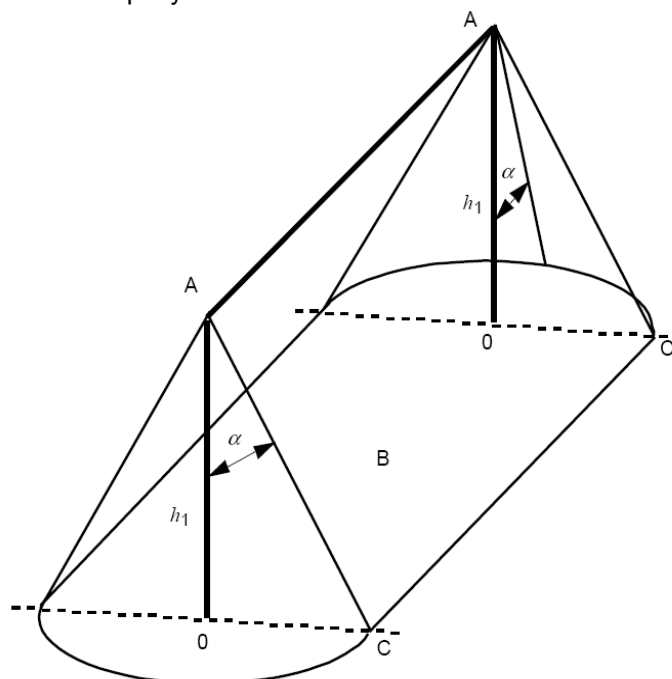
h_1 – физическая высота стержня молниеприемника.

Примечание – Защитный угол α_1 соответствует высоте молниеприемника h_1 , являясь высотой над защищаемой поверхностью крыши; защитный угол α_2 соответствует высоте молниеприемника $h_2 = h_1 + H$, а земля является уровневой поверхностью; α_1 относится к h_1 , а α_2 относится к h_2 .

Рисунок А.2 – Пространство, защищаемое вертикальным стержнем молниеприемника

А.1.2 Пространство, защищаемое тросовым молниеприемником

Пространство, защищаемое тросовым молниеприемником, определяется структурой пространства, защищаемой виртуальными вертикальными стержнями с вершинами на проводе. Примеры защищаемого пространства показаны на рисунке А.3.



Примечание – Обозначение см. на рисунке А.3.

Рисунок А.3 – Пространство, защищаемое тросовым молниеприемником

А.1.3 Пространство, защищаемое тросами в комбинации с сеткой

Пространство, защищаемое тросами в комбинации с сеткой, определяется комбинацией защищаемого пространства, определяемого отдельными проводниками, образующими сетку. Примеры пространства, защищаемого тросами в комбинации с сеткой, показаны на рисунках А.4 и А.5.

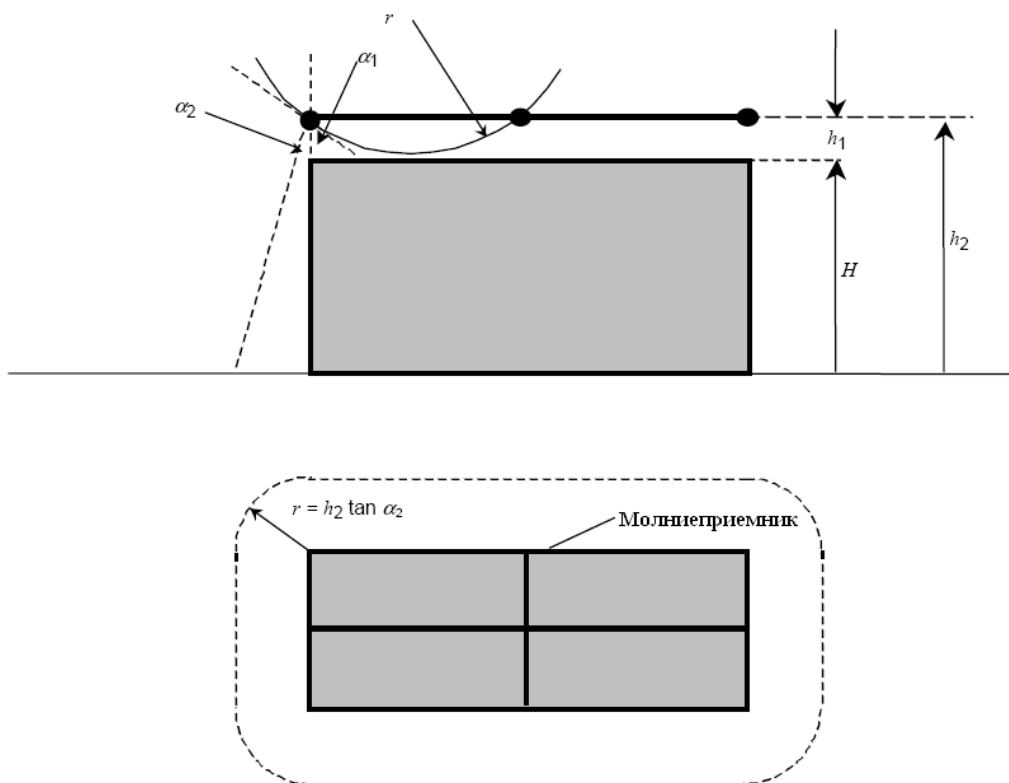
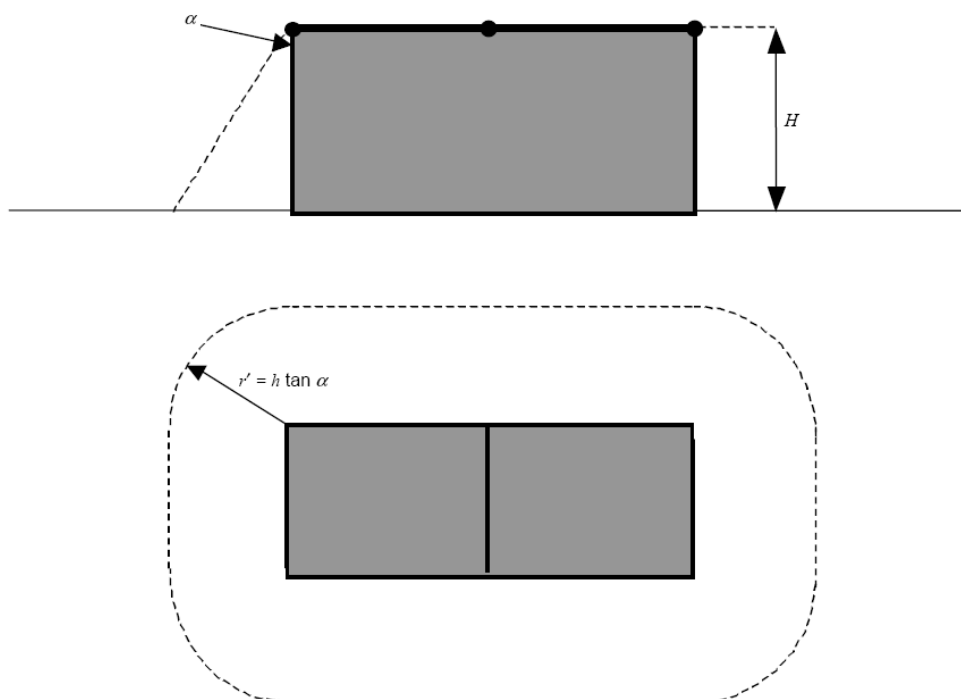


Рисунок А.4 – Пространство, защищаемое изолированными тросами, соединенными в сетку, в соответствии с методом защитного угла и методом катящейся сферы

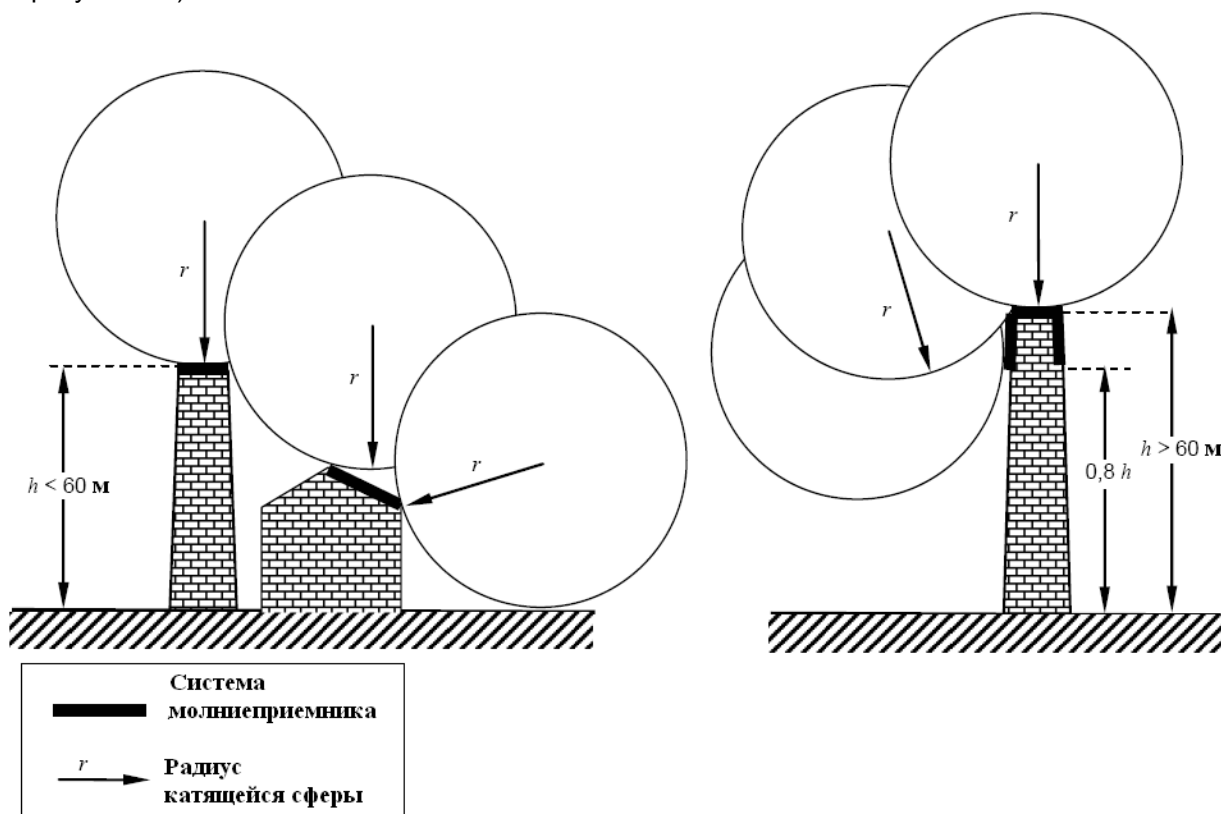


Примечание – $H = h$.

Рисунок А.5 – Пространство, защищаемое неизолированными тросами, соединенными в сетку, в соответствии с методом сетки и методом защитного угла

A.2 Положение системы молниеприемника с использованием метода катящейся сферы

При применении данного метода положение системы молниеприемника считается соответствующим, если ни одна из точек защищаемого здания не соприкасается со сферой радиусом r в зависимости от класса СМЗ (см. таблицу 2 настоящего предстандарта), катящейся вокруг и по верху здания во всех возможных направлениях. В этом случае сфера касается только молниеприемника (см. рисунок А.6).



Примечание 1 – Радиус катящейся сферы r должен соответствовать выбранному классу СМЗ (см. таблицу 2 настоящего предстандарта).

Примечание 2 – $H = h$.

Рисунок А.6 – Конструкция молниеприемника в соответствии с методом катящейся сферы

Молния может ударить в любую боковую часть здания, которая выше радиуса r катящейся сферы. Каждая точка боковой части здания, которой касается катящаяся сфера, является вероятной точкой поражения молнией. Однако для зданий высотой ниже 60 м вероятность ударов молнии в боковую часть здания, как правило, незначительна.

Для более высоких зданий основная часть всех ударов молнии приходится на верхнюю часть зданий, горизонтальные передние края и углы здания. И только несколько процентов всех ударов молнии приходится на его боковую часть.

Кроме того, данные наблюдения показывают, что вероятность ударов молнии в боковые части здания значительно уменьшается по мере снижения высоты точки поражения на высоких зданиях при измерении снизу (от земли). Следовательно, следует уделять внимание установке боковой системы молниеприемника на верхней части высоких зданий (обычно на высоте, составляющей 20 % высоты всего здания). В этом случае метод катящейся сферы применяют только для размещения молниеприемника на верхней части здания.

А.3 Расположение молниеприемника по методу сетки

Для защиты ровных поверхностей используют сетку, защищающую всю поверхность, если выполнены следующие условия:

а) проводники сетки проложены:

- по краю крыши;
- по выступам;
- на конек крыши, если наклон крыши превышает $1/10$.

Примечание 1 – Метод сетки применим для горизонтальных и скатных крыш без изгибов.

Примечание 2 – Метод сетки применим для плоских боковых поверхностей для защиты от ударов молнии в фасад здания.

Примечание 3 – Если наклон крыши превышает $1/10$, то вместо сетки можно использовать параллельные проводники молниеприемника при условии, что расстояние между тросами не превышает требуемой ширины ячеек сетки;

б) размеры ячейки сетки не больше приведенных в таблице 2 настоящего предстандарта;

с) сетка выполнена таким образом, чтобы ток молнии имел всегда по крайней мере два различных пути к заземлителю;

д) металлические части не должны выступать за внешние контуры сетки.

Примечание 4 – Подробную информацию можно найти в приложении Е;

е) проводники сетки должны быть проложены по возможности кратчайшими путями.

Приложение В (обязательное)

Минимальное сечение экрана входящего кабеля во избежание опасного искрения

Перенапряжения между активными проводниками и экраном кабеля могут вызывать опасное искрение из-за тока молнии, переносимого экраном. Перенапряжения зависят от материала, размеров экрана, а также длины и расположения кабеля.

Минимальное значение $S_{c \min}$, мм², площади поперечного сечения экрана во избежание опасного искрения определяют по формуле:

$$S_{c \min} = \frac{I_f \times \rho_c \times L_c \times 10^6}{U_w}, \quad (\text{B.1})$$

где I_f – ток, протекающий по экрану, кА;
 ρ_c – сопротивление экрана, Ом·м;
 L_c – длина кабеля, м (см. таблицу В.1);
 U_w – импульсное выдерживаемое напряжение электрической/электронной системы, питаемой кабелем, кВ.

Таблица В.1 – Длина кабеля, рассматриваемая в соответствии с условием экрана

Состояние экрана	L_c
Соприкасающийся с землей с удельным сопротивлением ρ (Ом·м)	$L_c \leq 8 \times \sqrt{\rho}$
Изолирован от земли или в воздухе	L_c – расстояние между зданием и ближайшей точкой заземления экрана

Примечание – Необходимо выяснить, может ли происходить неприемлемое повышение температуры изоляции линии, когда ток молнии протекает по экрану этой линии, либо проводников линии. Подробную информацию см. в IEC 62305-4.

Даются следующие ограничения:

- для экранированных кабелей – рассчитывают по формуле $I_f = 8 \times S_c$; и
- для неэкранированных кабелей – рассчитывают по формуле $I_f = 8 \times n' \times S'_c$,

где

I_f – ток в экране, кА;
 n' – количество проводников;
 S_c – поперечное сечение экрана, мм²;
 S'_c – поперечное сечение каждого проводника, мм².

Приложение С (справочное)

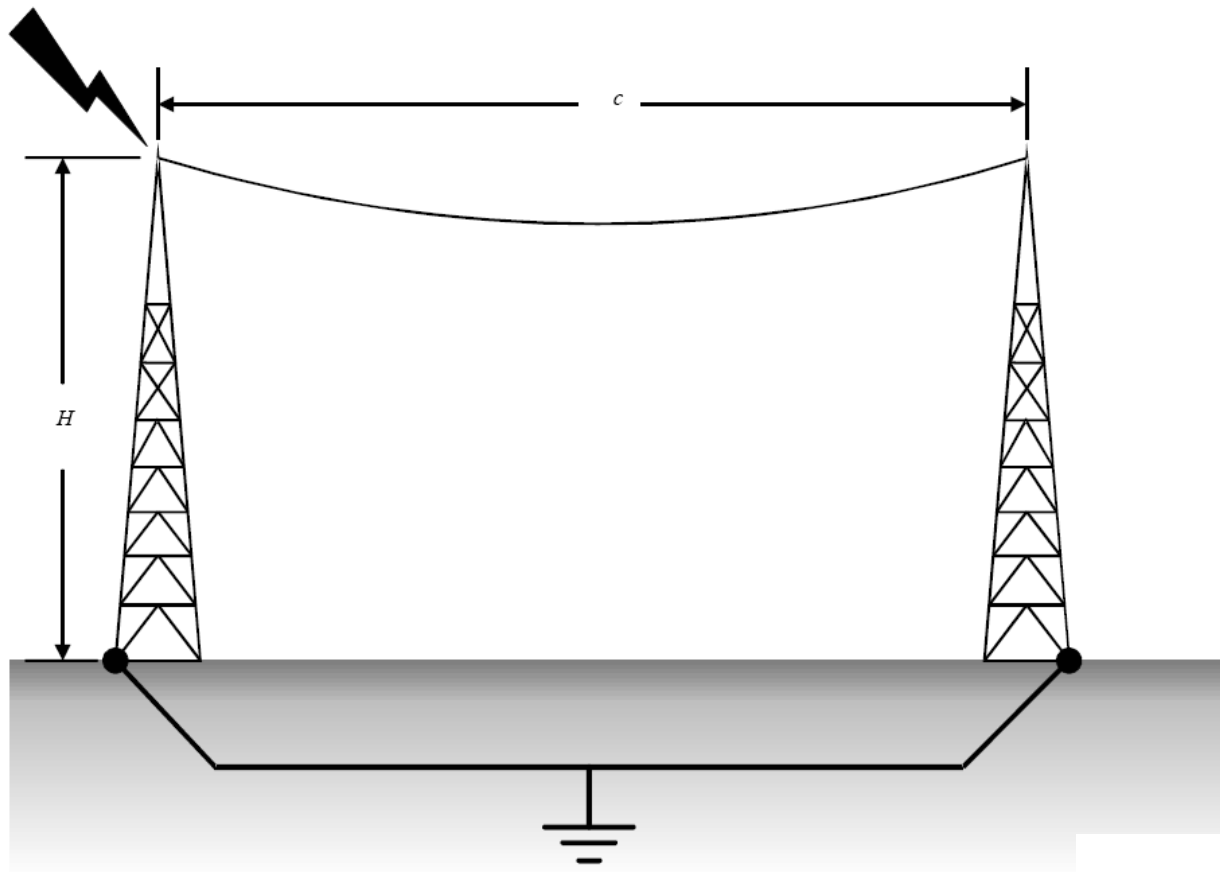
Распределение тока молнии по токоотводам

Коэффициент распределения k_c тока молнии по токоотводам зависит от общего количества токоотводов n и их расположения, от соединенных между собой кольцевых проводников, от типа молниеприемника и типа системы заземления, как указано в таблице С.1.

Данные таблицы С.1 применяют к расположению заземления типа А при условии, что сопротивление заземления каждого электрода имеет аналогичное значение и для всех типов расположений заземления типа В.

Таблица С.1 – Значения коэффициента k_c

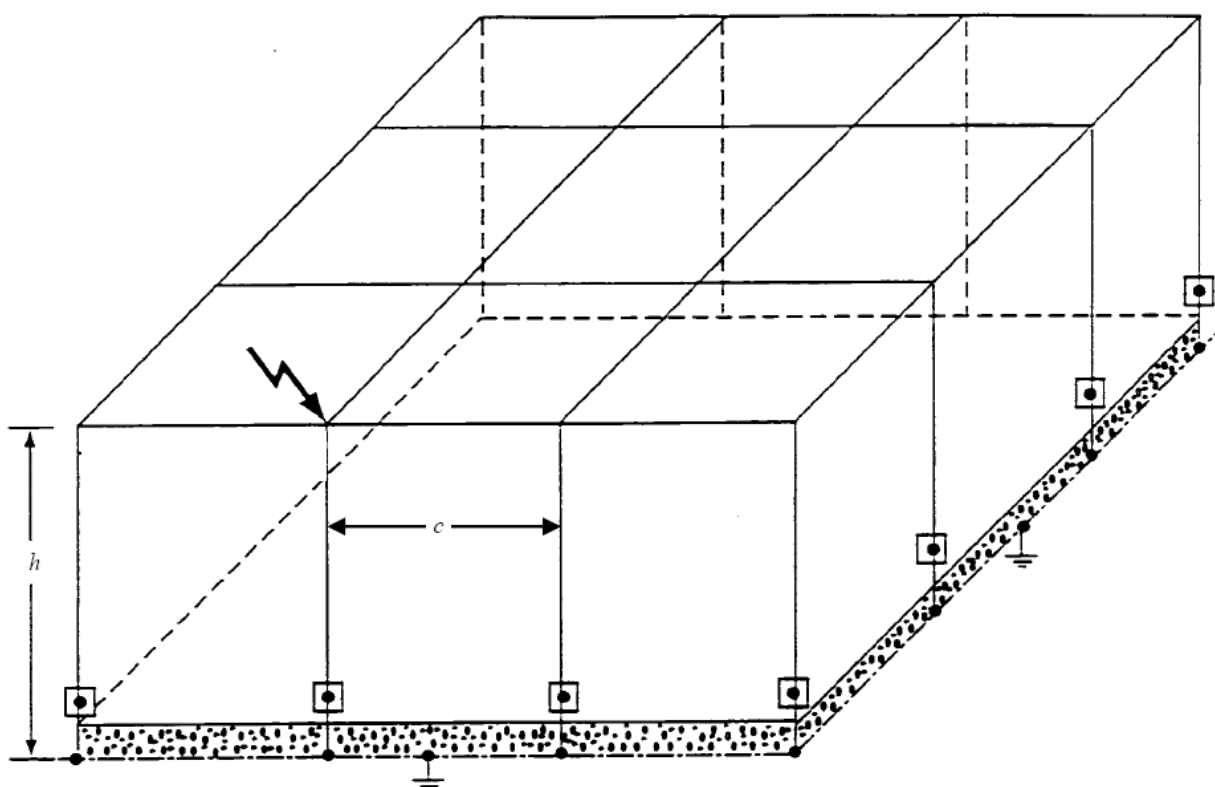
Тип молниеприемника	Количество токоотводов n	k_c	
		Расположение заземления типа А	Расположение заземления типа В
Отдельный стержень	1	1	1
Провод	2	0,66 ^{d)}	0,5 ... 1 (см. рисунок С.1) ^{a)}
Сетка	4 и более	0,44 ^{d)}	0,25 ... 0,5 (см. рисунок С.2) ^{b)}
Сетка	4 и более соединенных между собой горизонтальными кольцевыми проводниками	0,44 ^{d)}	1/ n ... 0,5 (см. рисунок С.3) ^{c)}
^{a)} Диапазон значений от $k_c = 0,5$, где $s \ll h$, до $k_c = 1$ с $h \ll s$ (см. рисунок С.1). ^{b)} Уравнение для k_c согласно рисунку С.2 является приближением для кубических структур и для $n \geq 4$. Значения h , s_s и s_d устанавливаются в диапазоне от 5 до 20 м. ^{c)} Если токоотводы соединяются горизонтально с помощью кольцевых проводников, то ток распределяется равномерно в более низких частях системы токоотводов и k_c далее снижается. Это особенно характерно для высоких зданий. ^{d)} Эти значения действуют для отдельных заземляющих электродов со сравниваемыми сопротивлениями заземления. Если сопротивления заземления отдельных электродов заземления являются совершенно другими, то принимают 1.			
Примечание – Если сделаны подробные расчеты, то можно использовать другие значения k_c .			



$$k_c = \frac{h + c}{2h + c}$$

Примечание – $H = h$.

Рисунок С.1 – Значения коэффициента k_c для тросовой системы молниеприемника и системы заземления типа В



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}},$$

где n – общее количество токоотводов;

c – расстояние от одного токоотвода до другого;

h – зазоры (или высота) между кольцевыми проводниками.

Примечание 1 – Более подробное определение коэффициента k_c (см. на рисунке С.3).

Примечание 2 – Если имеются внутренние токоотводы, то их следует принимать во внимание при определении k_c .

Рисунок С.2 – Значения коэффициента k_c для сетчатой системы молниеприемника и системы заземления типа В

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \quad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

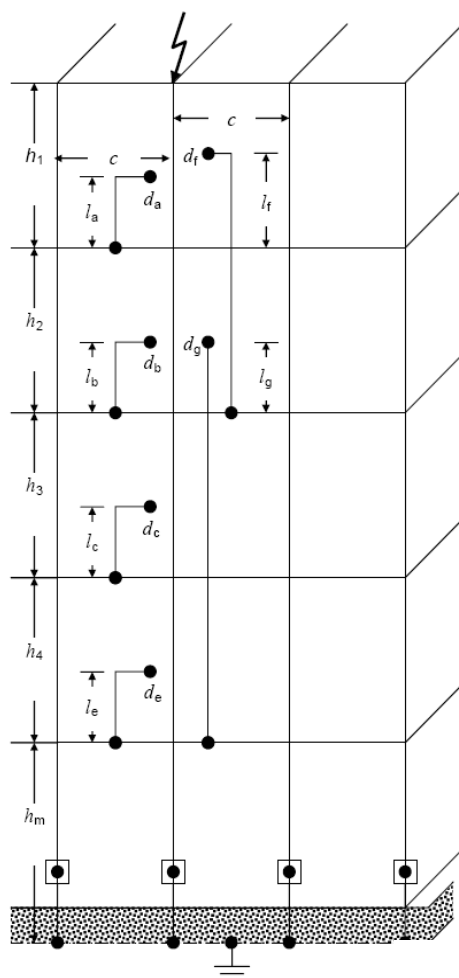
$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e \quad d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2) \quad d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c1} \times l_a \quad d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c3} \times l_c$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c4} \times l_e \quad d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c1} \times l_f + k_{c2} \times h_2) \quad d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \times (k_{c2} \times l_g + k_{c3} \times h_3 + k_{c4} \times h_4)$$



$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt{\frac{c}{h}}$$

$$k_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1$$

$$k_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01$$

$$k_{c4} = \frac{1}{n}$$

$$k_{cm} = k_{c4} = \frac{1}{n}$$

где n – общее количество токоотводов;
 c – расстояние от ближайшего токоотвода;
 h – пространство (высота) между кольцевыми проводниками;
 m – общее количество уровней;
 d – расстояние до ближайшего токоотвода;
 l – высота над узлом соединения

Рисунок С.3 – Примеры расчета безопасного расстояния для сетчатого молниеприемника, соединяющего кольца токоотводов на каждом уровне и системы заземления типа В

Приложение D (справочное)

Дополнительная информация о системе молниезащиты для сооружений с риском взрыва

D.1 Общие положения

В настоящем приложении содержится дополнительная информация по проектированию, строительству, расширению и модификации СМЗ для зданий с риском взрыва.

Примечание 1 – Информация, представленная в настоящем приложении о подтвержденных на практике конфигурациях систем молниезащиты, установленных на зданиях, в которых имеется опасность возникновения взрывов.

Если обеспечение молниезащиты требует официальный контролирующий орган или она требуется в результате оценки риска, проведенной в соответствии с IEC 62305-2, то используют СМЗ класса II. В настоящем приложении содержится дополнительная информация для отдельных случаев.

Примечание 2 – Исключения, касающиеся использования молниезащиты уровня П, могут допускаться, если они технически обоснованы и разрешены официальными контролирующими органами. Например, использование молниезащиты уровня I разрешено во всех случаях, особенно в тех случаях, когда окружающая среда или оборудование, находящееся внутри здания, являются особенно чувствительными к воздействиям молнии. Кроме того, официальные контролирующие органы могут разрешить использование молниезащиты уровня «Ш», если основанием для этого служит нерегулярность грозовой активности и (или) нечувствительность оборудования, находящегося внутри здания.

D.2 Дополнительные термины и определения

Дополнительно к терминам и определениям, приведенным в разделе 3, в настоящем приложении применяются следующие термины и определения.

D.2.1 Изоляционное расстояние между электродами (isolating spark gap): Компонент с зарядным расстоянием для изоляционных электропроводных секций установки.

Примечание – В случае удара молнии секции установки временно соединяются зарядовой связью в результате разряда.

D.2.2 Твердый взрывчатый материал (вещество) (solid explosives material): Твердое химическое соединение, смесь или устройство, взрыв которых является их первичным или общим назначением.

D.2.3 Зона 0 (zone 0): Среда, в которой взрывоопасная атмосфера, состоящая из смеси воздуха и горючих веществ в виде газа, пара или тумана, присутствует постоянно, или в течение длительного периода времени, или часто [1].

D.2.4 Зона 1 (zone 1): Среда, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной атмосферы, состоящей из смеси воздуха и горючих веществ в виде газа, пара или тумана, в нормальных условиях эксплуатации [1].

D.2.5 Зона 2 (zone 2): Среда, в которой присутствие взрывоопасной атмосферы, состоящей из смеси воздуха и горючих веществ в виде газа, пара или тумана, в нормальных условиях эксплуатации маловероятно, возникает редко и сохраняется очень непродолжительное время [1].

Примечание – В этом определении слово «сохраняется» означает полное время, в течение которого существует взрывоопасная смесь. Обычно оно включает полное время утечки плюс время рассеивания взрывоопасной смеси после прекращения утечки.

Примечание – Частоту возникновения и длительность присутствия допускается определять по нормам соответствующих отраслей промышленности.

D.2.6 Зона 20 (zone 20): Среда, в которой взрывоопасная атмосфера в виде облака горючей пыли присутствует в воздухе постоянно, или в течение длительного периода времени, или часто [IEC 61241-10:1997, измененное].

D.2.7 Зона 21 (zone 21): Среда, в которой вероятно присутствие взрывоопасной атмосферы в виде облака горючей пыли в воздухе при нормальной эксплуатации оборудования [IEC 61241-10:1997, измененное].

D.2.8 Зона 22 (zone 22): Среда, в которой маловероятно присутствие взрывоопасной атмосферы в виде облака горючей пыли в воздухе при нормальной эксплуатации оборудования, возникает редко и кратковременно [IEC 61241-10:1997, измененное].

D.3 Основные требования

D.3.1 Общие положения

СМЗ создают и устанавливают таким образом, чтобы в случае прямого удара молнии не возникало плавления или эффектов распыления, кроме точки поражения.

Примечание – Также в точке поражения могут возникать искры или повреждающий толчок.

При определении расположения устройств молниеприемника это следует учитывать. Токоотводы устанавливают таким образом, чтобы температура самовозгорания в результате воздействия источника соответствующей опасной зоны не превышалась в тех местах, где невозможно установить токоотводы за пределами опасной зоны.

D.3.2 Требуемая информация

Установщику или проектировщику системы молниезащиты необходимо предоставлять схемы предприятия (й), которые требуют защиты, с указанием зон, в которых обрабатывается или хранится твердый взрывчатый материал, и отмеченных опасных зон в соответствии с IEC 60079-10 и IEC 61241-10.

D.3.3 Заземление

Согласно 5.4.2.2 расположение молниеприемника типа В является предпочтительным для всех СМЗ зданий, в которых присутствует опасность взрыва.

Примечание – Конструкция здания может обеспечивать эффективный эквивалент расположения типа В кольцевого проводника (например, металлические складские резервуары).

Сопротивление заземления молниеприемника зданий, содержащих твердые взрывчатые материалы и взрывоопасные смеси, должно быть как можно меньшим, но не выше 10 Ом.

D.3.4 Уравнивание потенциалов

Уравнивание грозовых потенциалов между компонентами СМЗ и другими токопроводящими установками, а также между компонентами всех токопроводящих установок согласно 6.2 должно обеспечиваться внутри опасных зон и мест, в которых могут присутствовать твердые взрывчатые материалы:

- на уровне земли;
- там, где расстояние между токопроводящими деталями меньше, чем безопасное расстояние s , рассчитанное при $k_c = 1$.

Примечание – По причине опасных частичных разрядов безопасные расстояния можно рассматривать только в зонах, в которых отсутствуют взрывчатые материалы. В тех зонах, в которых искра может вызывать возгорание окружающей среды, необходимо обеспечивать дополнительное выравнивание потенциалов, чтобы гарантировать исключения внутреннего искрения в зоне 0 и зоне 20.

D.4 Здания, в которых имеются твердые взрывчатые материалы

При проектировании молниезащиты для зданий с твердыми взрывчатыми материалами, следует принимать во внимание чувствительность материала к среде, в которой они используются или хранятся. Например, некоторые нечувствительные взрывчатые материалы, лежащие навалом или насыпью, не требуют дополнительного рассмотрения, кроме требований, приведенных в настоящем приложении. Однако есть некоторые виды чувствительных взрывчатых материалов, которые могут быть чувствительными к быстро изменяющимся электрическим полям и (или) на которые воздействует излучение импульсного электромагнитного поля молнии. В этом случае необходимо установить дополнительные требования к выравниванию потенциалов или экранированию.

Для зданий, содержащих твердые взрывчатые материалы, желательно применять изолированную внешнюю СМЗ (указанную в 5.1.2 настоящего предстандарта). Здания, полностью находящиеся в металлическом каркасе толщиной 5 мм (стальной) или 7 мм (алюминиевый) согласно 5.2.5 настоящего предстандарта, можно рассматривать как защищенные естественным молниеприемником. К таким зданиям применимы требования к заземлению, указанные в 5.4 настоящего предстандарта.

Необходимо обеспечивать УЗП от перенапряжений как части СМЗ все места, в которых присутствуют взрывчатые материалы. Там, где имеется возможность, УЗП размещают за пределами мест нахождения твердых взрывчатых материалов. УЗП, которые размещаются в местах, где находятся твердые взрывчатые материалы или скапливается взрывчатая пыль, должны быть взрывобезопасного типа или размещаться внутри взрывозащищенных кожухах.

D.5 Здания, в которых имеются опасные зоны

D.5.1 Общие положения

Все части внешней СМЗ (молниеприемник и токоотводы) по возможности должны находиться на расстоянии не менее 1 м от опасной зоны. Там, где это невозможно, проводники, проходящие в пределах 0,5 м от опасной зоны, должны быть непрерывными или соединения должны быть выполнены с использованием компрессионного фитинга или сварки.

Там, где опасная зона располагается непосредственно под металлическим листом, который может быть пробит молнией (см. 5.2.5 настоящего предстандарта), обеспечение молниеприемником должно быть в соответствии с 5.2 настоящего предстандарта.

D.5.1.1 Подавление перенапряжения

Ограничители перенапряжения устанавливают за пределами опасной зоны, где это возможно. Ограничители перенапряжения, установленные внутри опасной зоны, должны соответствовать этой зоне или находиться в кожухе, который должен быть одобрен для функции подавления перенапряжения.

D.5.1.2 Уравнивание потенциалов

Дополнительно к требованиям уравнивания, указанным в D.3.4, необходимо обеспечивать общее уравнивание потенциалов для СМЗ в соответствии с обязательными требованиями настоящего предстандарта, а также IEC 60079-14 и IEC 61241-14.

Соединения с трубами должны быть такими, чтобы в случае протекания тока молнии не возникало искрения. Соответствующие соединения с трубами приваривают на шипах или болтах или резьбовых отверстиях во фланцах с целью установки винтов. Соединения, образуемые с помощью скоб (зажимов), допускаются, только если в случае с токами молнии защита от возгорания из-за токов молнии подтверждена испытаниями и используются соответствующие процедуры для обеспечения надежности соединения. Соединения и заземляющие проводники прикрепляют к контейнерам и резервуарам стыками.

D.5.2 Здания, имеющие зоны 2 и 22

Для зданий, в которых имеются зоны, определенные как зоны 2 и 22, дополнительные защитные меры могут не требоваться.

В отношении производственного оборудования, изготовленного из металла (например, наружные колонны, реакторы, контейнеры с зонами, содержащими зоны 2 и 22), толщина и материал которых отвечают требованиям таблицы 3, применяется следующее:

- устройства молниеприемников и токоотводы не требуются;
- производственное оборудование должно быть заземлено в соответствии с разделом 5 настоящего предстандарта.

D.5.3 Здания, имеющие зоны 1 и 21

Для зданий, в которых имеются зоны, определенные как зоны 1 и 21, применяются требования для зон 2 и 22 со следующими дополнениями:

- если в трубах имеются изоляционные компоненты, оператор должен определить соответствующие меры защиты. Например, разряда с пробоем можно избежать, используя взрывобезопасные изолирующие искровые зазоры;
- изолирующие искровые зазоры и изоляционные компоненты должны устанавливаться за пределами взрывоопасных зон.

D.5.4 Здания, имеющие зоны 0 и 20

Для зданий, в которых имеются зоны, определенные как зоны 0 и 20, применяются требования, указанные в D.5.3, дополняемые рекомендациями, содержащимися в настоящем разделе, если целесообразно.

Соединения уравнивания грозовых потенциалов между СМЗ и другими установками, оборудованием устанавливаются по согласованию с оператором системы. Соединения уравнивания грозовых потенциалов, в которых используются искровые зазоры, можно устанавливать без согласования с оператором системы. Такие устройства должны подходить к окружающей среде, в которой их устанавливают.

Для наружного оборудования с зонами, определенными как зоны 0 и 20, применяются требования для зон 1, 2, 21 и 22 со следующими дополнениями:

- электрооборудование внутри резервуаров, содержащих горючие жидкости, должно соответствовать своему назначению. Меры по защите от молнии следует предпринимать в соответствии с типом здания;
- стенки закрытых стальных контейнеров с внутренними зонами, определенными как зоны 0 и 20, должны иметь толщину не менее 5 мм в точках вероятного попадания молнии. Для более тонких стенок требуется установка устройств молниеприемника.

D.5.5 Специальные применения

D.5.5.1 Заправочные станции

На заправочных станциях для автомобилей, железнодорожного транспорта, судов и т. д. с опасными зонами, определенными как зоны 2 и 22, металлические трубопроводы должны быть заземлены в соответствии с разделом 5 настоящего предстандарта. Трубопроводы должны соединяться со стальными конструкциями и рельсами, в которых имеются изолирующие искровые зазоры для опасной зоны, которые установлены с учетом тока железнодорожной линии, токов утечки, плавких предохранителей электрических трамваев, систем защиты катодов от коррозии и т. д. На заправочные станции на железных дорогах распространяются требования национальных стандартов.

D.5.5.2 Резервуары-хранилища

Определенные типы сооружений, используемых для хранения жидкостей, которые могут образовывать легковоспламеняемые пары, или используемых для хранения горючих газов, должны быть самозащищаемыми [располагаться полностью в сплошных металлических контейнерах толщиной не менее 5 мм (для стали) и 7 мм (для алюминия без искровых зазоров)] и не должны требовать дополнительной защиты. Аналогично резервуары, прикрытые почвой, и трубопроводы не требуют установки устройств молниеприемника. Приборы и электроника внутри этого оборудования должны функционировать в заданном режиме. Меры молниезащиты следует предпринимать в соответствии с типом здания.

Изолированные резервуары заземляют в соответствии с разделом 5 настоящего предстандарта в зависимости от наибольшего горизонтального размера (диаметра или длины):

- до 20 м – одинарное;
- свыше 20 м – двойное.

Что касается резервуаров на резервуарных станциях (например, нефтеперегонные заводы и хранилища), то заземление каждого резервуара только в одной точке достаточно независимо от наибольшего горизонтального размера. Резервуары на резервуарных станциях должны быть соединены друг с другом. Кроме соединений, указанных в таблицах 7 и 8 настоящего предстандарта, в качестве соединений можно также использовать трубопроводы, соединяющиеся таким образом, что они могут стать электрически проводимыми в соответствии с 5.3.5 настоящего предстандарта.

Примечание – В некоторых странах могут рассматриваться дополнительные требования.

В резервуарах с плавающей крышей крыша должна электрически соединяться с корпусом основного резервуара. Конструкция прокладок и шунтов и их соответствующее расположение должны тщательно рассматриваться, для того чтобы риск возгорания воспламеняемой смеси из-за искрения был снижен до наименьшего практического уровня. Если к резервуару прикреплена сворачиваемая лестница, то между лестницей и верхней частью резервуара и между лестницей и плавающей крышей сквозь шарниры лестницы должен проходить гибкий проводник выравнивания потенциала шириной 35 мм. Если резервуар с плавающей крышей не имеет такой лестницы, то между корпусом резервуара и плавающей крышей применяют один или несколько (в зависимости от размера резервуара) гибких проводников выравнивания потенциала шириной 35 мм или эквивалентных устройств. Проводники выравнивания потенциала должны либо проходить через дренажную систему резервуара с плавающей крышей, либо располагаться так, чтобы они не могли образовывать замкнутые петли. На резервуарах с плавающей крышей должны иметься множественные шунтовые соединения между плавающей крышей и корпусом резервуара, расположенные через промежутки 1,5 м по периметру крыши. Выбор материала осуществляют в соответствии с требованиями к продукции и (или) окружающей среде. Использование альтернативных средств обеспечения соответствующего токопроводящего соединения между плавающей крышей и корпусом резервуара для импульсных токов, связанных с разрядами молнии, допускается только в случае, если безопасность подтверждена испытаниями и если используются соответствующие процедуры для обеспечения надежности соединения.

D.5.5.3 Трубопроводы

Наземные металлические трубопроводы за пределами производственных помещений должны соединяться с системой заземления через каждые 30 м или должны быть заземлены поверхностными заземляющими электродами или громоотводом.

Следующая информация относится к длинным транзитным линиям транспортировки горючих жидкостей:

- на участках нагнетания, участках поступательного перемещения и аналогичных средствах все входящие трубы, включая трубы с металлической оболочкой, должны шунтироваться линиями с поперечным сечением не менее 50 мм²;
- шунтирующие линии должны соединяться со специально приваренными шипами или болтами, или самораскручивающимися винтами, которые прикрепляются к фланцам входящих труб. Изолирующие компоненты должны шунтироваться искровыми зазорами.

D.6 Проверка и техническое обслуживание

Рекомендации по проведению проверки и техническому обслуживанию СМЗ представлены в разделе Е.7.

Приложение Е (справочное)

Руководства по проектированию, техническому обслуживанию и проверке систем молниезащиты

Е.1 Общие положения

В настоящем приложении приводится руководство по проектированию и конструированию, техническому обслуживанию и проверке СМЗ, отвечающее требованиям настоящего предстандарта.

Настоящее приложение применяется и является действительным только с другими частями IEC 62305.

В нем приводятся примеры методов защиты, которые получили одобрение международных экспертов.

Примечание – Примеры, представленные в настоящем приложении, показывают только один возможный метод обеспечения защиты. Другие методы могут быть действительными в равной степени.

Е.2 Структура настоящего приложения

В настоящем приложении номера основного раздела отражают номера раздела первой части международного стандарта IEC 62305, что упрощает ссылку между двумя частями.

С этой целью раздел Е.3 в данном приложении не используется.

Е.3 Раздел отсутствует

Е.4 Конструкция систем молниезащиты

Е.4.1 Замечания общего характера

Конструкцию СМЗ для существующего здания всегда следует сравнивать с другими мерами защиты от молнии в соответствии с настоящим предстандартом, который предоставляет информацию о защите того же самого уровня, но с меньшими затратами. При выборе наиболее подходящих мер защиты применяют IEC 62305-2.

СМЗ должны проектировать и устанавливать проектировщики и установщики.

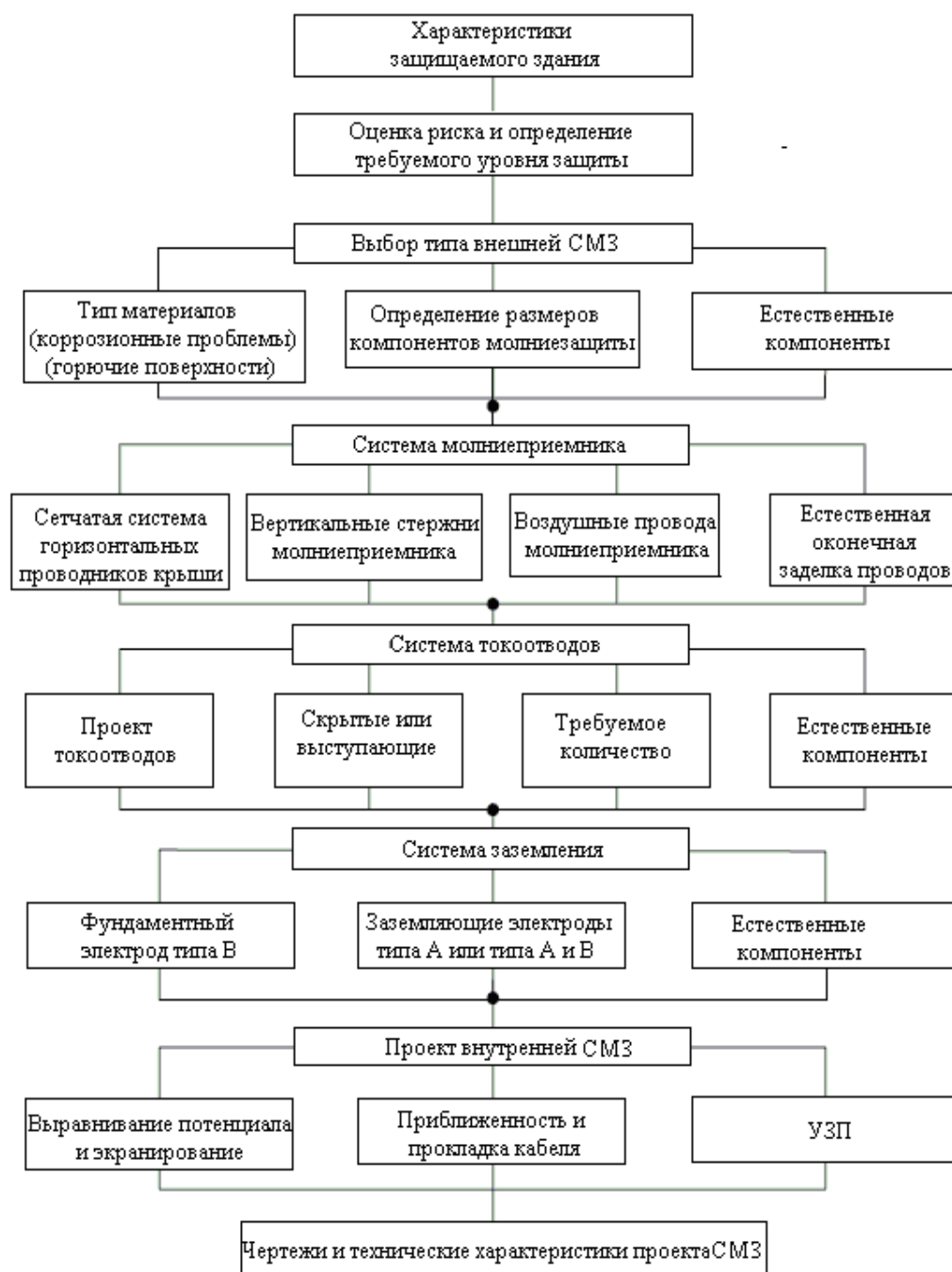
Проектировщики и установщики СМЗ должны быть способны оценивать как электрические, так и механические воздействия грозового разряда и знать основные принципы электромагнитной совместимости (ЭМС).

Кроме того, проектировщик СМЗ должен уметь оценивать воздействия коррозии и при необходимости принимать решения об обращении за помощью к экспертам.

Установщик СМЗ должен быть обучен правильной установке компонентов СМЗ в соответствии с требованиями настоящего предстандарта и национальными правилами, регулирующими строительные работы и строительство зданий.

Функции проектировщика и установщика СМЗ может выполнять один и тот же человек. Чтобы стать квалифицированным проектировщиком и установщиком, требуется знание соответствующих стандартов и практический опыт.

Планирование, использование и испытание СМЗ охватывает множество технических областей и предъявляет требования к координации всеми сторонами, связанными со зданием, чтобы гарантировать обеспечение выбранного уровня молниезащиты с минимальными затратами и усилиями. Управление СМЗ должно быть эффективным, если следовать шагам, указанным на рисунке Е.1. Меры обеспечения качества имеют большое значение, в частности, для зданий, в которых имеются крупные электрические и электронные установки.



Примечание – Точки сопряжения требуют полного взаимодействия архитектора, инженера и проектировщика СМЗ.

Рисунок Е.1 – Схема проекта системы молниезащиты

Меры по обеспечению качества, определяемые на этапе планирования (до этапа создания СМЗ), на котором должны одобряться все чертежи, проверяться все важные компоненты СМЗ, недоступные для проверки после завершения строительных работ. Проверка качества СМЗ проводится на этапе приемки, когда окончательные измерения СМЗ осуществляются одновременно с завершением подготовки документации по заключительному испытанию полного жизненного цикла СМЗ посредством проведения тщательных регулярных проверок в соответствии с программой технического обслуживания.

Если в здании или его установках осуществляются какие-либо изменения, то необходимо проводить проверку, чтобы определить, продолжает ли имеющаяся СМЗ соответствовать требованиям настоящего предстандарта. Если обнаруживается, что защита является неадекватной, то следует незамедлительно проводить улучшения.

Материалы, пространство и размеры СМЗ, токоотводов, системы заземления, выравнивания потенциала, компоненты и т. д. должны соответствовать требованиям настоящего предстандарта.

Е.4.2 Конструкция СМЗ

Е.4.2.1 Порядок планирования

До начала любого проектирования СМЗ проектировщик должен, где это целесообразно, получить основную информацию о функции, общем проекте, конструкции и расположении здания.

Если СМЗ не была еще определена лицензирующим органом, страховой компанией или покупателем, проектировщик СМЗ должен установить, защищать ли здание или нет с помощью СМЗ, следуя процедурам оценки риска, указанным в IEC 62305-2.

Е.4.2.2 Консультация

Е.4.2.2.1 Общая информация

На этапах проектирования и строительства нового здания проектировщик и установщик СМЗ и другие заинтересованные стороны, ответственные за установки в здании или за технические нормы, относящиеся к использованию здания (например, покупатель, архитектор, строитель), должны регулярно проводить совместные консультации.

Схема, представленная на рисунке 1 настоящего предстандарта, должна помочь рациональному проектированию СМЗ.

На этапах проектирования и строительства СМЗ для уже существующего здания консультации проводят по мере необходимости со сторонами, ответственными за здание, его использование, установки и входящие линии электропередачи.

Регулярные консультации, проводимые вовлеченными сторонами, должны привести к созданию эффективной СМЗ с наименьшими затратами. Например, координация проектной работы по СМЗ наряду со строительной работой часто устраняет необходимость использовать некоторые проводники выравнивания потенциалов и снижать длину необходимых проводников. Затраты на строительство часто значительно снижаются при обеспечении общих маршрутов прокладки проводников для различных установок внутри здания.

Консультация является важным аспектом на протяжении всех этапов строительства здания, так как могут понадобиться модификации СМЗ вследствие изменений в проекте здания. Консультация также необходима для того, чтобы согласовать мероприятия по упрощению проверки компонентов СМЗ, которые становятся недоступными для проведения визуальной проверки после завершения строительства здания. В ходе этих консультаций следует определять расположение всех соединений между естественными компонентами и СМЗ. Обычно для организации и координации консультационных собраний, связанных с проектированием нового здания, приглашают архитекторов.

Е.4.2.2.1 Архитектор

С архитектором должно быть заключено соглашение по следующим аспектам:

- a) прокладка всех проводников СМЗ;
 - b) материалы компонентов СМЗ;
 - c) подробная информация обо всех металлических трубах, желобах, рельсах и аналогичных данных;
 - d) подробная информация о любом оборудовании, аппаратуре, производственных установках и т. д., которые должны быть установлены на здании, внутри или возле здания и которые могут потребовать перемещения установок или могут потребовать присоединения к СМЗ по причине обеспечения безопасного расстояния. Примерами установок служат системы аварийной сигнализации, системы безопасности, системы внутренней связи, системы обработки сигналов и данных, радио- и телевизионных линий;
 - e) протяженность любой подземной проводящей линии передачи, которую может потребоваться расположить на безопасном расстоянии от СМЗ;
 - f) общая площадь, необходимая для установки сети заземления;
 - g) объем работы и распределение ответственности за СМЗ к зданию.
- Например, установку, которая влияет на водонепроницаемость материала (покрытие крыши) и т. д.;

h) токопроводящие материалы, применяемые в здании, особенно все непрерывные металлические элементы, которые могут присоединяться к СМЗ, например стойки, стальная арматура и металлические заготовки, входящие в здание либо выходящие из него, либо находящиеся внутри здания;

i) воздействие СМЗ на ландшафт;

j) воздействие СМЗ на материал, из которого построено здание;

k) расположение точек соединения со стальной арматурой, особенно тех, в которые вставляются внешние токопроводящие части (трубы, экраны кабелей и т. д.);

l) соединение СМЗ с СМЗ прилегающих зданий.

Е.4.2.2.2 Основные стороны, участвующие в консультациях

Проектировщик системы молниезащиты должен проводить соответствующие технические консультации со всеми сторонами, имеющими отношение к проектированию и строительству здания, включая его владельца.

Проектировщик СМЗ совместно с архитектором, подрядчиком, устанавливающим электрооборудование, строительным подрядчиком, установщиком СМЗ (поставщиком СМЗ), историческим консультантом и представителем владельца (ев) здания должны определять конкретные участки ответственности за общую установку СМЗ.

Особенно важным является уточнение ответственности различных сторон, участвующих в управлении проектом и строительством СМЗ. Примерами могут служить пробой гидроизоляции здания размещаемыми на крыше компонентами СМЗ или соединительными проводниками заземления, установленными под фундаментом здания.

Е.4.2.2.2.2 Коммунальные сооружения

Соединение входящих линий электроснабжения с СМЗ напрямую, если это невозможно посредством искровых зазоров или УЗП, следует обсуждать с оператором или заинтересованными органами, поскольку могут быть противоречивые требования.

Е.4.2.2.2.3 Пожарные и аварийные службы

Необходимо заключать соглашение с пожарными и аварийными службами по следующим вопросам:

- расположению компонентов аварийных систем и системам пожаротушения;
- прокладкам, строительному материалу и герметичности трубопроводов;
- методу защиты, используемому в здании с крышей из воспламеняемых материалов.

Е.4.2.2.2.4 Установщики электронной системы и внешней антенны

С установщиками электронной системы и антенны следует заключать соглашение по:

- изолированию или выравниванию потенциала воздушных опор и проводящих экранов кабелей СМЗ;
- разводке воздушных кабелей и внутренней сети;
- установке устройств против выбросов тока.

Е.4.2.2.2.5 Застройщик и установщик

Между строительной компанией, установщиком и теми, кто отвечает за строительство здания и его техническое оборудование, должно заключаться соглашение по следующим вопросам:

a) форме, расположению и количеству основных креплений СМЗ, предоставляемых застройщиком;

b) креплениям, предоставляемым проектировщиком СМЗ (подрядчиком или поставщиком СМЗ), для установки строительной организацией;

c) расположению проводников СМЗ, прокладываемых под зданием;

d) необходимости использования компонентов СМЗ в ходе строительства, например постоянную сеть молниеприемника можно использовать для заземляющих балок, мачт и других металлических элементов во время строительных работ на площадке;

e) для рамных стальных конструкций – количеству и расположению опор и форме крепления, устанавливаемого для соединения заземлителей и других компонентов СМЗ;

f) пригодности металлических покрытий, если применяются в качестве компонентов СМЗ;

g) методу обеспечения электрической непрерывности отдельных частей покрытий и методу их соединения с остальной СМЗ, в которой металлические покрытия являются подходящими в качестве компонентов СМЗ;

h) характеру и расположению линий электропередачи, входящих в здание над и под землей, включая конвейерные системы, теле- и радиоантенны и их металлические опоры, металлические воздухопроводы и механизмы для мойки окон;

i) координации системы заземления СМЗ здания с обеспечением электрического контакта линий электропередачи и связи;

ж) расположению и количеству флагштоков, машинных отделений на уровне крыши (например, помещение для лифтового мотора, помещения, в которых находятся вентиляционные установки, а также установки теплоснабжения и кондиционирования, водяные резервуары и другие выступающие устройства;

к) конструкции, используемые для крыш и стен для определения соответствующих методов крепления проводников СМЗ, особенно с целью обеспечения водонепроницаемости здания;

л) обеспечению отверстий в здании с целью свободного прохождения токоотводов СМЗ;

м) обеспечению соединений со стальными рамами, арматурными стержнями и другими токопроводящими частями здания;

н) периодичности проверки компонентов СМЗ, которые станут недоступными, например стальные арматурные стержни, заключенные в бетон;

о) наиболее подходящему выбору металла для изготовления проводников с учетом коррозии, особенно в точке контакта между различными металлами;

р) доступности контрольных стыков, обеспечению защиты неметаллическими оболочками от механического повреждения или хищений, опусканию флагштоков или других подвижных объектов, упрощению регулярной проверки, особенно печей;

с) подготовке чертежей вышеупомянутых деталей, показывающих расположение всех проводников и основных компонентов;

г) расположению точек соединения со стальной арматурой.

Е.4.2.3 Электрические и механические требования

Е.4.2.3.1 Электрическая часть проекта

Проектировщик СМЗ выбирает соответствующую СМЗ для создания наиболее эффективного сооружения. Это означает рассмотрение архитектурного проекта здания, чтобы определить, использовать ли изолированную СМЗ, или неизолированную, или комбинацию обоих типов молниезащиты.

До окончания проекта СМЗ желательно провести испытания сопротивления заземления с учетом сезонных изменений.

Во время завершения основной электрической части СМЗ следует принимать во внимание использование подходящих токопроводящих частей здания в качестве естественных компонентов СМЗ, которые усиливают СМЗ или действуют как основные компоненты СМЗ.

Проектировщик СМЗ отвечает за оценку электрических и физических свойств естественных компонентов СМЗ и обеспечение их соответствия минимальным требованиям настоящего предстандарта.

Использование металлической арматуры, например бетона, армированного сталью, применяемого в качестве проводников СМЗ, требует внимательного рассмотрения и знания национальных стандартов в области строительства защищаемого здания. Стальной каркас армированного бетона можно использовать в качестве проводников СМЗ, или он может использоваться в качестве проводящего экранированного слоя для снижения электромагнитных полей, образуемых молнией в здании, поскольку токи молнии проводятся через изолированную СМЗ. Проект СМЗ облегчает защиту, в частности, для специальных зданий, содержащих мощные электрические и электронные установки.

Е.4.2.3.2 Механическая часть проекта

Проектировщик механической части СМЗ по завершении проектирования должен консультировать лиц, ответственных за здание.

Важными являются эстетические рассмотрения, а также правильный выбор материалов для ограничения риска образования коррозии.

Минимальный размер компонентов молниезащиты различных частей СМЗ указан в таблицах 3, 6 – 9 настоящего предстандарта.

Материалы, используемые в компонентах СМЗ, перечислены в таблице 5 настоящего предстандарта.

Примечание – Для выбора других компонентов, например стержней и зажимов, необходимо обратиться к серии стандартов [4]. Это может гарантировать, что повышение температуры и механическая прочность таких компонентов принимаются во внимание.

В случае отклонений относительно размеров и материалов, указанных в таблицах 5 – 7 настоящего предстандарта, проектировщик СМЗ или установщик должны прогнозировать повышение температуры проводников в результате грозового разряда и в условиях разряда и, соответственно, определять размер проводников, используя электрические параметры грозового разряда, указанные для выбранного класса СМЗ и представленные в таблице 1 настоящего предстандарта. Если повышение температуры является опасным для поверхности, на которой должны размещаться элементы (по причине ее воспламеняемости или низкой точки плавления), то необходимо указывать большее попе-

речное сечение или рассматривать другие меры предосторожности, например использование находящихся на расстоянии фитингов или вставки огнестойких прокладок.

Проектировщик СМЗ должен идентифицировать все зоны, в которых возникают проблемы, связанные с коррозией, и устанавливать соответствующие меры.

Воздействия коррозии на СМЗ могут быть снижены либо посредством увеличения размера материала, либо путем использования компонентов, устойчивых к коррозии, либо путем других мер защиты от коррозии.

Проектировщик СМЗ и установщик СМЗ должны указывать средства крепления проводника и приспособления, которые могут выдерживать электродинамическую нагрузку тока молнии в проводниках, и также позволять укреплять и сжимать проводники вследствие возникновения повышения температуры.

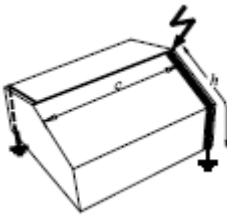
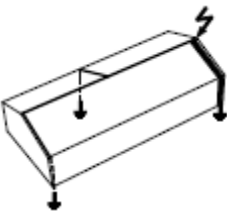
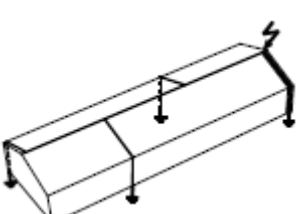
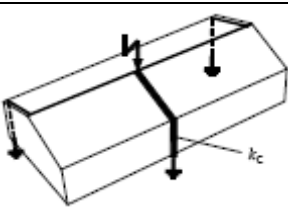
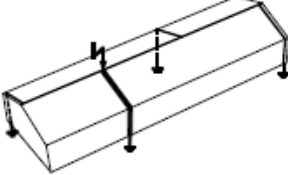
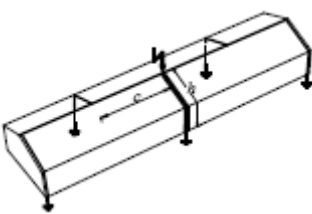
Е.4.2.4 Расчет при проектировании

Е.4.2.4.1 Оценка коэффициента k_c

Коэффициент распределения k_c тока молнии между токоотводами зависит от общего числа n и от положения токоотводов, межсоединения кольцевых проводников, типа системы молниеприемника и типа системы заземления (см. таблицу С.1 и рисунки С.2 и С.3).

Для определения k_c на крышах при установке заземления с расположением типа А можно использовать рисунок Е.2.

Необходимое безопасное расстояние зависит от падения напряжения на кратчайшем пути от точки, в которой следует рассматривать безопасное расстояние, до заземляющего электрода или ближайшей точки выравнивания потенциала.

	$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00	
	k_c	0,57	0,60	0,66	0,75	<p>c – расстояние от ближайшего токоотвода вдоль выступа;</p> <p>h – длина токоотвода от выступа до следующей точки выравнивания грозового потенциала или до системы заземления;</p> <p>Значения k_c, указанные в таблице, относятся к токоотводам, показанным жирной линией и точкой удара.</p> <p>Примечание 1 – Дополнительные токоотводы с расстоянием большим, чем показано на рисунках, не имеют существенного влияния.</p> <p>Примечание 2 – Соединение между собой кольцевых проводников под выступом см. на рисунке С.3.</p> <p>Примечание 3 – Значения определяются простым расчетом параллельных импедансов по формуле, указанной на рисунке С.1</p>
	k_c	0,47	0,52	0,62	0,73	
	k_c	0,44	0,50	0,62	0,73	
	k_c	0,40	0,43	0,50	0,60	
	k_c	0,35	0,39	0,47	0,59	
	k_c	0,31	0,35	0,45	0,58	


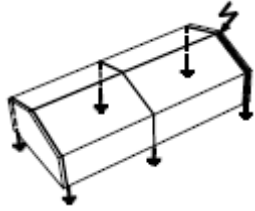
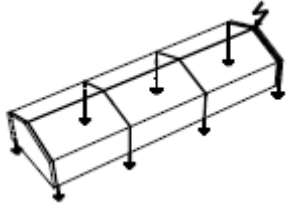
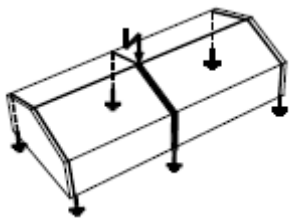
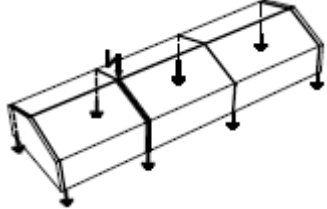
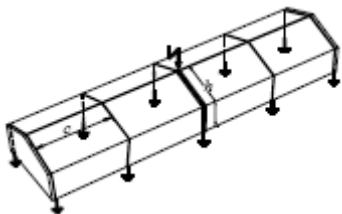
	$\frac{c}{h} =$	0,33	0,50	1,00	2,00	
	k_c	0,31	0,33	0,37	0,41	<p>c – расстояние от ближайшего токоотвода вдоль выступа;</p> <p>h – длина токоотвода от выступа до следующей точки выравнивания грозового потенциала или до системы заземления.</p>
	k_c	0,28	0,33	0,37	0,41	<p>Значения k_c, указанные в таблице, относятся к токоотводам, показанным жирной линией и точкой удара.</p>
	k_c	0,27	0,33	0,37	0,41	<p>Расположение токоотвода (рассматриваемого для k_c) следует сравнить с рисунком, представленным для этого токоотвода.</p>
	k_c	0,23	0,25	0,30	0,35	<p>Необходимо определить фактическое соотношение c/h. Если оно находится в пределах между двумя значениями в колонках, то k_c можно найти путем интерполяции.</p>
	k_c	0,21	0,24	0,29	0,35	<p>Примечание 1 – Дополнительные токоотводы с расстоянием большим, чем показано на рисунках, не имеют существенного влияния.</p>
	k_c	0,20	0,23	0,29	0,35	<p>Примечание 2 – Соединение между собой кольцевых проводников под выступом см. на рисунке С.3.</p>
						<p>Примечание 3 – Значения определяются простым расчетом параллельных импедансов по формуле, указанной на рисунке С.1</p>

Рисунок Е.2 – Значения коэффициента k_c для скатной крыши с заземлением на выступе и с расположением заземления типа В

Если проводник имеет тот же самый ток, текущий по всей своей длине, то необходимое безопасное расстояние рассчитывают по следующей формуле:

$$s = k_i \times k_c \times l. \quad (\text{Е.1})$$

Если проводник имеет различные значения тока, текущего по всей своей длине вследствие разделения тока, то уравнение должно рассматривать различные (сниженные) токи, текущие по каждому участку проводника. В этом случае:

$$s = k_i (k_{c1} \times l_1 + k_{c2} \times l_2 + \dots k_{cn} \times l_n). \quad (\text{E.2})$$

Точка удара, важная для k_c , и точка, в которой следует рассматривать безопасное расстояние, могут быть различными.

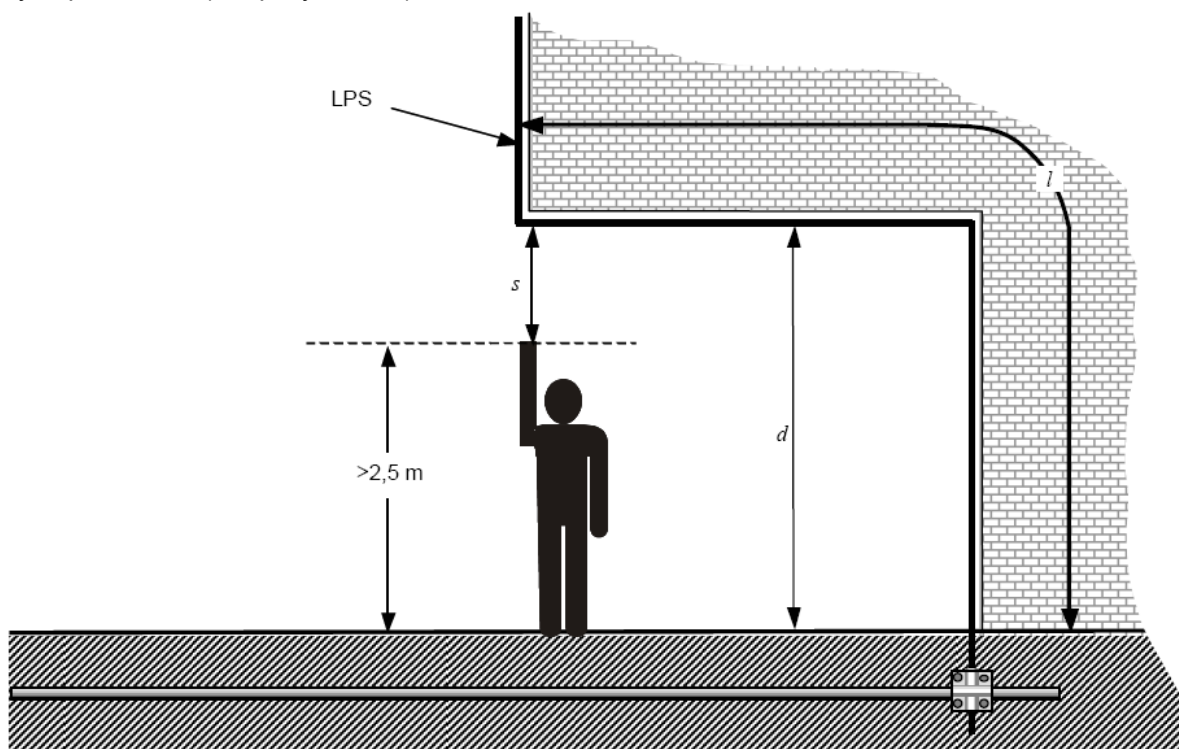
Е.4.2.4.2 Здание с навесной частью

Для того чтобы снизить вероятность того, что человек, стоящий под навесной конструкцией, станет альтернативным путем тока молнии, текущего по проводнику, проходящего по стене на консольном основании, фактическое расположение d , м, должно удовлетворять следующему условию:

$$d > 2,5 + s, \quad (\text{E.3})$$

где s – безопасное расстояние, рассчитанное в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта, м.

Значение 2,5 обозначает высоту на уровне кончиков пальцев человека, когда он вытягивает свою руку вертикально (см. рисунок Е.3).



d – фактическое расстояние $> s$; s – безопасное расстояние в соответствии с 6.3;
 l – длина, используемая для оценки безопасного расстояния s

Примечание – Высоту человека с поднятой рукой принимают равной 2,5 м.

Рисунок Е.3 – Проект системы молниезащиты для навесной части здания

Петли в проводнике, как показано на рисунке 1 настоящего предстандарта, могут создавать высокое индуктивное падение напряжения, которое может вызывать грозовой разряд, проходящий через стену здания, и тем самым являться причиной повреждения здания.

Если условия, указанные в 6.3 настоящего предстандарта, не выполняются, то необходимо обеспечить прямой маршрут через здание в точках входа петель молниеотвода для тех условий, которые показаны на рисунке 1 настоящего предстандарта.

Е.4.3 Железобетонные здания

Е.4.3.1 Общие положения

Здания промышленного назначения часто содержат железобетонные элементы, которые изготавливаются на месте. Во многих других случаях части здания могут содержать сборные бетонные блоки или стальные части.

Стальная арматура в железобетонных зданиях, отвечающая требованиям 4.3 настоящего предстандарта, может использоваться в качестве естественных компонентов СМЗ.

Такие естественные компоненты должны выполнять требования к:

- токоотводам, упоминаемым в 5.3 настоящего предстандарта;
- сетям заземления, упоминаемым в 5.4 настоящего предстандарта.

Кроме того, проводящая бетонная арматура, если она установлена правильно, должна образовывать клетку для потенциального выравнивания потенциалов внутренней СМЗ в соответствии с 6.2 настоящего предстандарта.

Кроме того, стальная арматура здания, если она является соответствующей, может служить в качестве электромагнитного экрана, который способствует защите электрического и электронного оборудования от помех, вызванных электромагнитными полями молнии, согласно IEC 62305-4.

Если арматура бетонных и каких-либо других стальных конструкций здания соединяется как внутри, так и снаружи, для того чтобы электрическая непрерывность соответствовала 4.3 настоящего предстандарта, то можно обеспечивать эффективную защиту от физического повреждения.

Предполагается, что ток, проникающий в арматурные стержни, будет растекаться по большому количеству параллельных путей, которые образуют сетку. Полное сопротивление сетки является низким и, как следствие этого, падение напряжения из-за тока молнии также является низким. Магнитное поле, образуемое током в сетке из арматурной стали, является слабым вследствие низкой плотности тока и параллельных путей тока, образуемых противодействующими полями. Соответственно, снижаются помехи в соседних внутренних электрических проводниках.

Примечание – Информация о защите от электромагнитных помех приведена в IEC 62305-4 и [2].

Если помещение полностью закрыто железобетонными стенами, электрическая непрерывность которых соответствует 4.3 настоящего предстандарта, магнитное поле вследствие тока молнии, текущего через арматуру вблизи стен, ниже, чем в помещении здания, защищенного обычными токоотводами. Благодаря более низким наведенным напряжениям в петлях проводника, установленных внутри помещения, можно легко усилить защиту от повреждений внутренних систем.

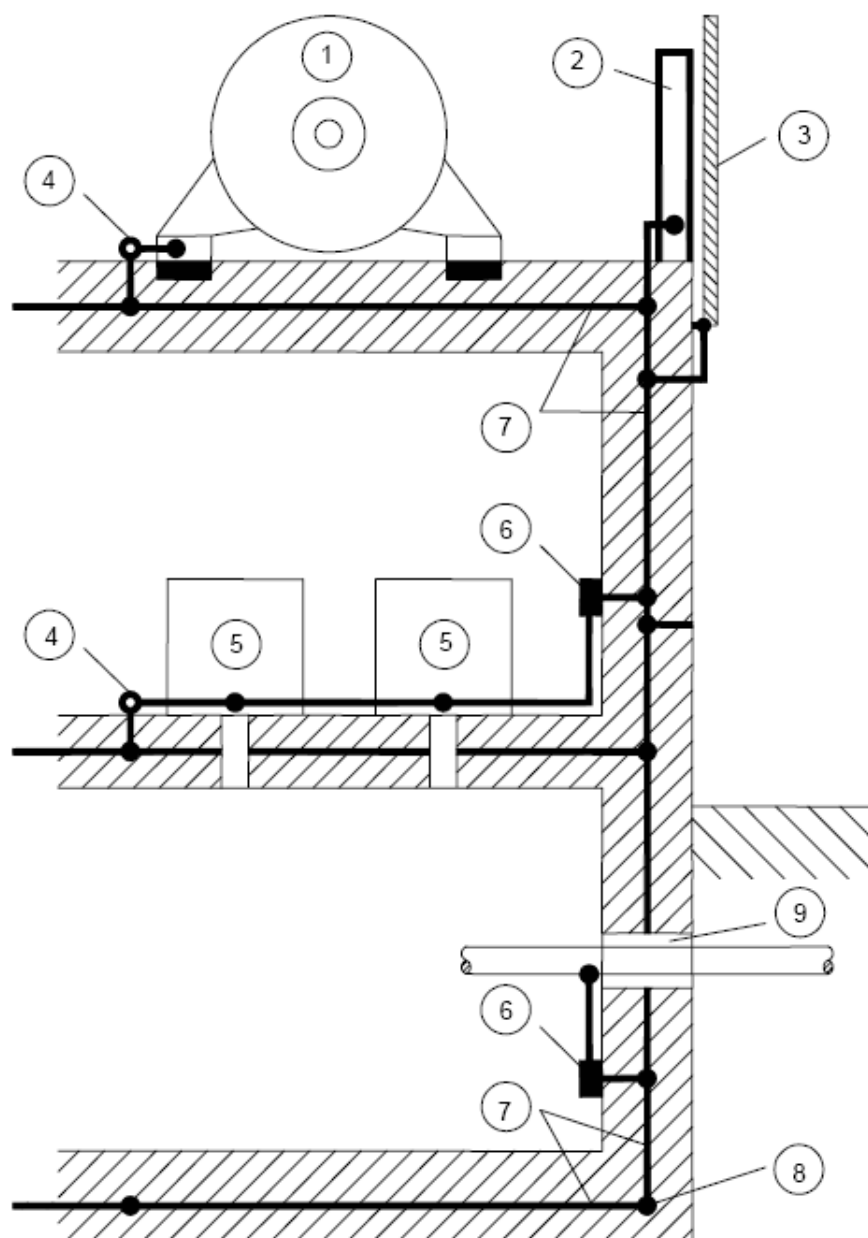
После завершения этапа строительства практически невозможно определить схему расположения и конструкцию стальной арматуры. Поэтому в целях обеспечения защиты от молнии схема расположения стальной арматуры должна быть должным образом отражена в документации. Этого можно достичь, используя чертежи, описания и фотографии, сделанные во время строительства.

Е.4.3.2 Использование арматуры в бетоне

Для обеспечения надежного электрического соединения со стальной арматурой используют проводники выравнивания потенциала или пластины заземления.

Токопроводящие рамки, которые, например, прикрепляются к зданию, могут использоваться в качестве естественных компонентов СМЗ и в качестве точек соединения внутренней системы выравнивания потенциала.

Практическим примером служит использование анкерных болтов или фундаментных опорных брусов машин, аппаратуры или кожухов для обеспечения выравнивания потенциала. На рисунке Е.4 показано расположение арматуры и контактные шины в здании промышленного назначения.



- | | |
|---|--|
| 1 – электрическое силовое оборудование; | 6 – контактная шина; |
| 2 – стальная балка; | 7 – стальная арматура в бетоне (с накладными проводниками с замкнутым контуром); |
| 3 – металлическое покрытие фасада; | 8 – заземляющий электрод в фундаменте; |
| 4 – соединительный тык; | 9 – общее впускное отверстие для различных линий |
| 5 – электрическое или электронное оборудование; | |

Рисунок Е.4 – Выравнивание потенциала в здании со стальной арматурой

Расположение зажимов для подсоединения к системе выравнивания потенциала в здании следует определять на раннем этапе планирования при проектировании СМЗ и доводить до сведения строительной подрядной организации.

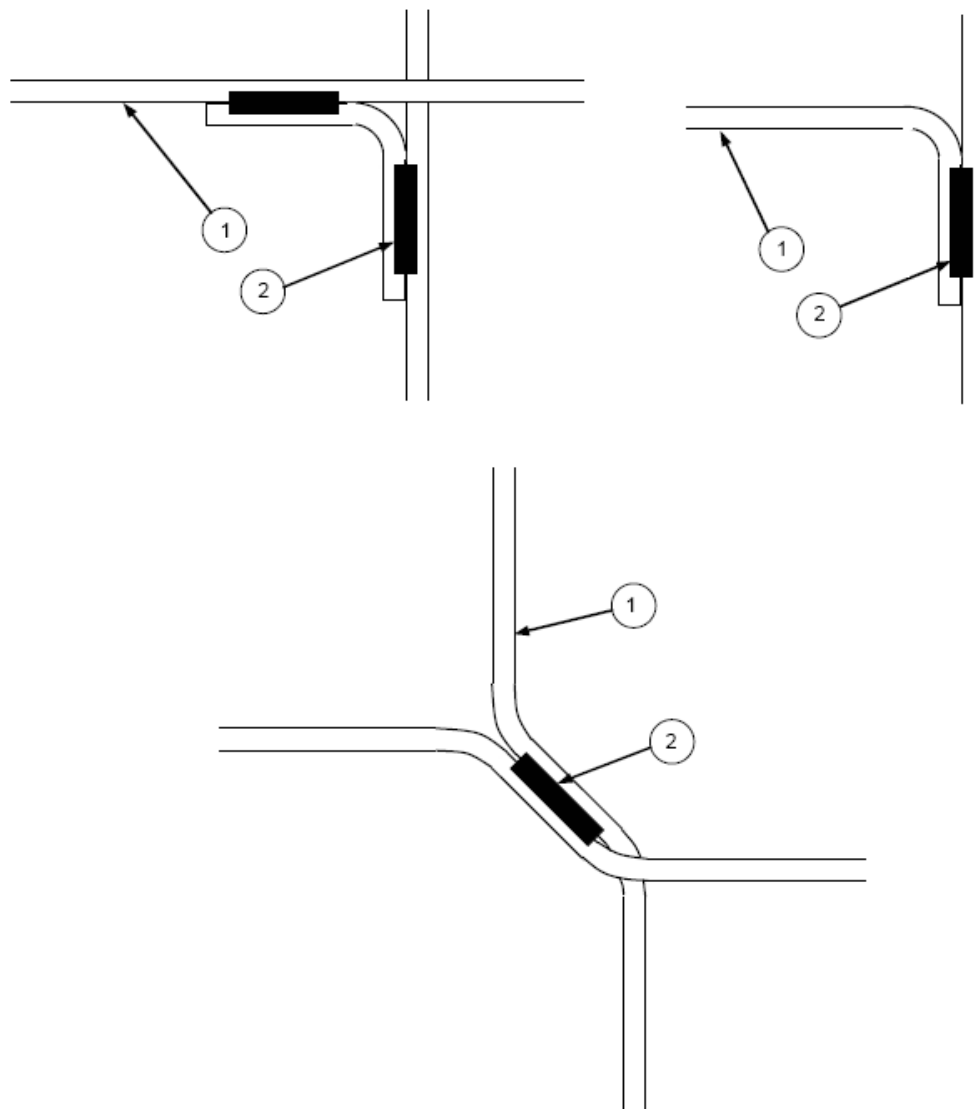
Чтобы определить, допускается ли приваривание к арматурным стержням, возможно ли закрепление или следует устанавливать дополнительные проводники, необходимо консультироваться со строительной подрядной организацией. До начала заливки бетона должна быть проделана вся необходимая работа и проведены проверки (т. е. планирование СМЗ должно осуществляться одновременно с проектированием здания).

Е.4.3.3 Приваривание или крепление к стальной стержневой арматуре

Непрерывность арматурных стержней должна обеспечиваться посредством зажимания или сварки.

Примечание – Подходящими можно считать зажимы, отвечающие требованиям [5].

Приваривание к арматурным стержням допускается только с согласия проектировщика строительных работ. Арматурные стержни сваривают по длине не менее 30 мм (см. рисунок Е.5).



1 – арматурные стержни; 2 – сварное соединение длиной не менее 30 мм

Рисунок Е.5 – Сварные стыки арматурных стержней в железобетоне, если допускаются

Присоединение к внешним компонентам СМЗ обеспечивается посредством арматурных стержней, проходящих через бетон в обозначенном месте или посредством соединительного стержня или пластины заземления, проходящих сквозь бетон, которые привариваются к арматурным стержням или зажимаются с ними.

Там, где стыки между арматурными стержнями в бетоне и проводники выравнивания потенциала сделаны путем зажимания, всегда должны использоваться два проводника выравнивания потенциала (или один проводник выравнивания потенциала с двумя зажимами на различных арматурных стержнях) по причине безопасности, поскольку после заливки бетона уже нельзя проверить стыки. Если проводник выравнивания потенциала и арматурный стержень изготовлены из различных металлов, то тогда участок стыка должен быть полностью герметично заделан с применением состава, не пропускающего влагу.

На рисунке Е.6 показаны зажимы, используемые для соединений арматурных стержней и сплошных плоских проводников. На рисунке Е.7 показаны детали для соединения внешней системы с арматурными стержнями.

Проводники выравнивания потенциала должны иметь размеры, пропорциональные току молнии, протекающего в клемме заземления (см. таблицы 8 и 9 настоящего предстандарта).

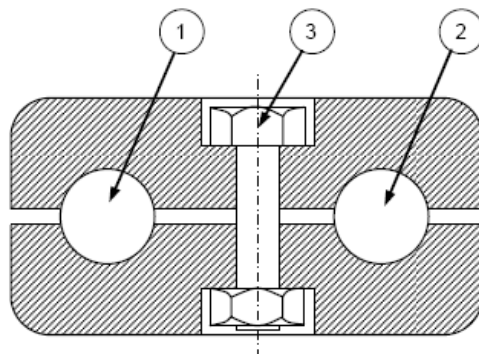


Рисунок Е.6а – Круглый проводник, прикрепляемый к арматурному стержню

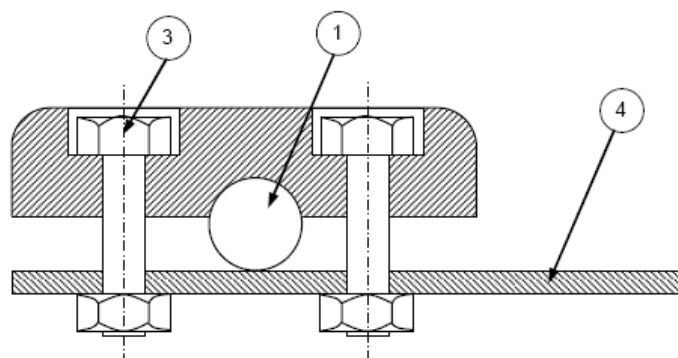


Рисунок Е.6b – Сплошной плоский проводник, прикрепляемый к арматурному стержню

1 – арматурный стержень; 2 – круглый проводник; 3 – винт; 4 – плоский проводник

Рисунок Е.6 – Пример зажимов, используемых в качестве соединений между арматурными стержнями и проводниками

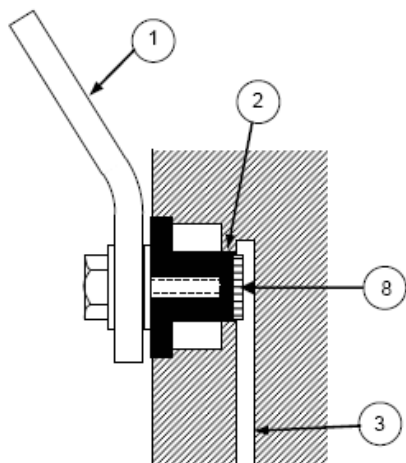


Рисунок Е.7а

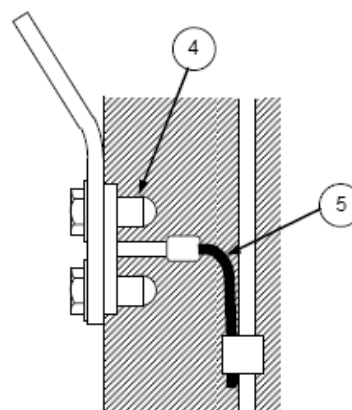


Рисунок Е.7b

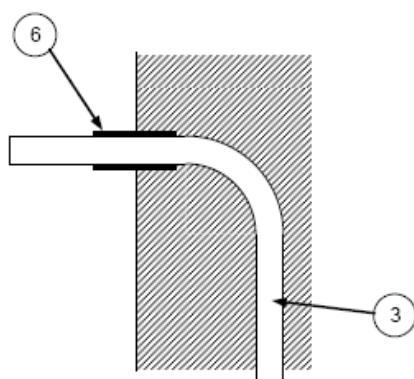


Рисунок Е.7с

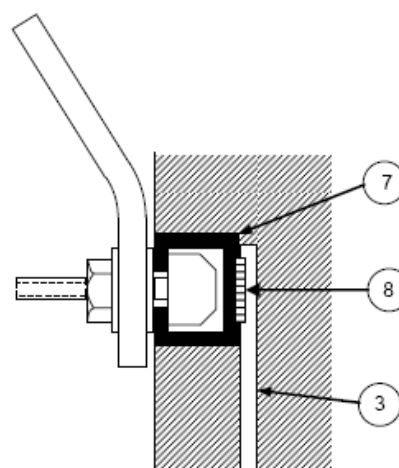


Рисунок Е.7d

1 – проводник выравнивания потенциала; 2 – гайка, приваренная к стальному проводнику выравнивания потенциала; 3 – стальной соединитель выравнивания потенциала;
4 – отливка из цветного металла клеммы заземления; 5 – многожильный медный соединитель выравнивания потенциала; 6 – мера защиты от коррозии; 7 – сталь (С-образная монтажная планка);
8 – приваривание

* Стальной соединитель выравнивания потенциала соединяется во многих точках путем приваривания или крепления зажимами к стальным арматурным стержням.

Примечание – Конструкция, показанная на рисунке Е.7с, не является общеприменимым решением в передовой практике.

Рисунок Е.7 – Примеры точек соединения с арматурой в железобетонных стенах

Е.4.3.4 Материалы

В качестве дополнительных проводников, устанавливаемых в бетоне, с целью защиты от воздействия молнии можно использовать проводники, изготавливаемые из следующих различных материалов: стали, низкоуглеродистой стали, нержавеющей стали и меди.

Использование стержней из оцинкованной стали в бетоне строителями иногда не разрешается. Причиной этого является неправильное понимание. Арматурная сталь становится пассивной посредством бетона, что в результате приводит к его высокой потенциальной защите от коррозии.

Для того чтобы избежать путаницы между различными типами стальных стержней в бетоне, в качестве дополнительных проводников рекомендуется использовать круглые стальные стержни диаметром не менее 8 мм с гладкой поверхностью в отличие от обычных арматурных стержней с ребристой поверхностью.

Е.4.3.5 Коррозия

Там, где сквозь бетонную стену проходят стальные арматурные проводники выравнивания потенциала, особое внимание необходимо уделять защите от химической коррозии.

Самой простой мерой защиты от коррозии является применение покрытия из силиконового каучука или битума вблизи точки выхода из стены, например 50 мм или более в стене и 50 мм или более с наружной стороны стены (см. рисунок Е.7с).

Там, где сквозь бетонную стену проходят медные арматурные проводники выравнивания потенциала, риска подверганию коррозии нет при условии использования сплошного проводника, специальных клемм заземления, покрытия их ПВХ или изолированного провода (см. рисунок Е.7b). Что касается клемм заземления, изготовленных из нержавеющей стали, то согласно таблицам 6 и 7 настоящего предстандарта нет необходимости использовать какие-либо меры по защите от коррозии.

При наличии особенно агрессивных атмосфер рекомендуется, чтобы проводник выравнивания напряжения, выступающий из стены, был изготовлен из нержавеющей стали.

Примечание – Оцинкованная сталь с наружной стороны бетона, соприкасающаяся с арматурной сталью в бетоне, может при определенных обстоятельствах вызывать повреждение бетона.

Если используются гайки литого типа или детали из низкоуглеродистой стали, то с наружной стороны стены они должны быть защищены от коррозии. Зубчатые стопорные шайбы следует использовать для обеспечения электрического контакта сквозь защитный слой гайки (см. рисунок Е.7a).

Более подробную информацию о коррозионной защите см. в Е.5.6.2.2.2 настоящего предстандарта.

Е.4.3.6 Соединения

Исследования показывают, что проволочная скрутка не подходит для соединений, по которым проходит ток молнии. Существует риск того, что скрепляющая проволока разрушает и повреждает бетон. Однако на основании предыдущих исследований можно допустить, что по крайней мере каждый третий скрепляющий провод создает электрически проводящее соединение так, что практически все стержни арматуры являются электрически соединенными друг с другом. Измерения, проводимые с бетонной арматурой зданий, подтверждают это заключение.

Предпочтительными методами являются сваривание и зажимание электрически несущих проводников. Скрепление проволокой в качестве соединения подходит для дополнительных проводников для выравнивания потенциала и только для целей ЭМС.

Соединения внешних цепей нагрузки с соединенной между собой арматурой должны осуществляться с помощью зажимов или сварки.

Е.4.3.7 Токоотводы

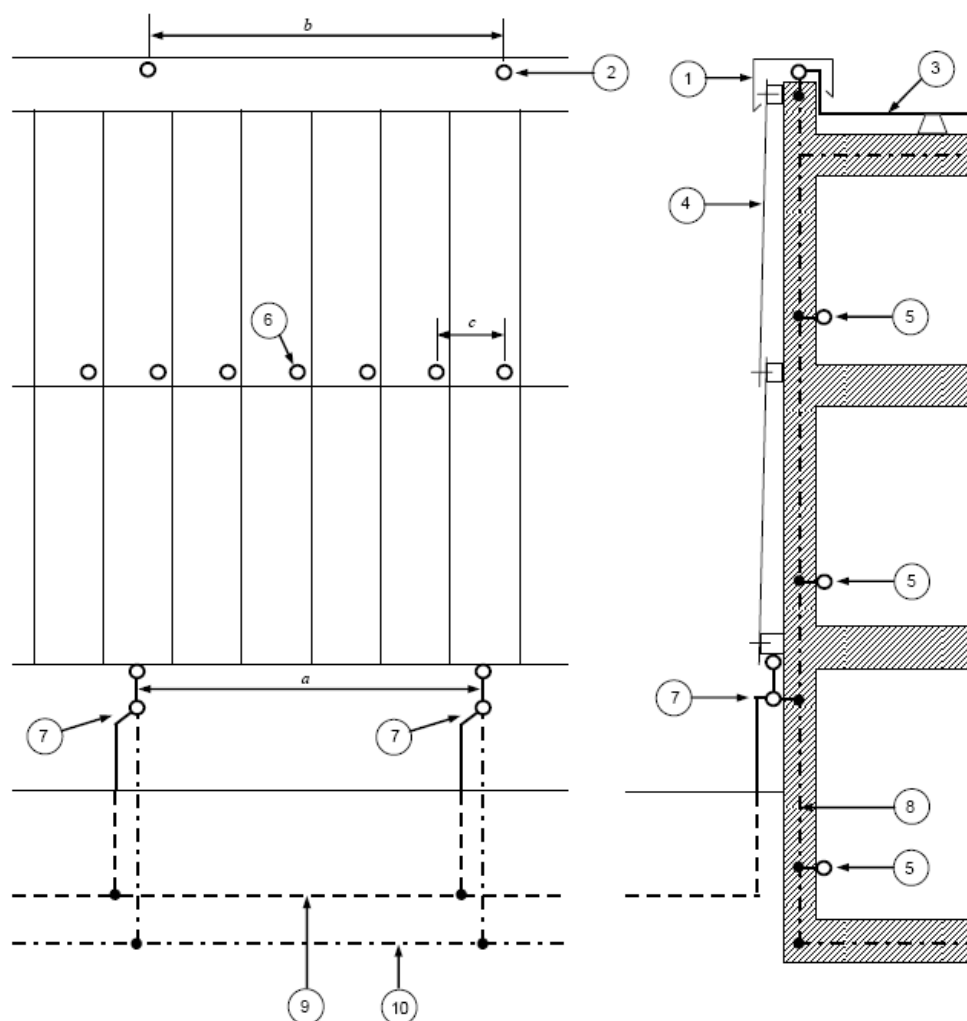
Арматурные стержни стен или бетонных колонн и стальные рамные конструкции могут использоваться в качестве естественных токоотводов. На крыше должны размещаться концевые муфты для упрощения соединения системы молниеприемника, и если фундамент из железобетона не используется как единственное средство заземления, то концевые муфты должны предусматриваться для упрощения соединения с системой заземления.

При использовании конкретного стержня стального армирования в качестве токоотвода внимание следует уделять его направлению к земле, чтобы гарантировать, что стержень, который располагается в том же самом положении, все время будет направлен вниз и обеспечивать при этом прямую электрическую непрерывность.

Если вертикальную непрерывность естественных токоотводов, обеспечивающую прямой путь от крыши к земле, гарантировать нельзя, то используют дополнительные специальные проводники. Эти дополнительные проводники должны быть встроены в стальную арматуру.

Если существует сомнение в отношении самого прямого маршрута токоотвода (например, для существующих зданий), то необходимо дополнительно использовать внешнюю систему токоотвода.

На рисунках Е.4 и Е.8 подробно показаны конструкции естественных компонентов в СМЗ для зданий из железобетона. См. также Е.5.4.3.2 для использования стержней железобетонных элементов в качестве заземляющих электродов в фундаменте.



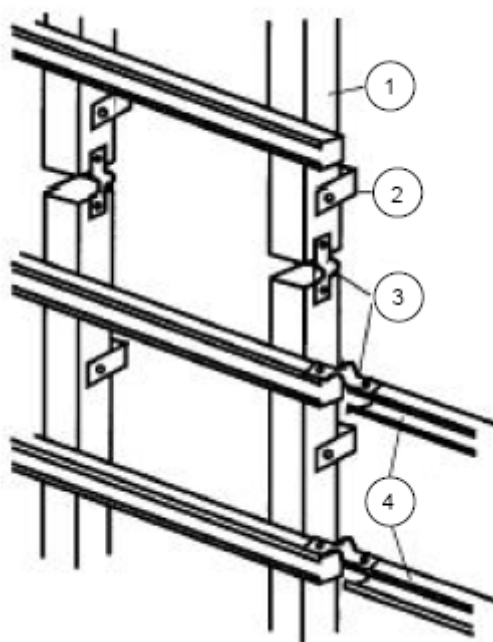
- 1 – металлическое покрытие парапета крыши; 2 – соединение между панелями фасада и молниеприемником;
 3 – горизонтальный проводник молниеприемника; 4 – металлическое покрытие сегмента фасада;
 5 – шина выравнивания потенциала внутренней СМЗ; 6 – стык между панелями фасада;
 7 – контрольный стык; 8 – стальная арматура в бетоне; 9 – кольцевой заземляющий электрод типа В;
 10 – заземляющий электрод в фундаменте

В приведенном примере можно использовать следующие размеры: $a = 5$ м, $b = 5$ м, $c = 1$ м.

Примечание – Соединения между панелями – см. рисунок Е.35.

Рисунок Е.8а – Использование металлических покрытий фасадов в качестве системы естественных токоотводов на здании из железобетона

Рисунок Е.8, лист 1 – Использование металлического фасада в качестве системы естественных токоотводов и соединение опор фасада



1 – вертикальная рама; 2 – прикрепление к стене; 3 – соединители; 4 – горизонтальная рама

Рисунок Е.8b – Соединение опор фасада

Рисунок Е.8, лист 2

Внутренние токоотводы в отдельных колоннах и стены должны соединяться между собой с помощью стержней стальной арматуры и соответствовать требованиям к электрической непрерывности в соответствии с 4.3 настоящего предстандарта.

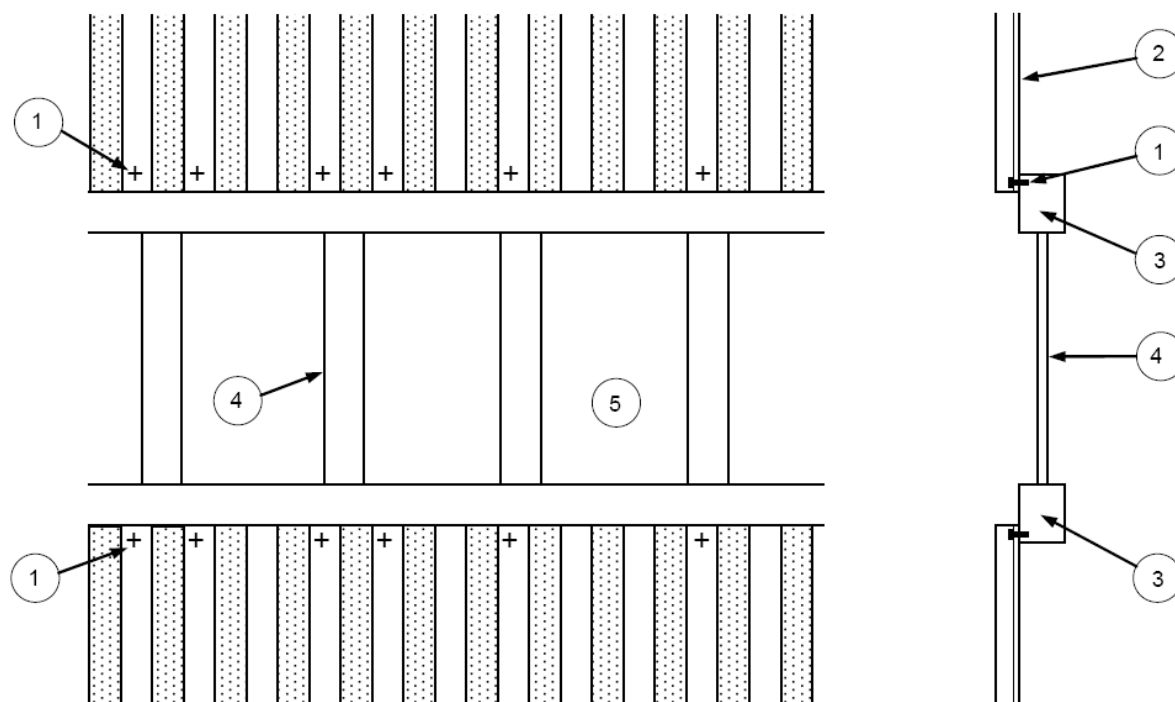
Стержни стальной арматуры отдельных элементов из сборного бетона, арматурные стержни бетонных колонн и бетонные стены должны соединяться с арматурными стержнями полов и крыш до начала заливки полов и крыш.

Усиленные, постоянно проводящие части существуют в арматуре всех конструктивных элементов, которые заливаются бетоном на месте, например стенах, колоннах, лестницах и лифтовых шахтах. Если полы выполняют из бетона, заливаемого на месте, токоотводы в отдельных колоннах и стенах должны связываться между собой с помощью их арматурных стержней, чтобы обеспечить равномерное распределение тока молнии. Если полы изготовлены из сборных бетонных элементов, то такие соединения, как правило, не применяются. Однако при очень низких затратах обычно возможно подготавливать соединения и выводы для соединения арматурных стержней отдельных сборных бетонных элементов с арматурными стержнями колонн и стен перед заливкой пола посредством установки дополнительных соединительных стержней.

Сборные бетонные элементы, используемые в качестве навесных фасадов, не являются эффективными для молниезащиты, поскольку отсутствуют соединения выравнивания потенциала. Если для оборудования, установленного в таких зданиях, как, например, офисные здания, здания с большим количеством оборудования по обработке информации и компьютерными сетями, требуется высокоэффективная защита от молнии, то необходимо, чтобы арматурные стержни элементов фасада соединялись между собой и прикреплялись к арматурным стержням элементов здания, несущих нагрузку таким образом, чтобы ток молнии мог протекать по всему внешнему пространству здания (см. рисунок Е.4).

Если окна из сплошных полос установлены на внешней стороне стен здания, важно, чтобы было принято решение о том, соединять ли части из сборного бетона над окнами из сплошных полос и под ними с помощью существующих колонн или их нужно соединять между собой через более короткие промежутки, соответствующие углу наклона окна.

Широкое внедрение токопроводящих частей внешних стен повышает электромагнитное экранирование внутренней части здания. На рисунке Е.9 показано соединение окон из сплошных полос с металлическим покрытием фасада.



- 1 – соединение между сегментом панели фасада и окном из металлической пластины;
 2 – металлическая панель фасада; 3 – горизонтальная металлическая полоса;
 4 – вертикальная металлическая полоса; 5 – окно

Рисунок Е.9 – Соединение окон из сплошной полосы с металлическим покрытием фасада

Если стальные сооружения используются в качестве токоотводов, то каждая стальная колонна должна соединяться со стержнями стальной арматуры бетонного фундамента с помощью клемм заземления, как показано на рисунке Е.7. Стальные шины выравнивания потенциала в армированном бетоне здания должны соединяться между собой с помощью проводников, расположенных вертикально в стальной конструкции, изготовленных из низкоуглеродистой стали и пригодных для сварки. Новые здания из железобетона необходимо строить в соответствии с указаниями, изложенными в Е.4.3.

Примечание – Более подробную информацию об использовании стен здания со стальной арматурой с целью обеспечения электромагнитного экранирования см. в IEC 62305-4.

Что касается больших одноэтажных общественных зданий, то в них крыша поддерживается не только по окружности здания, но также и за счет внутренних колонн. Токопроводящие участки колонн должны соединяться с системой молниеприемника на верхней части и с системой выравнивания потенциала на полу, создавая внутренние токоотводы. Вблизи таких внутренних токоотводов возникают повышенные электромагнитные помехи.

В конструкциях со стальным каркасом обычно используются стальные опоры крыши, которые соединяются с помощью болтовых соединений. Если предположить, что болты затянуты с силой, необходимой для обеспечения механической прочности, все стальные части, затянутые болтами, можно рассматривать как соединенные между собой электрически. Тонкий слой краски пробивается током молнии на начальном разряде, образуя при этом токопроводящий мостик.

Электрическое соединение может быть улучшено за счет оголения поверхности головок болтов, болтовых гаек и шайб. Дальнейшего улучшения можно достичь посредством обеспечения сварного шва длиной приблизительно 50 мм по завершении сборки конструкции.

В зданиях со многими токопроводящими частями, имеющимися во внешних стенах или расположенные на них, следует обеспечивать непрерывность токопроводящих частей, используемых в качестве токоотводов. Данный способ также рекомендуется использовать в том случае, когда необходимо поддерживать высокие запросы в отношении культурных аспектов архитектурного проекта для защиты от электромагнитных импульсов от грозовых разрядов.

Также необходимо устанавливать соединенные между собой шины выравнивания потенциала. Каждая шина выравнивания потенциала должна соединяться с токопроводящими элементами на внешней стене и в полу. Это может уже быть обеспечено горизонтальными арматурными стержнями на уровне земли и каждом последующем уровне этажа.

По возможности необходимо предусматривать соединительный узел со стальной арматурой в полу или стене. Соединяют не менее трех арматурных стержней.

В больших зданиях шину выравнивания потенциала используют в качестве кольцевого проводника, где узлы соединения со стержнями стальной арматуры должны располагаться через каждые 10 м. Кроме вышеуказанных мер по соединению стальной арматуры, каких-либо других специальных мер для соединения арматуры здания с СМЗ не требуется.

Е.4.3.8 Выравнивание потенциала

Если требуется большое количество эквипотенциальных соединений с арматурой на различных этажах и большой интерес проявляется к обеспечению путей тока низкой индуктивности с использованием арматурных стержней бетонных стен для выравнивания потенциала и для экранирования внутреннего пространства здания, то на отдельных этажах устанавливают кольцевые проводники внутри бетона или на его внешней стороне. Эти кольцевые проводники должны соединяться между собой посредством вертикальных стержней через каждые 10 м (не более).

Вертикальному расположению стержней следует отдавать предпочтение, так как оно является наиболее надежным, особенно, если величина токов помехи не известна.

Рекомендуется также использовать сеть проводников с решетчатым соединением. Соединения должны быть способными выдерживать большие токи в случае повреждения систем электроснабжения.

Е.4.3.9 Фундамент, обеспечивающий заземление

Фундаменты больших зданий и промышленных предприятий, как правило, укреплены армированными стержнями. Армированные стержни, укрепляющие фундамент, плиты фундамента и внешние стены образуют в нем заземляющий электрод при условии соответствия требованиям 5.4 настоящего стандарта.

Для заземления фундамента можно использовать стержни арматуры фундамента и заглубленные стены.

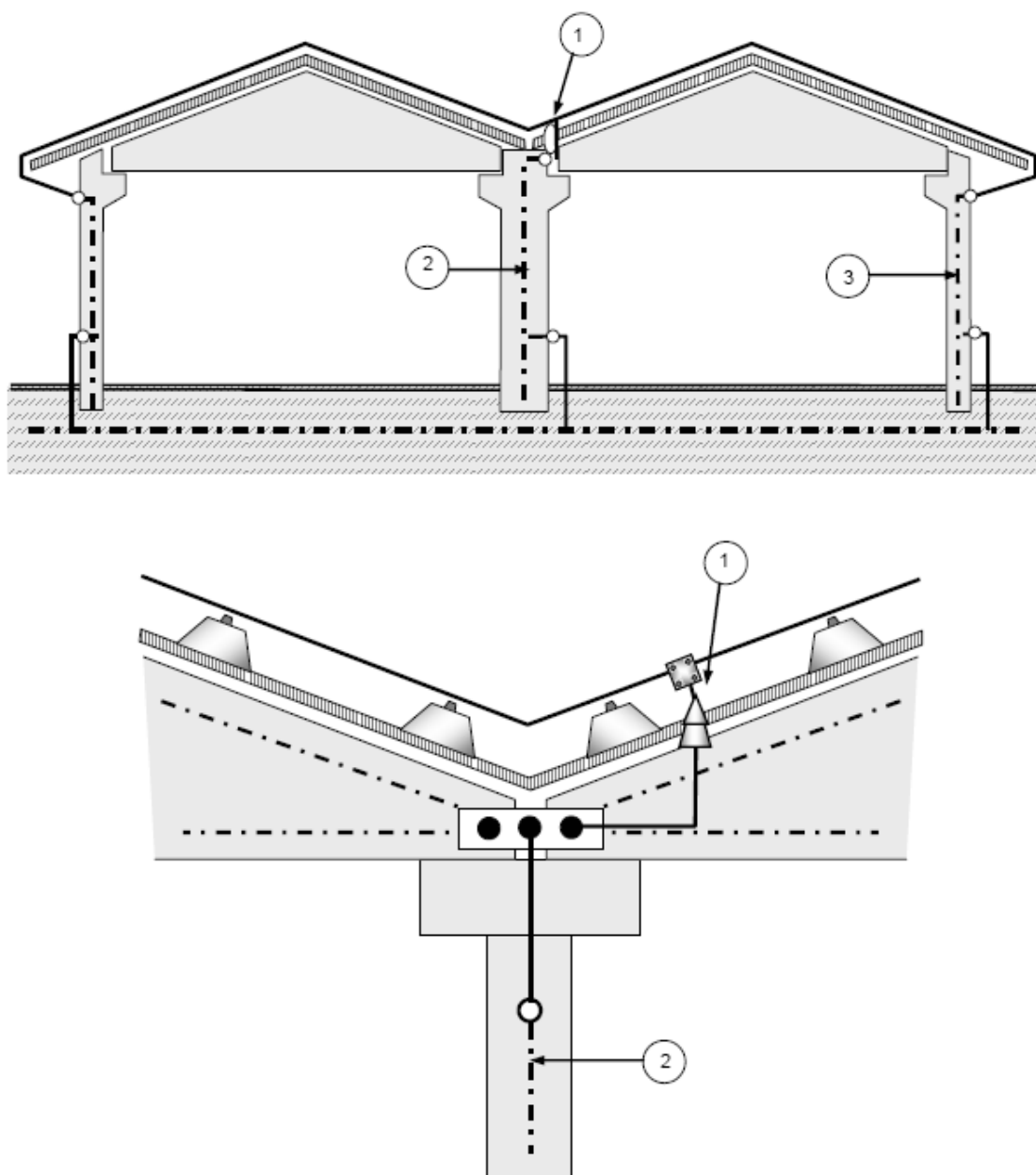
Данный метод обеспечивает хорошее заземление при минимальных затратах. Кроме того, металлический каркас, состоящий из стальной арматуры здания, обеспечивает хорошее опорное напряжение для систем электроснабжения, телекоммуникации и электронных установок зданий.

Кроме того, для соединения между собой арматурных стержней посредством закрепления тросами рекомендуется устанавливать дополнительную металлическую сеть для обеспечения надежных стыков. Эту дополнительную сеть также следует скреплять со стальной арматурой. Выводные проводники для соединений внешних токоотводов или элементов здания, используемых в качестве токоотводов и для соединения заземления, установленного за пределами здания, должны быть выведены из бетона в соответствующих точках. В основном армированный фундамент является электрически проводимым, за исключением случаев, когда предусмотрены промежутки между различными частями здания, от которых зависит различная скорость его оседания.

Токопроводящие части здания должны соединяться перемычкой с проводниками выравнивания потенциалов, соответствующими требованиям таблицы 6 настоящего стандарта, с использованием зажимов и швов в соответствии с 5.5 настоящего стандарта.

Стержневая арматура бетонных колонн, опор и стен, стоящих на фундаменте, должна соединяться со стержневой арматурой фундамента и с токопроводящими частями крыши.

На рисунке Е.10 показан проект СМЗ железобетонного здания для бетонных опор, стен и крыши с токопроводящими частями.



- 1 – проводник СМЗ, проходящий рядом с водонепроницаемым проходным изолятором;
 2 – стальная арматура в бетонной колонне; 3 – стальная арматура в бетонных стенах

Примечание – Стальная арматура внутренней колонны становится естественным внутренним токоотводом, если стальная арматура колонны соединяется с молниеприемником и системой заземления СМЗ. Если рядом с колонной установлено чувствительное электронное оборудование, то вблизи нее следует рассматривать эту электромагнитную среду.

Рисунок Е.10 – Внутренние токоотводы в зданиях промышленного назначения

Если приваривание к арматуре не разрешается, то необходимо использовать соединения с помощью контрольных стыков или вставлять дополнительные проводники в отверстие фундамента. Это дополнительные проводники, которые должны быть закреплены с арматурной сталью.

После завершения строительства, прокладки и подключения всех коммунальных линий (электрических сетей) к зданию через шину выравнивания потенциала зачастую невозможно на практике измерить сопротивление заземления как части программы технического обслуживания.

Если в определенных условиях невозможно измерить сопротивление заземления фундамента, то установка одного или нескольких контрольных заземляющих электродов в непосредственной близости от здания позволяет проводить наблюдение изменений в окружающей среде системы заземления после нескольких лет эксплуатации посредством проведения измерения тока между заземлителем и системой заземления фундамента. Однако хорошее выравнивание потенциала является главным преимуществом системы заземления фундамента, а сопротивление заземления рассматривается как менее важный аспект.

Е.4.3.10 Порядок установки

Все проводники молниезащиты и зажимы должен устанавливать установщик СМЗ.

Со строительной организацией необходимо заблаговременно заключать соглашение, чтобы гарантировать, что календарный план строительных работ не превышает в результате задержки при установке СМЗ перед заливкой бетона.

Во время строительства регулярно проводят измерения и установщик СМЗ должен регулярно наблюдать за строительством.

Е.4.3.11 Части из сборного железобетона

Если для защиты от молнии используются части, изготовленные из сборного железобетона, например в качестве токоотводов для экранирования или проводников для выравнивания потенциала, то в соответствии с рисунком Е.7 к ним должны прикрепляться узлы соединения, которые позволяют легко соединить части из сборного железобетона с арматурой здания.

Расположение и форму узлов соединения определяют во время проектирования частей из сборного железобетона.

Узлы соединения должны располагаться так, чтобы в части из сборного железобетона непрерывный арматурный стержень проходил от одного узла выравнивания потенциала к следующему.

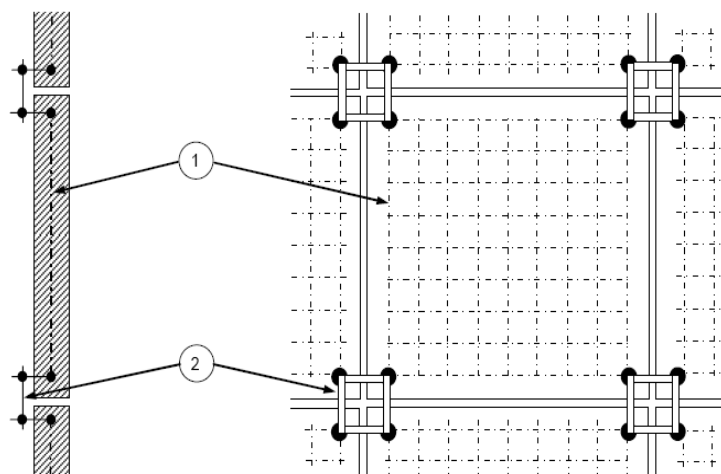
Если расположение непрерывных стержней арматуры в части из сборного железобетона невозможно со стандартными стержнями арматуры, то устанавливают дополнительный проводник и скрепляют его с существующей арматурой.

Как правило, в каждом углу железобетонной панели должен располагаться узел соединения и проводник выравнивания потенциала, как показано на рисунке Е.11.

Е.4.3.12 Расширительные швы

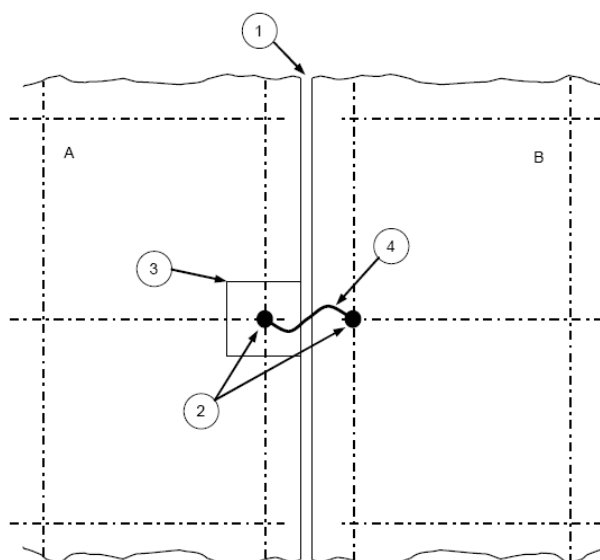
Если конструкция состоит из нескольких секций с расширительными швами, позволяющими устанавливать секции здания, в которых должно размещаться электронное оборудование, то проводники выравнивания потенциала помещают между арматурой различных секций здания поперек расширительных швов через промежутки, не превышающие половину расстояния между токоотводами, указанными в таблице 4.

Для обеспечения выравнивания потенциала с низким импедансом и эффективного экранирования пространства внутри здания расширительные швы между секциями здания должны соединиться перемычкой через короткие промежутки (от 1 м до половины расстояния между токоотводами) гибкими или подвижными проводниками выравнивания потенциала в зависимости от требуемого коэффициента экранирования, как показано на рисунке Е.11.



1 – сборный железобетон; 2 – проводники выравнивания потенциала

Рисунок Е.11а – Установка проводников выравнивания потенциала на плоских частях сборного железобетона с помощью болтовых или сварных соединений проводника



1 – гнездо расширения; 2 – сварной стык; 3 – углубление; 4 – гибкий проводник выравнивания потенциала;
А – железобетонная часть 1; В – железобетонная часть 2

Рисунок Е.11б – Конструкция гибких перемычек между двумя железобетонными частями, образующими гнездо расширения на здании

Рисунок Е.11 – Установка проводников выравнивания потенциала в железобетонных конструкциях и гибких перемычек между двумя железобетонными частями

Е.5 Внешняя система молниезащиты

Е.5.1 Общие положения

Е.5.1.1 Неизолированные системы молниезащиты

В большинстве случаев внешнюю СМЗ можно прикреплять к защищаемому зданию.

Если тепловые воздействия поражают проводники, несущие ток молнии, вызывающий повреждение здания или оборудования, находящиеся внутри защищаемого здания, то расстояние между проводниками СМЗ и горючим материалом должно составлять не менее 0,1 м.

Примечание – Типичными случаями являются:

- здания с воспламеняемыми покрытиями;
- здания с воспламеняемыми стенами.

Расположение проводников внешней СМЗ является основным аспектом для проектирования СМЗ и зависит от формы защищаемого здания, требуемого уровня защиты и от используемого метода геометрического проектирования. Проектирование системы молниеприемника обычно диктует проектирование системы токоотводов, системы заземления и проектирование внутренней СМЗ.

Если прилегающие здания имеют СМЗ, то эти СМЗ должны соединяться с СМЗ рассматриваемого здания.

Е.5.1.2 Изолированные системы молниезащиты

Изолированную внешнюю СМЗ используют тогда, когда поток тока молнии в соединенные токопроводящие части может вызвать повреждение здания или находящегося в нем оборудования.

Примечание – Использование изолированной СМЗ может быть удобным там, где предполагается, что изменения в здании могут потребовать модификаций СМЗ.

СМЗ, которые соединены с токопроводящими строительными элементами и с системой выравнивания потенциала на уровне земли, определяют как изолированные СМЗ согласно 3.3 настоящего стандарта.

Изолированных СМЗ достигают либо посредством установки брусов или мачт молниеприемника, примыкающих к защищаемому зданию, либо путем подвешивания в воздухе тросов между мачтами в соответствии с безопасным расстоянием, указанным в 6.3 настоящего стандарта.

Изолированные СМЗ также устанавливают на конструкциях из изоляционного материала, например кирпичной кладке или деревянных зданиях, где в соответствии с 6.3 настоящего стандарта обеспечивается безопасное расстояние и отсутствуют соединения с токопроводящими частями здания, а также с установленным в нем оборудованием, за исключением соединений с системой заземления на уровне земли.

Проводящее оборудование внутри здания и электрические проводники не следует устанавливать на таком расстоянии от проводников системы молниеприемника и от токоотводов, которое меньше безопасного расстояния, определенного в 6.3 настоящего стандарта. Все будущие установки должны соответствовать требованиям изолированной СМЗ. Эти требования должны быть доведены владельцу здания подрядчиком, ответственным за проектирование и строительство СМЗ.

Владелец должен информировать об этих требованиях будущих подрядчиков, которые будут вести работы внутри здания или на здании. Если подрядчик, ответственный за такую работу, не может выполнить эти требования, то он должен сообщить об этом владельцу здания.

Все элементы оборудования, установленного в здании с изолированной СМЗ, следует размещать в пределах защищенного пространства СМЗ, а также должны быть соблюдены условия безопасного расстояния. Проводники СМЗ устанавливают на изолированных зажимных приспособлениях проводников, если крепления проводников, установленные непосредственно на стенах здания, находятся слишком близко от токопроводящих частей, так, чтобы расстояние между СМЗ и внутренними проводящими частями превышало безопасное расстояние, как определено в 6.3 настоящего стандарта.

Утопленные токопроводящие конструктивные детали крыши, которые не соединены с проводником выравнивания потенциала и которые находятся на расстоянии до системы молниеприемника, не превышающем безопасное расстояние, но на расстоянии до проводника выравнивания потенциала, превышающем безопасное расстояние, должны быть соединены с системой молниеприемника изолированной СМЗ.

Проект СМЗ и инструкции по безопасности, касающиеся работы вблизи конструктивных деталей крыши, должны учитывать тот факт, что в случае удара молнии напряжение на таких конструктивных деталях будет повышаться до уровня напряжения молниеприемника.

Изолированную СМЗ устанавливают на зданиях с обширными соединенными между собой проводящими частями, если хотят предотвратить прохождение тока молнии через стены здания и установленное внутри него оборудование.

На зданиях, состоящих из непрерывно соединенных между собой проводящих частей, например стальных конструкций или стальной арматуры, изолированная СМЗ должна обеспечивать безопасное расстояние до этих токопроводящих частей здания. Чтобы достичь безопасного расстояния, проводники СМЗ могут быть прикреплены к зданию изолированными креплениями проводников.

Следует заметить, что колонны и потолки из железобетона часто используются в кирпичных строениях.

Е.5.1.3 Опасное искрение

Опасного искрения между СМЗ, металлическими, электрическими и телекоммуникационными установками можно избежать:

- в изолированной СМЗ посредством изоляции или разъединения в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта;
- в неизолированной СМЗ посредством выравнивания потенциала в соответствии с 6.2 настоящего предстандарта или посредством изоляции или разъединения в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта.

Е.5.2 Системы молниеприемника

Е.5.2.1 Общие положения

В настоящем предстандарте не рассматриваются критерии для выбора системы молниеприемника, потому что он распространяется на стержни, многожильные провода и сетчатые проводники в качестве эквивалента.

Расположение системы молниеприемника должно соответствовать требованиям таблицы 2 настоящего предстандарта.

Е.5.2.2 Размещение

При проектировании системы молниеприемника используются следующие методы как по отдельности, так и в комбинации друг с другом, при условии, что зоны защиты, обеспечиваемые различными частями молниеприемника, частично совпадают и обеспечивают полную защиту здания в соответствии с 5.2 настоящего предстандарта:

- метод защитного угла;
- метод катящейся сферы;
- метод сетки.

Для проектирования СМЗ можно использовать все три метода. Выбор класса СМЗ зависит от практической оценки ее пригодности и уязвимости защищаемого здания.

Проектировщик может выбирать метод размещения СМЗ. При этом следует учитывать следующее:

- метод угла защиты подходит для простых зданий или для маленьких частей больших сооружений. Данный метод не подходит для зданий, превышающих величину радиуса катящейся сферы, соответствующей выбранному уровню защиты СМЗ;
- метод катящейся сферы используется для сложных по форме зданий;
- применение защитной сетки целесообразно в общем случае и особенно для защиты плоских поверхностей.

В проектной документации должны быть подробно описаны методы проектирования молниеприемника и СМЗ, используемые для различных частей здания.

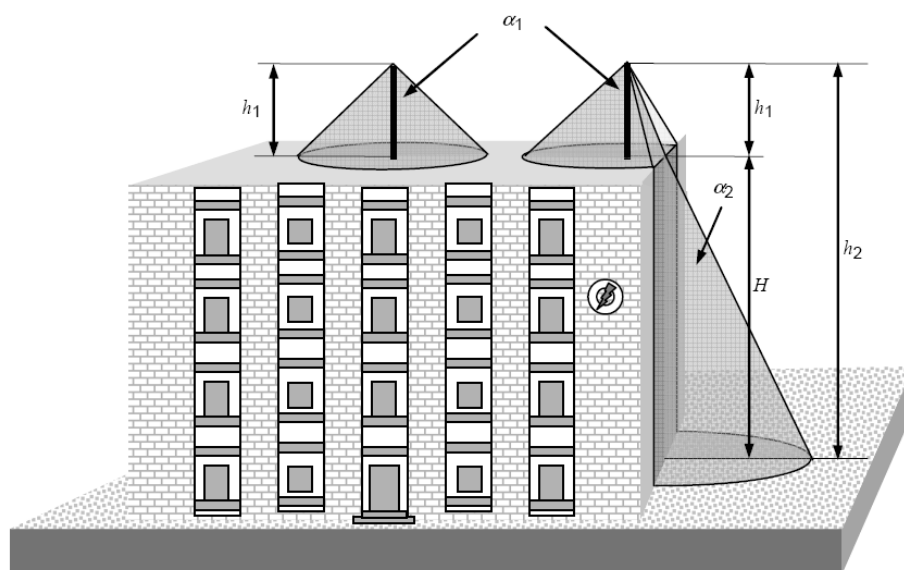
Е.5.2.2.1 Метод защитного угла

Стержневые молниеприемники, мачты и тросы должны размещаться так, чтобы все части защищаемого здания находились в зоне защиты, образованной под углом α к вертикали.

Защитный угол α выбирают из таблицы 2 настоящего предстандарта, причем h является высотой молниеотвода над защищаемой поверхностью.

Отдельная точка образует конус. На рисунках А.1 и А.2 показано, как защищенное пространство образуется различными проводниками молниеприемника в СМЗ.

В соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта для различной высоты молниеприемника над защищаемой поверхностью защитный угол α будет различным (см. рисунки А.3 и Е.12).



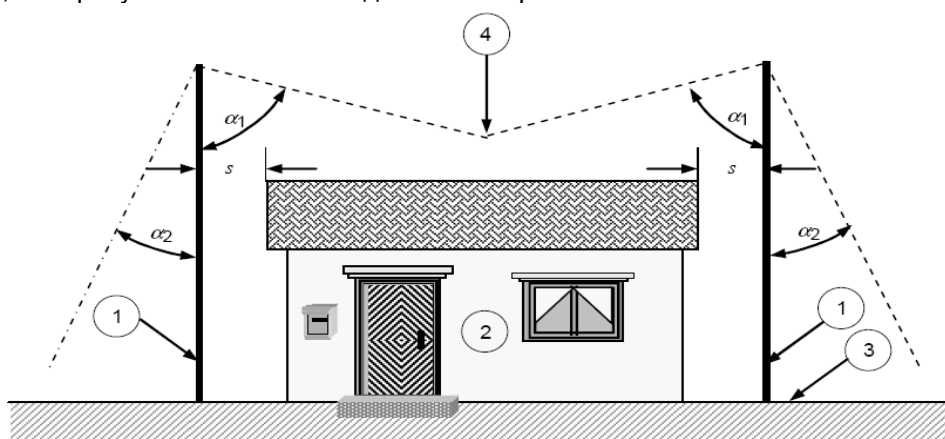
H – высота здания над исходной плоскостью; h_1 – физическая высота стержня молниеприемника;
 $h_2 = h_1 + H$, является высотой стержня молниеприемника над уровнем земли;
 α_1 – защитный угол, соответствующий высоте молниеприемника $h = h_1$,
является высотой над измеряемой поверхностью крыши (исходная плоскость);
 α_2 – защитный угол, соответствующий высоте h_2

Рисунок Е.12 – Метод защитного угла проекта молниеприемника для различной высоты в соответствии с требованиями таблицы 2 настоящего предстандарта

Вышеуказанный метод имеет геометрические ограничения и не используется, если h больше, чем радиус r катящейся сферы, определенной в таблице 2 настоящего предстандарта.

Если элементы на крыше защищены завершающим украшением шпиля, защищаемое пространство которого выходит за край здания, то их следует размещать между элементом и краем здания. Если это невозможно, то применяют метод катящейся сферы.

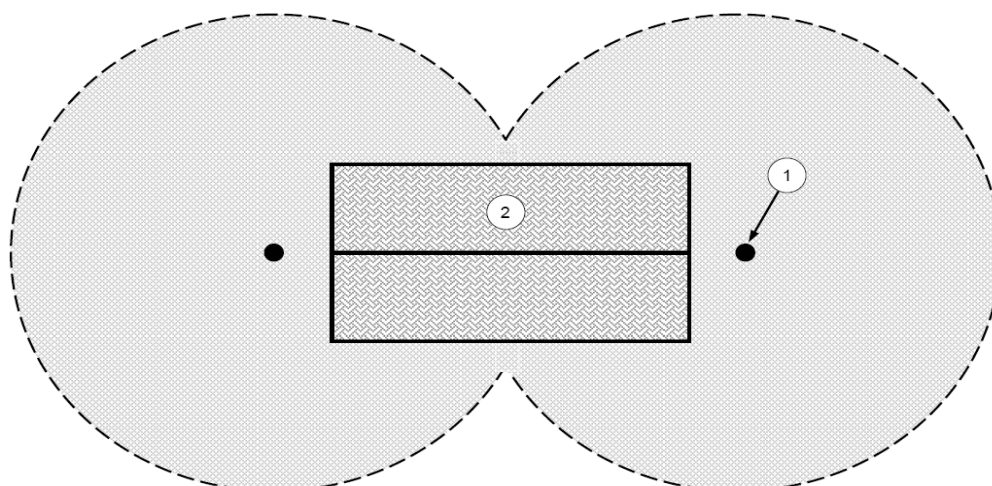
На рисунках Е.13 и Е.14 показан молниеприемник, использующий метод защитного угла для изолированной СМЗ, а на рисунках Е.15 и Е.16 – для неизолированной СМЗ.



1 – мачта молниеприемника; 2 – защищаемое здание; 3 – земля, являющаяся исходной плоскостью;
4 – пересечение между защищенными конусами;
 s – безопасное расстояние в соответствии с требованием 6.3 настоящего предстандарта;
 α_1 , α_2 – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта

Рисунок Е.13а – Проекция на вертикальной плоскости

Рисунок Е.13, лист 1 – Изолированная внешняя система молниезащиты, использующая двойные изолированные мачты молниеприемника, спроектированные в соответствии с проектным методом защитного угла молниеприемника



Примечание – Два круга обозначают выступающий участок на земле, являющейся исходной плоскостью.

Рисунок E.13b – Проекция на горизонтальной плоскости

Рисунок E.13, лист 2

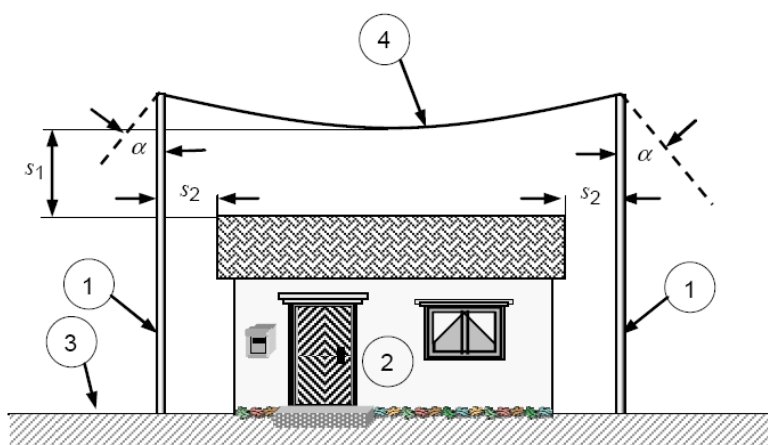


Рисунок E.14a – Проекция на вертикальную плоскость, содержащую две мачты

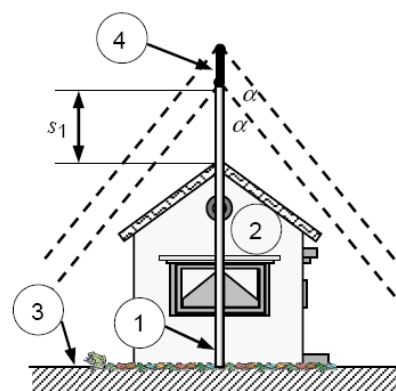


Рисунок E.14b – Проекция на вертикальную плоскость, перпендикулярную плоскости, содержащей две мачты

Рисунок E.14, лист 1 – Изолированная внешняя система молниезащиты, использующая двойные изолированные мачты молниеприемника, соединенные между собой горизонтальным несущим тросом

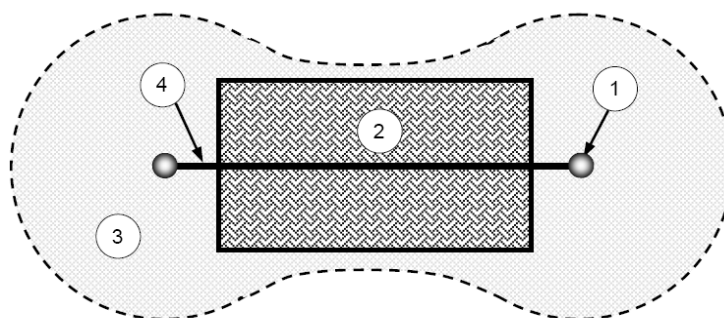
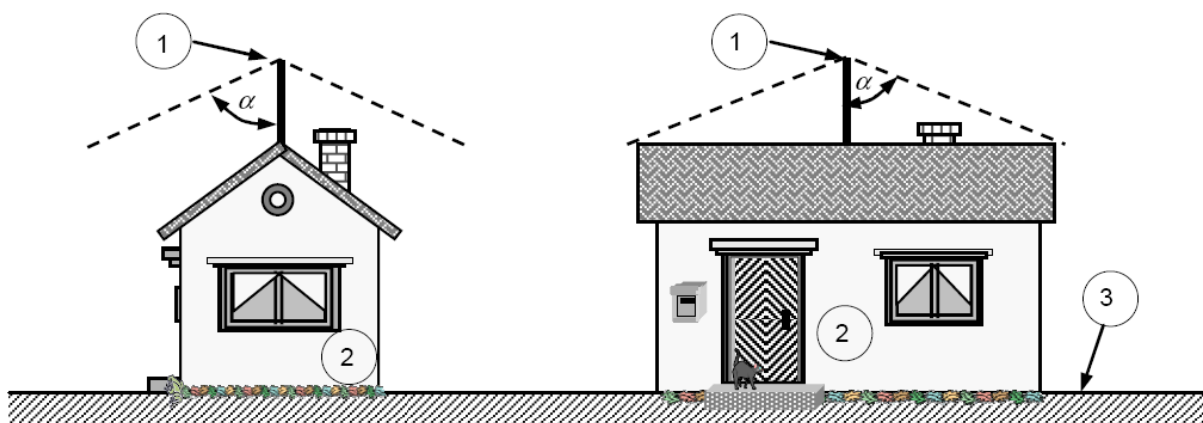


Рисунок Е.14с – Проекция на горизонтальную исходную плоскость

1 – мачта молниеприемника; 2 – защищаемое здание; 3 – защищаемый участок на исходной плоскости;
4 – горизонтальный трос молниеприемника; s_1 , s_2 – безопасные расстояния в соответствии с требованием 6.3 настоящего предстандарта; α – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта

Примечание – Система молниеприемника создана в соответствии с проектным методом защитного угла молниеприемника. Все здание должно находиться внутри защищенного пространства.

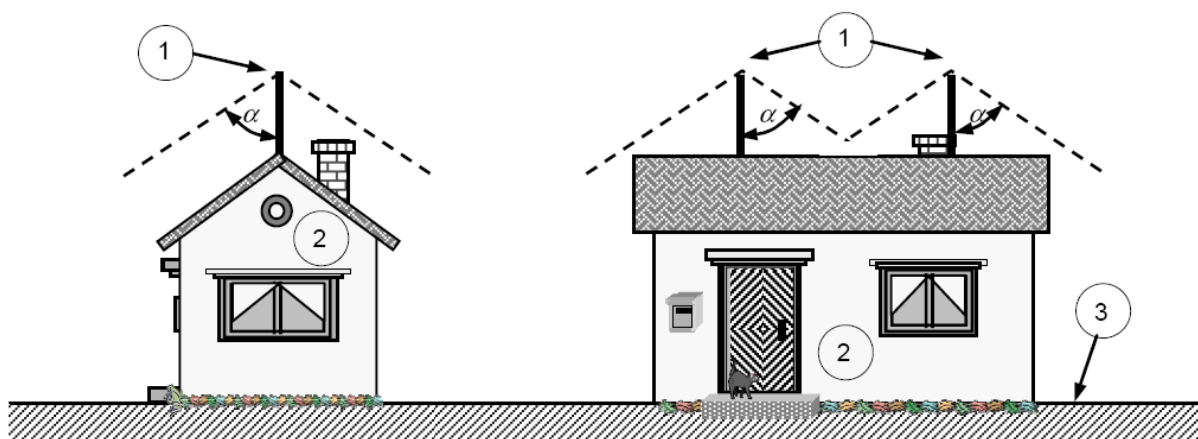
Рисунок Е.14, лист 2



1 – стержень молниеприемника; 2 – защищаемое здание; 3 – предполагаемая исходная плоскость;
 α – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта

Рисунок Е.15а – Пример использования одиночного стержневого молниеприемника

Рисунок Е.15, лист 1 – Пример проекта молниеприемника неизолированной системы молниезащиты с использованием стержней молниеприемника

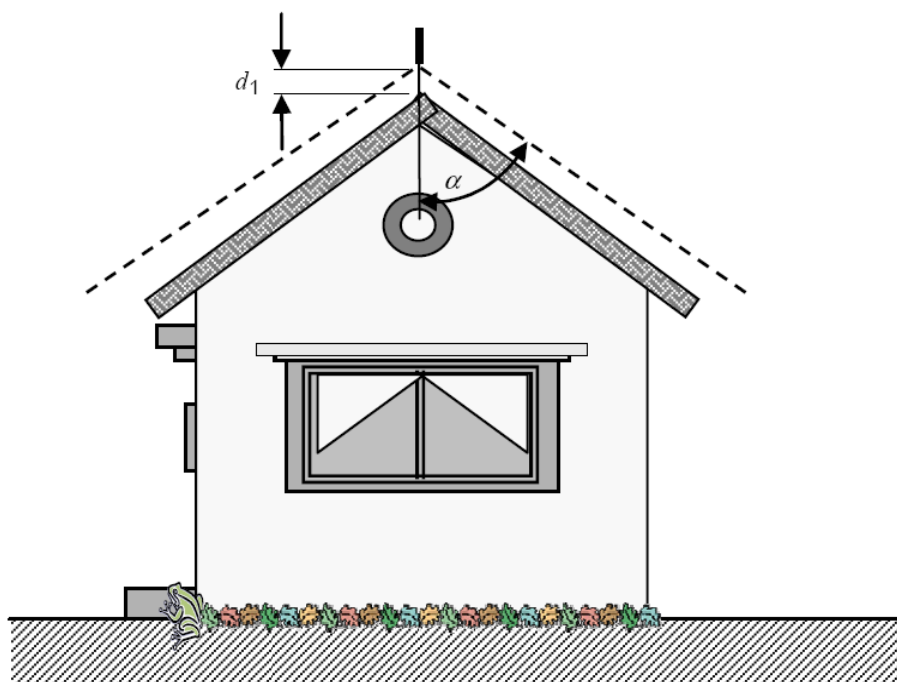


1 – стержень молниеприемника; 2 – защищаемое здание; 3 – предполагаемая исходная плоскость;
 α – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта

Рисунок Е.15b – Пример использования двойного стержневого молниеприемника

Примечание – Все здание должно находиться внутри защищенного пространства двойного стержневого молниеприемника.

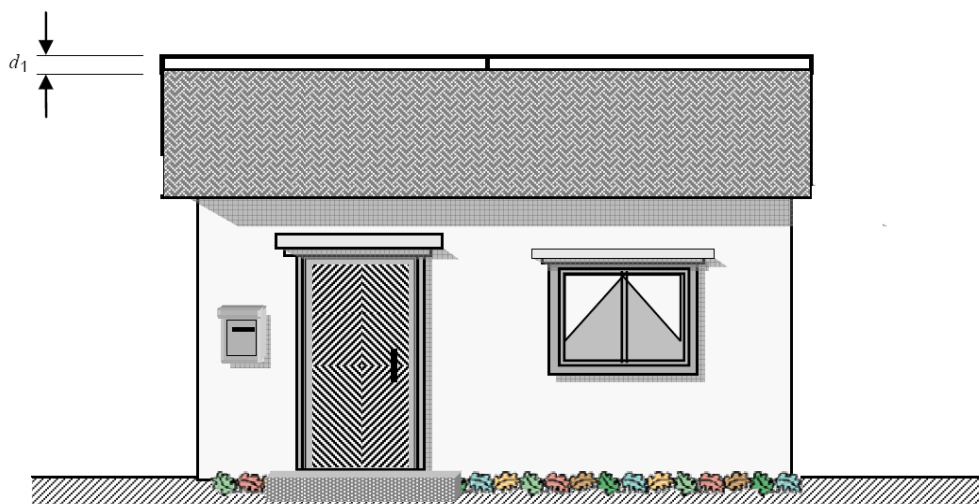
Рисунок Е.15, лист 2



α – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта;
 d_1 – расстояние от крыши до горизонтального троса

Рисунок Е.16a – Проекция на вертикальную плоскость, перпендикулярную плоскости, на которой имеется проводник

Рисунок Е.16, лист 1 – Пример проекта молниеприемника неизолированной системы молниезащиты с использованием горизонтального троса в соответствии с проектным методом защитного угла молниеприемника



α – защитный угол, соответствующий требованию таблицы 2 настоящего предстандарта

Примечание – Все здание должно находиться внутри защищенного пространства.

Рисунок Е.16b – Проекция на вертикальную плоскость, на которой имеется проводник

Рисунок Е.16, лист 2

Если поверхность, на которой установлена система молниеприемника, является наклонной, то ось конуса, образующего защитную зону, необязательно должна быть стержнем молниеприемника, но ее устанавливают перпендикулярно к поверхности, на которой находится стержень молниеприемника с вершиной конуса, равной вершине стержня молниеприемника (см. рисунок Е.17).

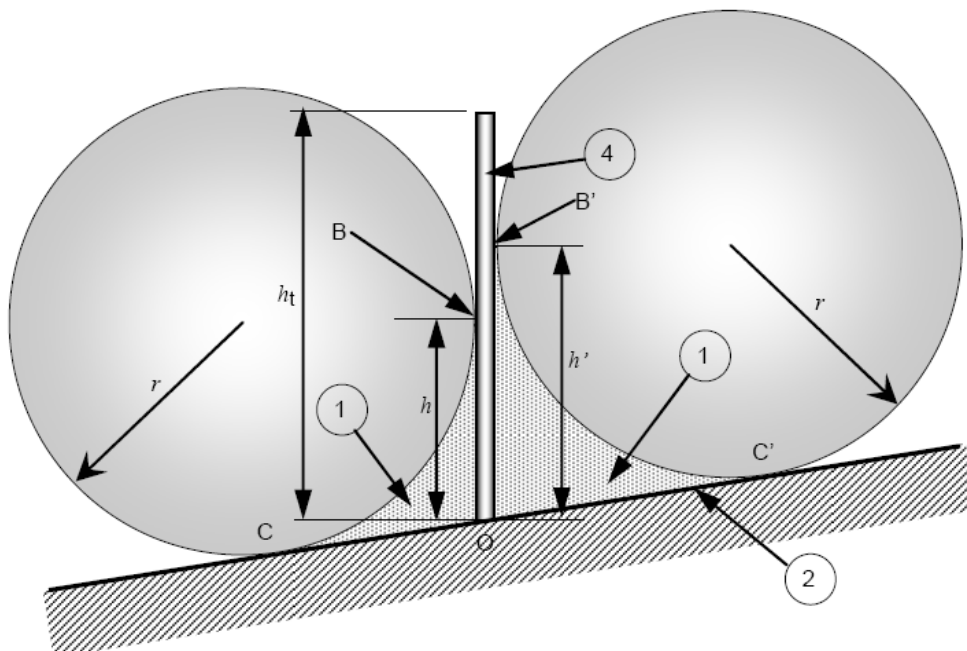


Рисунок Е.17a – Защищенное пространство мачты на наклонной поверхности при проектировании с использованием метода катящейся сферы ($h_t > r$)

Рисунок Е.17, лист 1 – Защищенное пространство стержня или мачты молниеприемника на наклонной поверхности

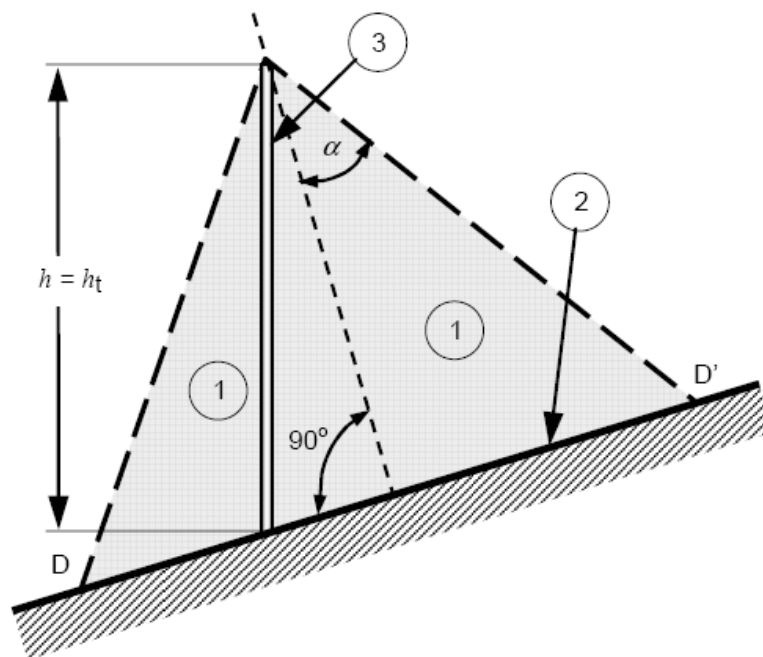


Рисунок Е.17б – Защищенное пространство стержня молниеприемника на наклонной поверхности при проектировании с использованием метода защитного угла

1 – защищенное пространство; 2 – исходная плоскость; 3 – стержень молниеприемника;
 4 – мачта; r – радиус катящейся сферы в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта;
 h, h' – значения высоты молниеприемника в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта;
 h_t – физическая высота мачты над исходной плоскостью; α – защитный угол;
 B, C, B', C' – точки касания катящейся сферы; C, C', D, D' – предел защищенного участка

Примечание – Высоты h, h' должны быть меньше h_t . Два значения h , например h и h' , применяются на наклонной исходной поверхности.

Рисунок Е.17, лист 2

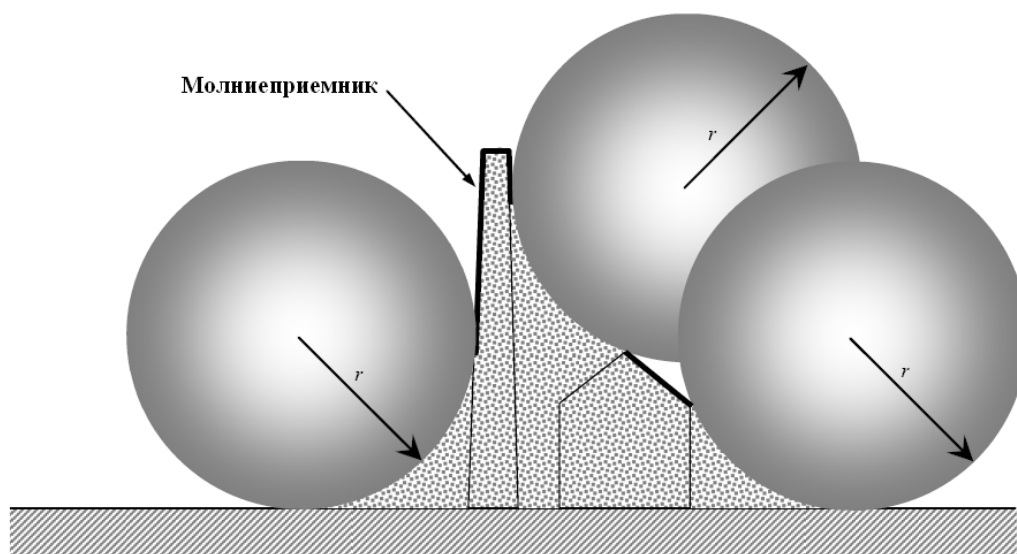
Е.5.2.2.2 Метод катящейся сферы

Метод катящейся сферы используют для определения защищенного пространства частей и зон здания, когда данные таблицы 2 настоящего предстандарта исключают использование метода защитного угла.

При применении данного метода расположение системы молниеприемника является таким же, если никакая точка защищенного пространства не контактирует со сферой радиусом r , катящейся по земле, вокруг и по верхней части здания во всех возможных направлениях. Поэтому сфера должна касаться только земли и (или) системы молниеприемника.

Радиус r катящейся сферы зависит от класса СМЗ (см. таблицу 2 настоящего предстандарта).

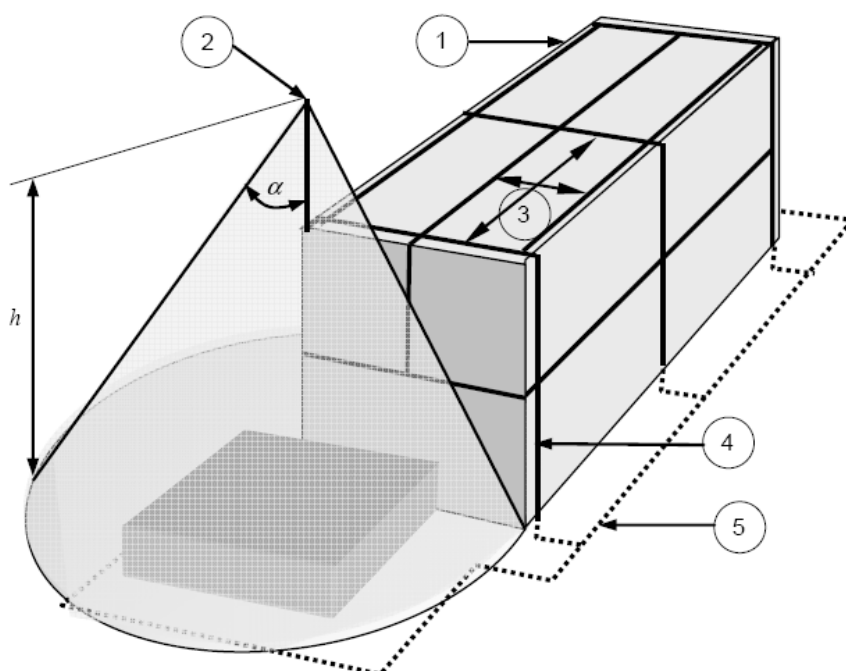
На рисунках Е.18 и Е.19 показано применение метода катящейся сферы для различных зданий. Сфера радиусом r катится вокруг всего здания и над ним до тех пор, пока она соприкасается с плоскостью земли или каким-либо постоянным сооружением или объектом, соприкасающимся с плоскостью земли, которая способна действовать в качестве проводника молнии. Точка удара может возникать там, где катящаяся сфера касается здания, и в таких точках, которые должны быть защищены проводником молниеприемника.



r – радиус катящейся сферы в соответствии с таблицей 2

Примечание – Проводники СМЗ молниеприемника установлены на всех точках и сегментах, которые контактируют с катящейся сферой, радиус которой соответствует выбранному уровню защиты, кроме более низкой части здания, в соответствии с 5.2.3 настоящего предстандарта.

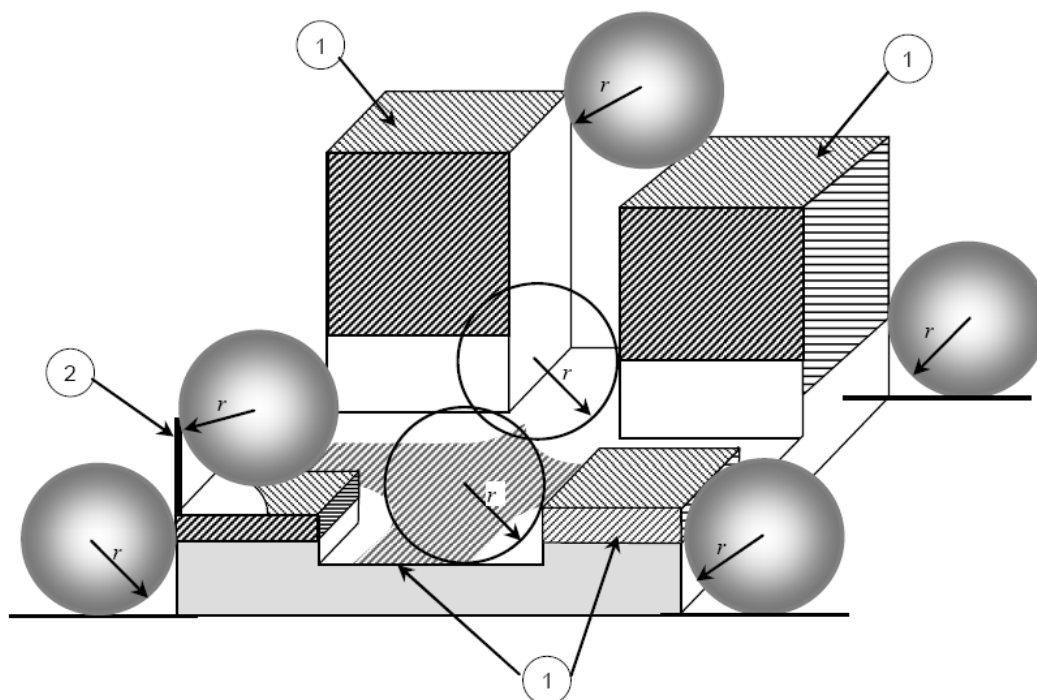
Рисунок Е.18а – Проект молниеприемника системы молниезащиты в соответствии с методом катящейся сферы



1 – проводник молниеприемника; 2 – стержень молниеприемника; 3 – размер сетки; 4 – токоотвод;
5 – система заземления с кольцевым проводником; h – высота молниеприемника над уровнем земли;
 α – защитный угол

Рисунок Е.18б – Обычное расположение элементов молниеприемника

Рисунок Е.18 – Проект молниеприемника системы молниезащиты с использованием метода катящейся сферы, метода защитного угла, метода сетки и обычным расположением элементов молниеприемника



1 – заштрихованные участки подвергаются улавливанию молнии и требуют защиты в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта; 2 – мачта на здании;
 r – радиус катящейся сферы в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта

Примечание – Требуется защита от торцевых ударов в соответствии с 5.2.3 настоящего предстандарта и А.2.

Рисунок Е.19 – Проект сети проводников молниеприемника системы молниезащиты на здании сложной конфигурации

Если используется метод катящейся сферы, то здание должно рассматриваться со всех сторон, для того чтобы убедиться в том, что ни одна из его частей не находится в незащищенной зоне, т. е. не должно быть точек, не выявляемых на видах спереди, сбоку и сверху.

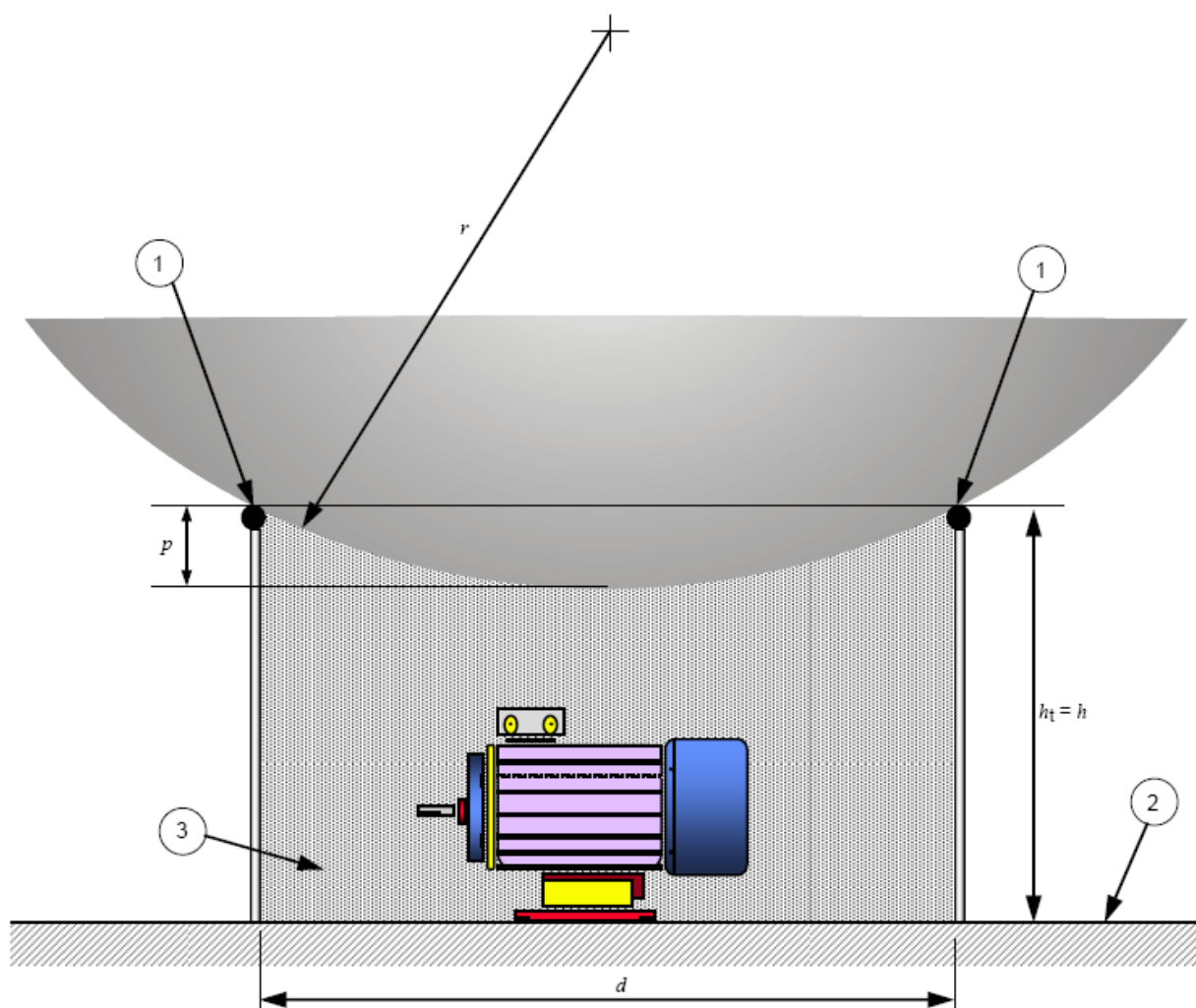
Защищенное пространство, образуемое проводником СМЗ, является пространством, в которое не проникает катящаяся сфера, когда она контактирует с проводником, и применяется к зданию.

На рисунке Е.18 показана защита, обеспечиваемая системой молниеприемника СМЗ, в соответствии с методом сетки, методом катящейся сферы и методом защитного угла с обычным расположением элементов молниеприемника.

В случае использования двух параллельных горизонтальных проводников молниеприемника СМЗ, размещенных над горизонтальной исходной плоскостью, показанной на рисунке Е.20, глубину проникновения p катящейся сферы ниже уровня проводников в пространстве между проводниками можно рассчитать по формуле

$$p = r - \left[r - (d/2)^2 \right]^{1/2}. \quad (\text{Е.4})$$

Глубина проникновения p должна быть меньше, чем h_t минус высота защищаемых объектов (см. рисунок Е.20).



1 – горизонтальные тросы; 2 – исходная плоскость; 3 – пространство, защищенное двумя параллельными горизонтальными тросами или стержнями молниеприемника;
 h_t – физическая высота стержней молниеприемника над исходной плоскостью;
 p – глубина проникновения катящейся сферы; h – высота молниеприемника в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта; r – радиус катящейся сферы; d – расстояние, разделяющее два параллельных горизонтальных троса или два стержня молниеприемника

Примечание – Глубина проникновения r катящейся сферы должна быть меньше h_t минус наибольшая высота защищаемых объектов, для того чтобы защитить объекты в пространстве между выводами.

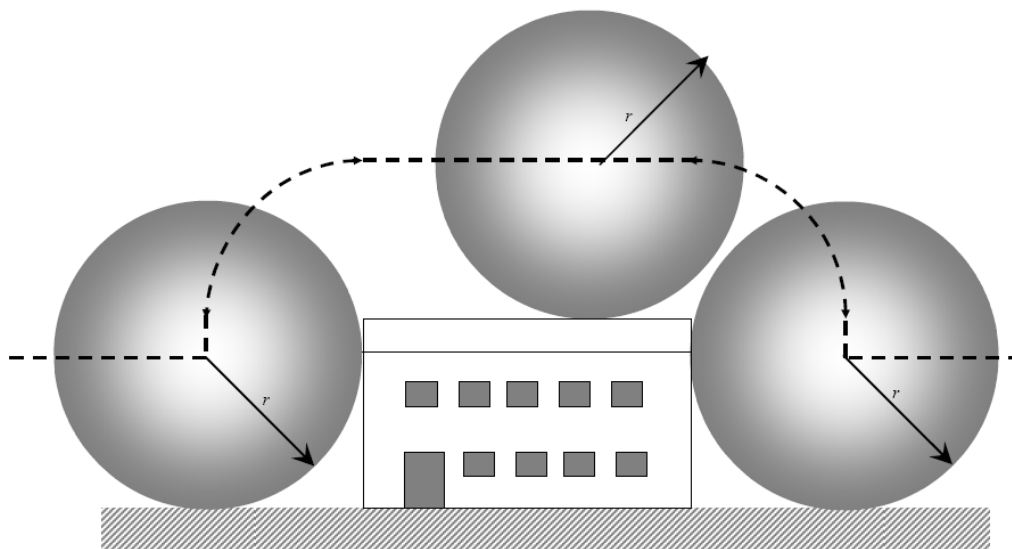
Рисунок Е.20 – Пространство, защищенное двумя параллельными горизонтальными тросами или двумя стержнями молниеприемника ($r > h_t$)

Пример, представленный на рисунке Е.20, также можно применять и для трех или четырех стержней молниеприемника, например четырех вертикальных стержней, размещаемых в углах квадрата с одной и той же применяемой высотой h . В данном случае d на рисунке Е.20 соответствует диагоналям квадрата, образуемого четырьмя стержнями.

Примечание – С середины 30-х годов известно, что радиус катящейся сферы соотносится с пиковым значением тока в молнии, ударяющей в здание: $r = 10I^{0,65}$, где I определяется как кА.

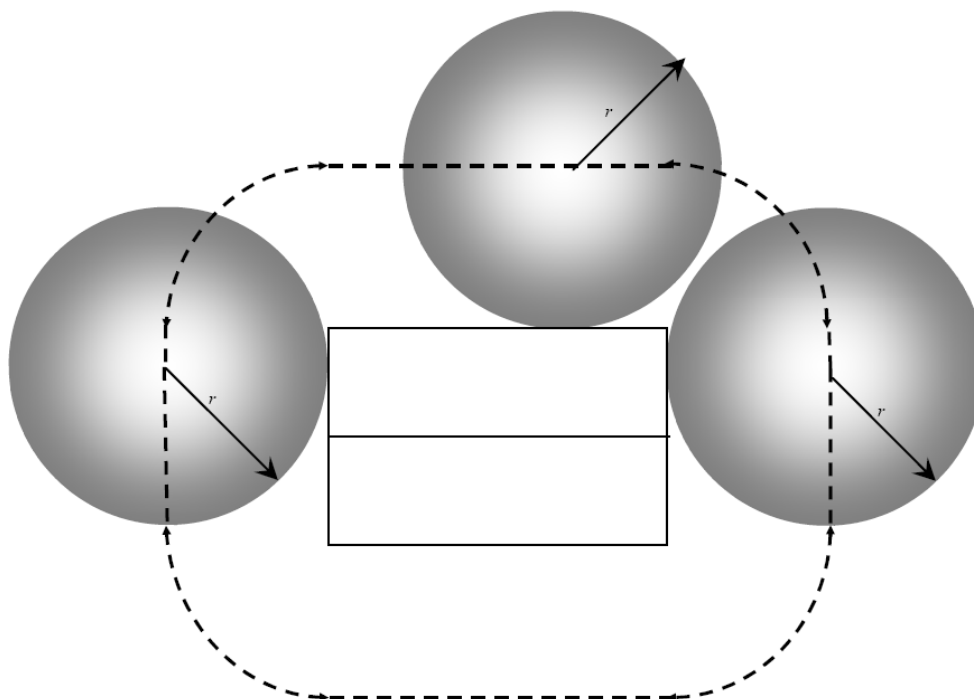
Точки, в которые ударит молния, можно определить по методу катящейся сферы. Используя метод катящейся сферы, можно также идентифицировать вероятность возникновения удара в каждую точку здания.

На рисунке E.21 показано здание, над которым перемещается катящаяся сфера. Пунктирная линия обозначает путь центральной части (центра) катящейся сферы. Это является также геометрическим расположением верхушки нисходящего лидера (верхняя точка), из которого происходит конечный разряд. Разряд всех ударов молнии, верхняя часть которых находится на пути центральной части катящейся сферы, произойдет в ближайшей точке здания. Вокруг краев крыши проходит путь в виде четырехсторонней траектории с закругленными углами с возможными положениями верхней части нисходящего заряда, который разрядится у края здания. Это показывает, что значительная часть ударов происходит у края крыши, несколько из них приходится на стены и поверхность крыши.



r – радиус катящейся сферы в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта

Рисунок E.21a – Вид сбоку



r – радиус катящейся сферы в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта

Рисунок E.21b – Вид сверху

Рисунок E.21 – Точки здания, в которые ударяет молния

Чтобы спрогнозировать общую вероятность удара молнии в стену, следует рассматривать вид сверху (см. рисунок Е.21b).

Е.5.2.2.3 Метод сетки

Для защиты ровных поверхностей используют сетку для защиты всей поверхности, если выполнены следующие условия:

а) как упомянуто в приложении А, проводники сетки проходят по:

- краю крыши;
- выступам;
- коньку крыши, если наклон крыши превышает 1/10;
- боковым поверхностям здания выше 60 м на уровне, превышающем 80 % высоты здания;

б) размеры ячейки сетки не больше приведенных в таблице 2 настоящего предстандарта;

с) сетка должна быть выполнена таким образом, чтобы ток молнии имел всегда по крайней мере два различных пути к заземлителю и никакие металлические части не выступали за внешние контуры сетки.

Примечание – Большое количество токоотводов приводит к уменьшению безопасного расстояния и электромагнитного поля в пределах здания (см. 5.3 настоящего предстандарта);

д) проводники сетки должны быть проложены (по возможности) кратчайшими прямыми путями.

Примеры неизолированных СМЗ с использованием метода сетки показаны на рисунке Е.22а для зданий с плоской крышей и на рисунке Е.22b для зданий со скатной крышей. На рисунке Е.22с показан пример СМЗ на промышленном здании, а на рисунке Е.22 показан пример СМЗ со скрытыми проводниками.

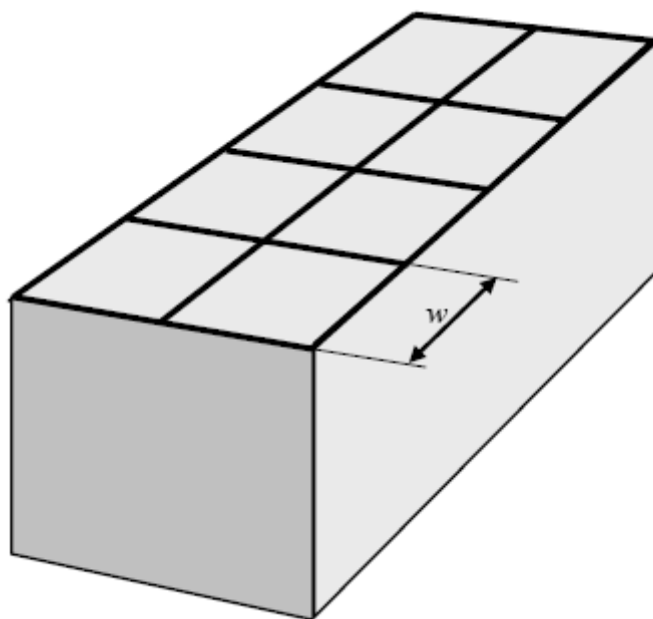
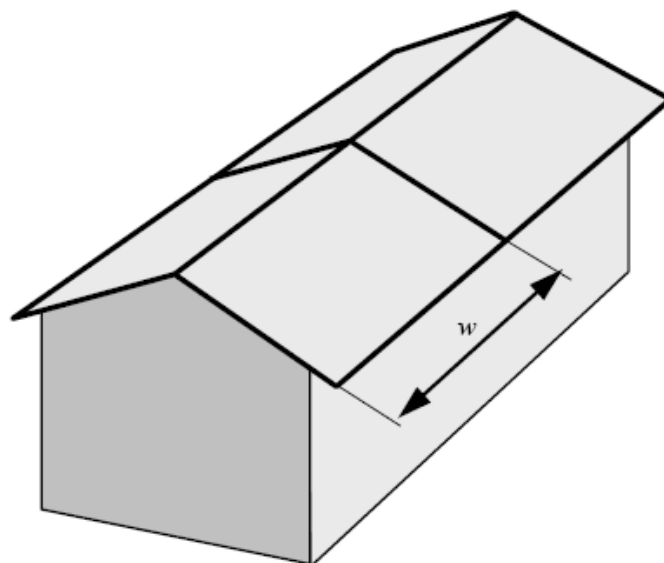


Рисунок Е.22а – Молниеприемник системы молниезащиты на здании с плоской крышей

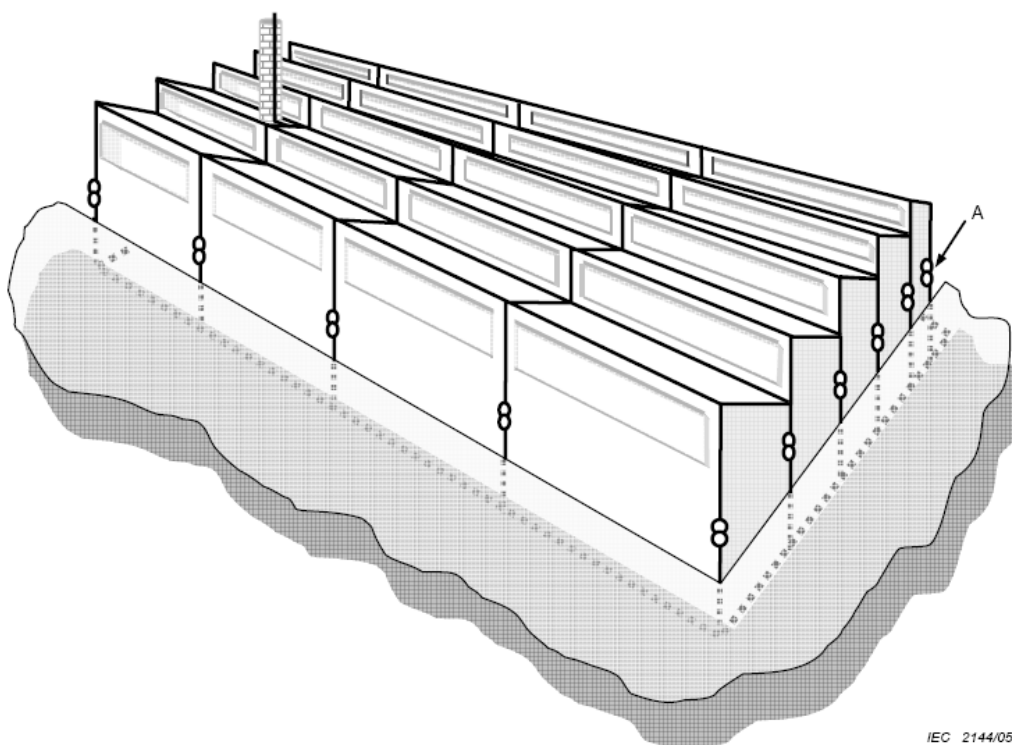
Рисунок Е.22, лист 1 – Пример молниеприемника неизолированной системы молниезащиты, созданной по методу сетки



w – размер ячейки сетки

Примечание – Размер ячейки сетки должен соответствовать таблице 2 настоящего предстандарта.

Рисунок Е.22b – Молниеприемник системы молниезащиты на здании со скатной крышей



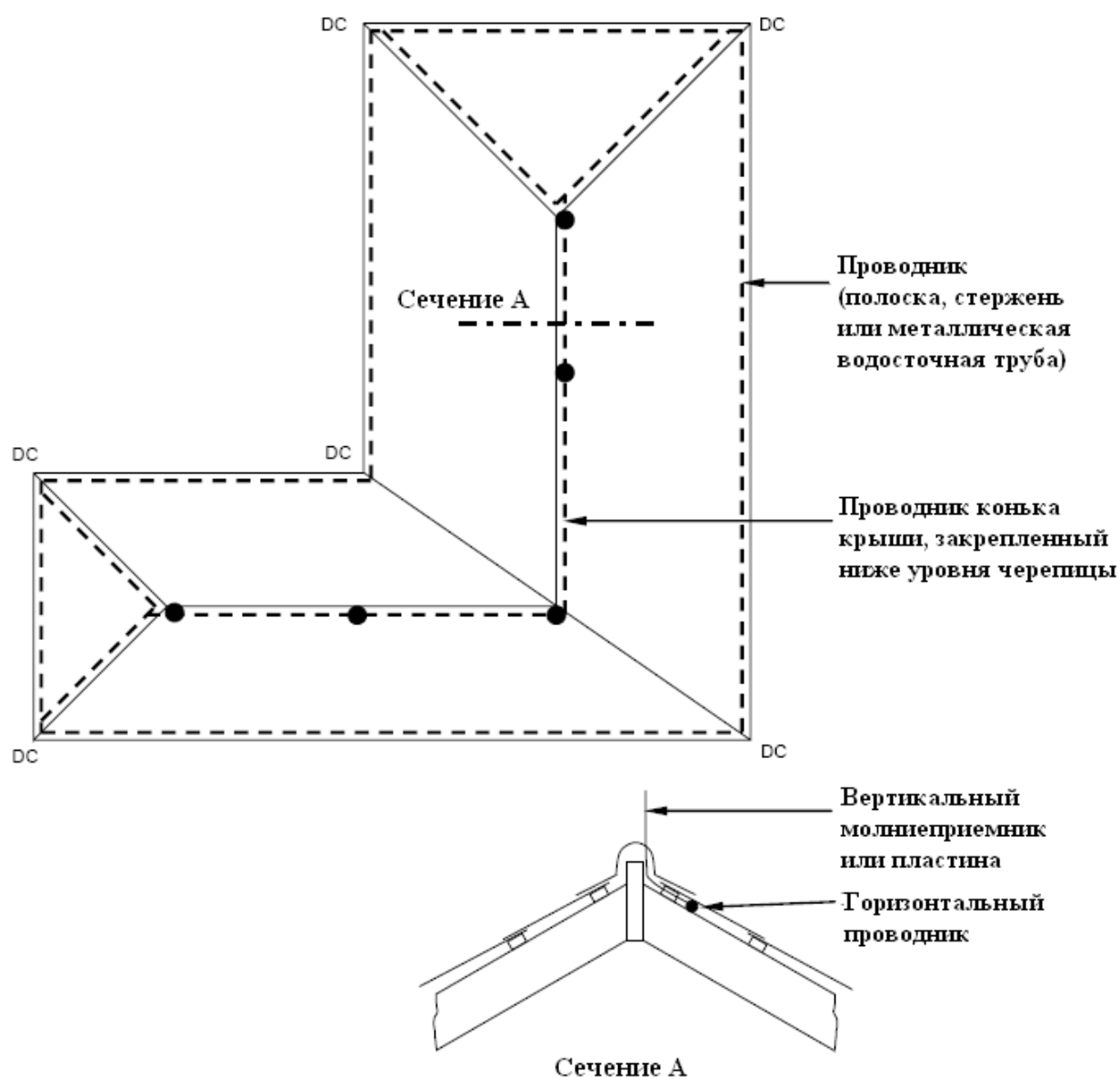
IEC 2144/05

A – контрольный стык

Примечание – Все размеры должны соответствовать выбранному уровню защиты, указанному в таблицах 1 и 2 настоящего предстандарта.

Рисунок Е.22с – Пример системы молниезащиты на здании с односкатной крышей

Рисунок Е.22, лист 2



— — — скрытый проводник;

● — вертикальный молниеприемник (оголенный вертикальный стержень), расположенный на одинаковом расстоянии друг от друга, соответствующий методу защитного угла или методу катящейся сферы (см. таблицу 2 настоящего предстандарта);

DC — вертикальный заземляющий электрод

Рисунок E.22d – Молниеприемник и скрытые проводники для зданий высотой менее 20 м со скатными крышами

Рисунок E.22, лист 3

Е.5.2.3 Молниеприемники от ударов молнии в боковые поверхности высоких зданий

В зданиях высотой выше 120 м самые верхние 20 % боковых поверхностей должны быть оснащены системами молниеприемника.

Примечание – Если на внешней стене верхней части здания имеется чувствительное оборудование (например, электронное оборудование), то его следует защищать, предпринимая специальные меры молниезащиты, например использование горизонтальных украшений (фиалов), сетчатых проводников или оборудования.

Е.5.2.4 Конструкция**Е.5.2.4.1 Общая информация**

Максимальная допустимая температура проводника не должна превышать, если поперечное сечение проводника соответствует значениям таблицы 6 настоящего стандарта.

Крыша или стена из горючих материалов должна быть защищена от опасного воздействия тока молнии, нагревающего проводники СМЗ посредством использования одной или нескольких мер:

- снижения температуры проводников за счет увеличения размера поперечного сечения;
- увеличения расстояния между проводниками и покрытием крыши (см. также 5.2.4 настоящего стандарта);

- вставки теплозащитного слоя между проводниками и горючим материалом.

Примечание – Исследование показало, что стержни молниеприемника должны иметь тупые концы.

Е.5.2.4.2 Неизолированный молниеприемник

Для обеспечения соответственного распределения тока по токоотводам на уровне крыши проводники молниеприемника и токоотводы должны соединяться между собой с помощью проводников.

Проводники на крышах и соединения стержней молниеприемника можно прикреплять к крыше, используя либо проводящие, либо непроводящие прокладки и крепежные средства. Проводники можно также размещать на поверхности стены, если она изготовлена из непроводящего материала.

Рекомендуемые центры крепления этих проводников указаны в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Предлагаемые точки крепления

Расположение	Точки крепления плоских и многожильных проводников	Точки крепления круглых и сплошных проводников
Горизонтальные проводники на горизонтальных поверхностях	500	1 000
Горизонтальные проводники на вертикальных поверхностях	500	1 000
Вертикальные проводники на высоте до 20 м от уровня земли	1 000	1 000
Вертикальные проводники на высоте 20 м от уровня земли (и выше)	500	1 000
Примечание 1 – Настоящая таблица не применяется к встроенным конструктивным деталям, которые могут потребовать специального рассмотрения.		
Примечание 2 – Необходимо проводить оценку окружающих условий (т. е. предполагаемой ветровой нагрузки) и определять точки крепления, отличные от рекомендуемых.		

В малоэтажных домах (одноэтажных) и аналогичных строениях с коньком на крыше проводники следует устанавливать на коньке. Если сооружение полностью находится в зоне, защиту которой обеспечивает проводник на коньке крыши, то по краям фронтона в противоположных углах здания должны проходить по крайней мере два токоотвода.

Примечание – Расстояние между двумя токоотводами, измеренное по периметру здания, не должно превышать расстояния, указанного в таблице 4 настоящего стандарта.

Водосточные трубы, имеющиеся на краю крыши, могут использоваться в качестве естественных проводников при условии, что они отвечают требованиям 5.2.5 настоящего стандарта.

На рисунках Е.23а, Е.23б и Е.23с показаны примеры расположения проводников на крыше и токоотводов на здании со скатной крышей.

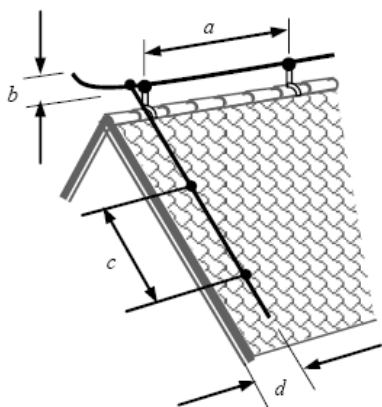


Рисунок E.23a – Установка проводника молниеприемника на краю скатной крыши и токоотвода крыши

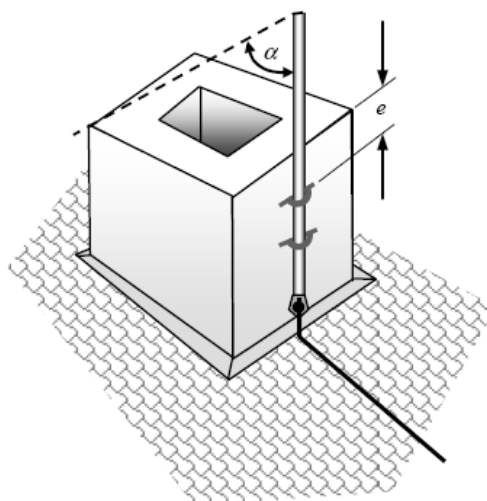


Рисунок E.23b – Установка стержневого молниеприемника для защиты дымохода по методу защитного угла

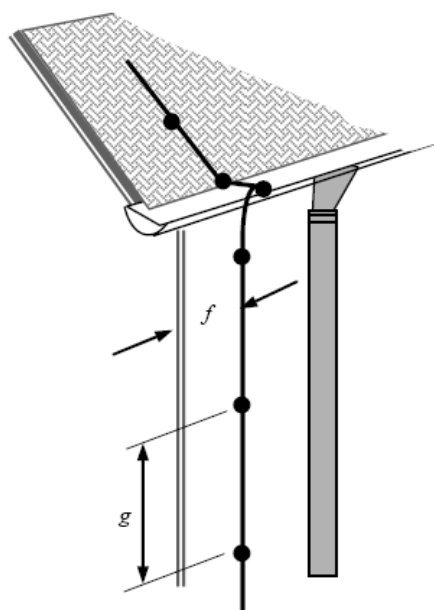


Рисунок E.23c – Установка токоотвода, соединенного с водосточной трубой

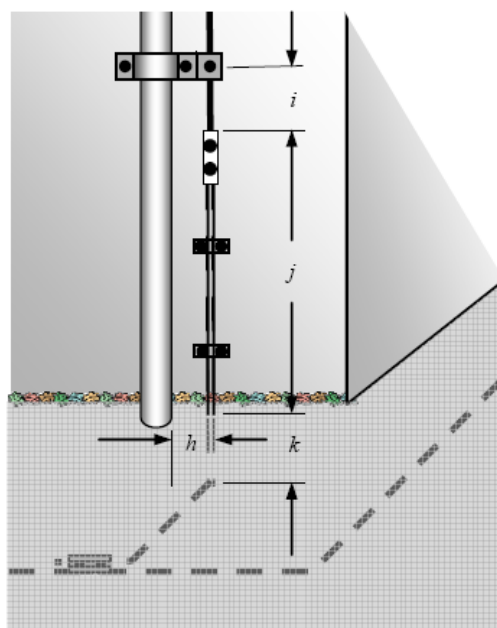


Рисунок E.23d – Установка контрольного стыка в токоотводе и соединение с водосточной трубой

Примеры размеров:

$a - 1$;

$b - 0,15$ м (не обязательно);

$c - 1$ м;

d – как можно ближе к краю;

$e - 0,2$ м;

$f - 0,3$ м;

$g - 1$ м;

$h - 0,05$ м;

$i - 0,3$ м;

$j - 1,5$ м;

$k - 0,5$ м

α – защитный угол в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта.

Рисунок E.23 – Некоторые детальные примеры системы молниезащиты на зданиях со скатными черепичными крышами

В соответствии с таблицей 4 настоящего предстандарта в зданиях с удлиненным профилем устанавливают дополнительные проводники, соединенные с проводниками молниеприемника, расположенными на коньке крыши.

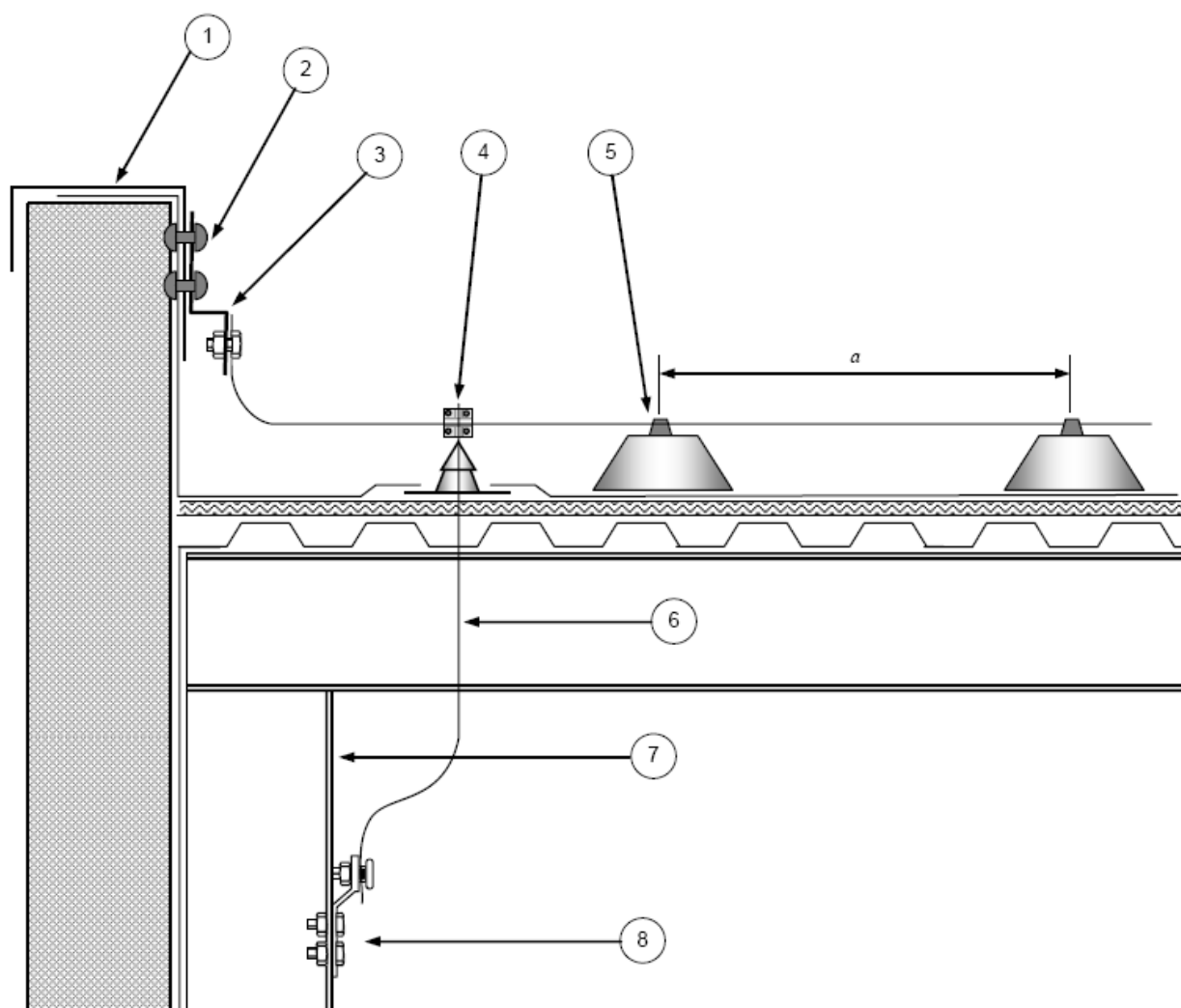
На зданиях, крыша которых имеет большие навесы, проводник конька крыши должен доходить до конца конька. На краю фронтона крыши проводник должен размещаться от проводника конька крыши до токоотвода.

Исходя из практики, проводники молниеприемника, соединительные проводники и токоотводы устанавливают по прямой линии. На непроводящих крышах проводник можно размещать под черепицей, но предпочтительнее над ней. При размещении проводников под черепицей крыши существует меньший риск коррозии, но необходимо (там, где используются соответствующие методы крепления) устанавливать их вдоль края черепицы (например, с внешней стороны), снижая тем самым риск повреждения черепицы, если в проводник напрямую произойдет удар молнии. Установка проводника над черепицей также упрощает проведение проверки. Проводники, размещенные под черепицей, желательно оснащать короткими вертикальными фиалами, которые выступают над уровнем крыши и на расстоянии более 10 м друг от друга. Можно также использовать выступающие металлические пластины (см. рисунок E.20d) при условии, что они находятся на расстоянии 5 м друг от друга.

На зданиях с плоскими крышами проводники, расположенные по периметру, следует устанавливать как можно ближе к внешним краям крыши.

Если поверхность крыши превышает размер сетки, указанный в таблице 2 настоящего предстандарта, то необходимо использовать дополнительные проводники молниеприемника.

На рисунках E.23a, E.23b и E.23c показаны примеры конструктивных элементов крепежных средств проводников молниеприемника, размещаемых на здании со скатной крышей. На рисунке E.24 показан пример конструктивных элементов крепежных средств для плоской крыши.

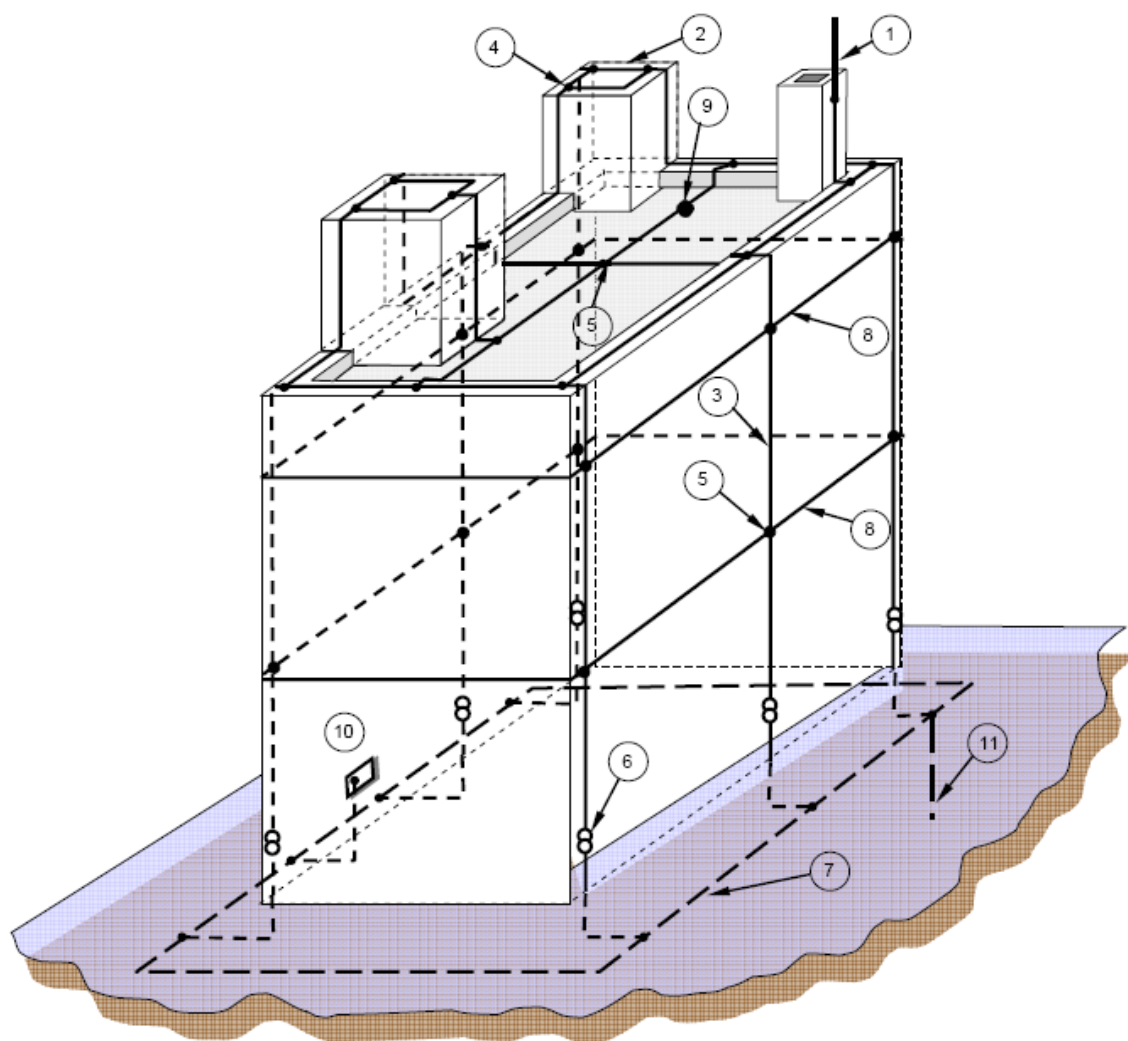


a – 500 – 1 000 мм (см. таблицу F.1); 1 – ограждение крыши; 2 – гибкий проводник; 3 – соединения; 4 – Т-образные соединения; 5 – крепление проводника молниеприемника; 6 – система молниезащиты, проходящая через водонепроницаемый проходной изолятор; 7 – стальная балка; 8 – соединение

Примечание – Металлическое покрытие на ограждении крыши используется в качестве проводника молниеприемника и соединяется со стальной балкой, используемой в качестве естественного токоотвода СМЗ.

Рисунок Е.24 – Конструкция системы молниезащиты, использующая естественные компоненты на крыше здания

На рисунке Е.25 показано расположение внешней СМЗ на здании с плоской крышей, выполненной из изоляционного материала, например дерева или кирпича. Конструктивные детали крыши находятся в пределах защищаемого пространства. На высоких зданиях кольцо, соединенное со всеми токоотводами, устанавливается на фасаде. Расстояния между этими кольцевыми проводниками указаны в таблице 4 настоящего предстандарта. Кольцевые проводники, размещаемые ниже уровня радиуса катящейся сферы, используют в качестве проводников выравнивания потенциала.



- 1 – стержень молниеприемника; 2 – горизонтальный проводник молниеприемника; 3 – токоотвод;
 4 – Т-образное соединение; 5 – перекрестное соединение; 6 – контрольный стык;
 7 – В-образное расположение заземления, кольцевой заземляющий электрод;
 8 – кольцевой проводник выравнивания потенциала; 9 – плоская крыша с конструктивными деталями;
 10 – вывод для соединения шины выравнивания потенциала внутренней СМЗ;
 11 – А-образное расположение заземления

Примечание – Применяется кольцо выравнивания потенциала. Расстояние между токоотводами соответствует таблице 4 настоящего предстандарта.

Рисунок Е.25 – Расположение внешней системы молниезащиты на здании, выполненной из изолирующего материала, например дерева и кирпича, высотой до 60 м, с плоской крышей и с конструктивными деталями на крыше

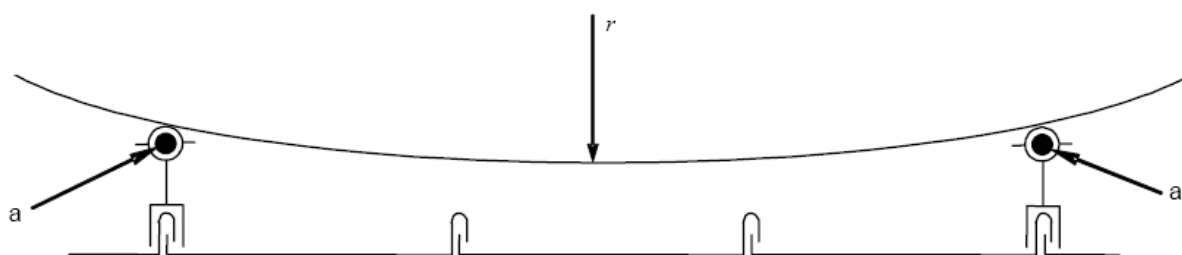
Проводники СМЗ и стержни должны быть прочно закреплены так, чтобы они могли выдерживать нагрузку при воздействии ветра или погоды, а также нагрузку, связанную с работой, проводимой на поверхности крыши.

Металлическое покрытие, используемое для механической защиты внешних стен, можно использовать в качестве естественного компонента молниеприемника в соответствии с 5.2.5 настоящего предстандарта при отсутствии риска возгорания в результате воздействия расплавленного металла. Горючесть зависит от типа материала под металлической обшивкой. Субподрядчик должен знать о горючести используемого материала.

Изоляция, расположенная на металлических крышах, а также на других типах крыши, может пробиваться ударом молнии. В этом случае может попадать вода и проникать сквозь крышу в месте, далеком от точки поражения. Чтобы этого избежать, следует устанавливать систему молниеприемника.

Легкие башенки, дымовые и вентиляционные заслонки обычно должны быть закрыты. Проектирование защиты таких заслонок необходимо обсуждать с покупателем/владельцем здания, чтобы решить, какого типа защиту предусматривать для заслонок: в открытом, закрытом положениях либо во всех промежуточных положениях.

Кровлю из проводящих листов, которые не соответствуют требованиям 5.2.5 настоящего предстандарта, можно использовать в качестве молниеприемника там, где в точке удара молнии может происходить плавление. Если это неприемлемо, то токопроводящее покрытие крыши должно быть защищено системой молниеприемника достаточной высоты (см. рисунки E.20 и E.26).



r – радиус катящейся сферы, см. таблицу 2 настоящего предстандарта; a – проводники молниеприемника

Примечание – Катящаяся сфера не должна касаться какого-либо элемента металлической крыши, включая стоячие фальцы.

Рисунок E.26 – Конструкция сети молниеприемника на крыше с проводящим покрытием, пробой которого недопустим

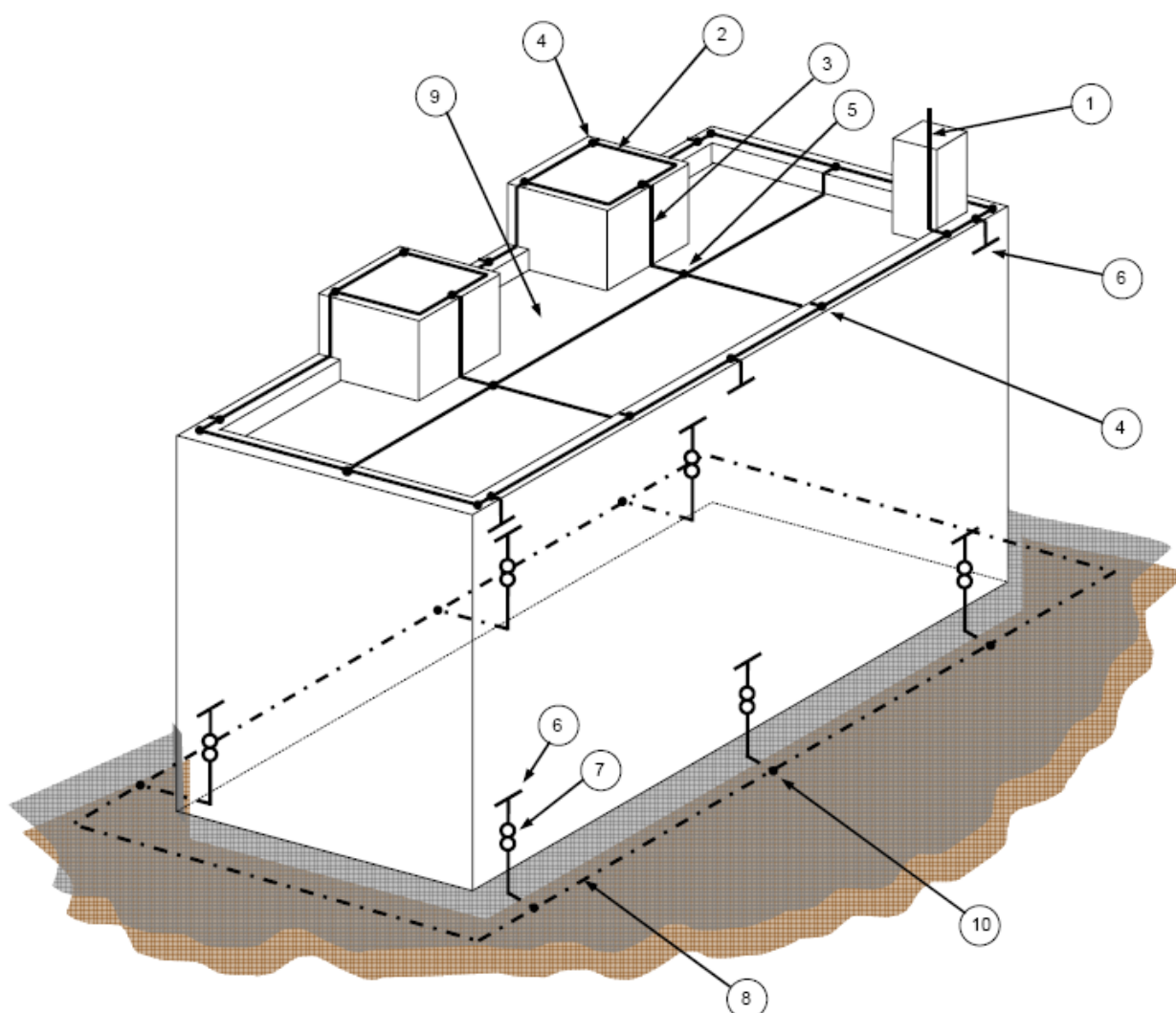
Если используются изоляционные опоры, то должно выполняться требование к условиям безопасного расстояния до проводящего листового покрытия, указанного в 6.3 настоящего предстандарта.

Если используются изоляционные опоры, соединение с обшивкой крыши должно выдерживать частичный ток молнии (см. рисунок E.26).

На рисунке E.24 показан пример естественного молниеприемника с использованием ограждения крыши в качестве проводника молниеприемника на краю крыши.

Заделанные заподлицо и выступающие конструкции на поверхности крыши защищают с помощью стержней молниеприемника. В качестве альтернативы внешние металлоконструкции должны соединяться шиной с СМЗ, если они не соответствуют требованиям 5.2.5 настоящего предстандарта.

На рисунке E.27 приведен пример соединения молниеприемника с естественными токоотводами в бетоне.



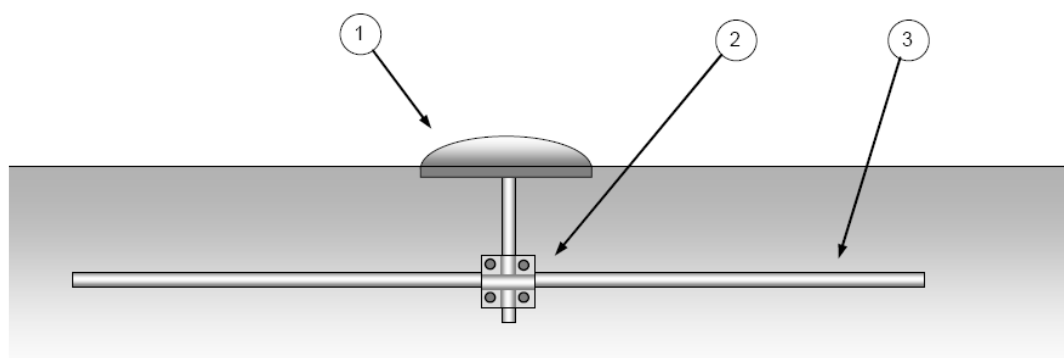
1 – стержень молниеприемника; 2 – горизонтальный проводник молниеприемника; 3 – токоотвод;
 4 – Т-образный стык; 5 – крестообразный стык; 6 – соединение со стальными арматурными стержнями
 (см. Е.4.3.3 и Е.4.3.6); 7 – контрольный стык; 8 – расположение заземления типа В, кольцевой заземлитель;
 9 – плоская крыша, на которой имеются конструктивные детали; 10 – антикоррозийный Т-образный стык

Примечание – Стальная арматура здания должна соответствовать требованиям 4.3 настоящего предстандарта. Все размеры СМЗ должны соответствовать выбранному уровню защиты.

Рисунок Е.27 – Конструкция внешней системы молниезащиты на здании из железобетона с использованием в качестве естественных проводников арматуры внешних стен

Е.5.2.4.2.1 Молниезащита крыш многоэтажных автостоянок

Для защиты этого типа сооружения можно использовать стойки молниеприемника. Эти стойки могут соединяться с арматурной сталью бетонной крыши (см. Е.26). На тех крышах, на которых нельзя обеспечить соединение с арматурой, проводник крыши может проходить в швах плит проезжей части, а стойки молниеприемника могут размещаться в стыках сетки. Ширина ячейки сетки не должна превышать значение, соответствующее классу защиты, указанному в таблице 2 настоящего предстандарта. В этом случае люди и транспортные средства в этом паркинге не защищены от молнии.

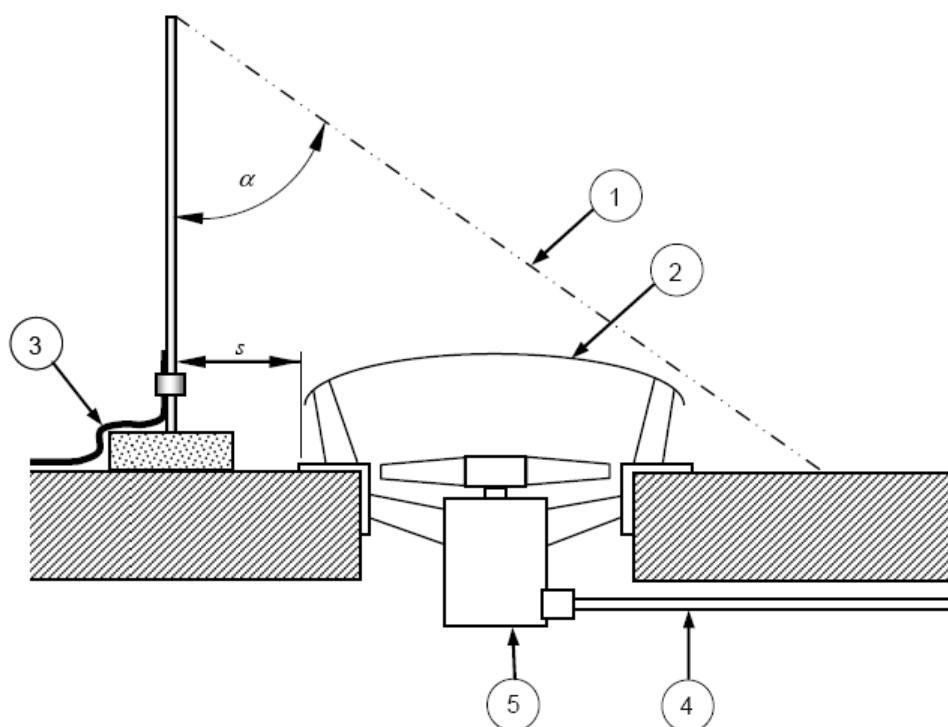


1 – стойка молниеприемника; 2 – стальной проводник, соединенный с несколькими балками арматурной стали; 3 – стальная арматура бетона

Рисунок Е.28 – Пример стойки молниеприемника, используемой на крышах автостоянки

Для защиты наивысшей части паркинга от прямых ударов молнии используют стержни и навесные тросы молниеприемника.

Для определения зазора безопасности на рисунке Е.29 даны приближенные значения в зависимости от высоты проводников.



1 – защитный конус; 2 – металлическая конструктивная деталь крыши; 3 – горизонтальный проводник молниеприемника; 4 – линия электрической установки, желательна огороженная проводящим экраном; 5 – электрическое оборудование; s – безопасное расстояние в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта; α – защитный угол, см. таблицу 2 настоящего предстандарта

Примечание – Высота стержня молниеприемника должна соответствовать значениям таблицы 2 настоящего предстандарта.

Рисунок Е.29 – Стержень молниеприемника, используемый для защиты металлических элементов конструктивной детали крыши с электросиловыми установками, которые не соединены с молниеприемником

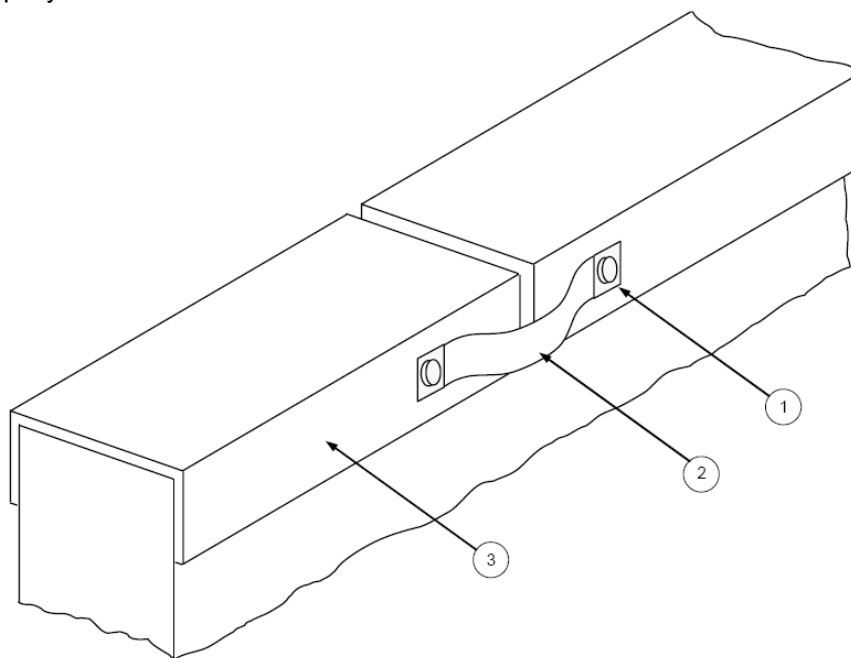
При использовании вертикальных проводников следует принимать во внимание зону, которую можно достать рукой. Необходимый безопасный зазор обеспечивают с использованием либо барьеров, либо проволочного ограждения.

На входах должны помещаться знаки, предупреждающие об опасности ударов молнии во время грозы.

Если крыша покрыта слоем асфальта толщиной не менее 5 см, то контактное и шаговое напряжения можно не учитывать. Кроме того, шаговые напряжения можно не принимать во внимание, если крыша сделана из армированного бетона с соединенной между собой стальной арматурой с непрерывностью, соответствующей 4.3 настоящего предстандарта.

Е.5.2.4.2.2 Здания с плоской крышей, изготовленной из бетона со стальным армированием, с крышами, недоступными для посторонних

На плоской крыше, недоступной для посторонних, на которой размещена система молниеприемника, проводники молниеприемника устанавливают так, как показано на рисунке Е.27. Для кольцевого проводника выравнивания потенциала на крыше можно использовать металлическую обшивку крыши в соответствии с рисунком Е.24 и Е.30.



1 – антикоррозийное соединение; 2 – гибкий проводник; 3 – металлическое покрытие ограждения

Примечание – Чтобы избежать коррозии, особое внимание необходимо уделять выбору надлежащих материалов, конструктивных деталей с хорошей конструкцией и проводников шунтирования.

Рисунок Е.30 – Метод обеспечения электрической непрерывности на металлической обшивке ограждения

На рисунке Е.27 показан метод установки на крыше проводников сетки.

Если допускается временное механическое повреждение водонепроницаемого слоя на крыше здания, сетку молниеприемника, покрывающую плоский участок крыши, можно заменить естественными проводниками молниеприемника, состоящими из бетонных балок, армированных сталью, в соответствии с 5.2.4 настоящего предстандарта. Крепление проводников молниеприемника СМЗ на бетонной крыше является приемлемой альтернативой. Дождевая вода вызывает коррозию металлических армированных стержней, что может привести к повреждению. Если уменьшение механической прочности бетона из-за коррозии недопустимо, систему молниеприемника необходимо устанавливать и желательно соединять со стальным армированием, что предотвращает воздействие прямых ударов молнии на железобетонную конструкцию.

В соответствии с 5.2.5 настоящего предстандарта в качестве естественного компонента молниеприемника можно использовать металлическое покрытие, которое используется для механической защиты внешних стен, если отсутствует опасность воспламенения расплавленным металлом.

Кровли из проводящих листов, не отвечающих требованиям, приведенным в таблице 3, можно использовать в качестве проводников молниеприемника там, где допускается расплавление в точке поражения ударов молнии. В противном случае токопроводящее покрытие крыши должно быть защищено системой молниеприемника достаточной высоты (см. рисунки E.20 и E.26). В этом случае применяют метод катящейся сферы. Для соответствия данному методу размер ячейки должен быть меньше, опоры должны быть выше, чем для обычной сетки системы молниеприемника.

Если используются изоляционные опоры, то необходимо выполнять указанные в 6.3 настоящего предстандарта условия для безопасного расстояния до проводящего пластинчатого покрытия. Если используются токопроводящие опоры, то соединение с кровлей должно выдерживать частичный ток молнии (см. рисунок E.29).

На рисунке E.24 показан пример естественного молниеприемника, использующего ограждение крыши в качестве проводника молниеприемника на краю крыши.

Если допускается возникновение временного повреждения фасада и падение со здания раздробленных бетонных частей размером до 100 мм, то согласно 5.2 настоящего предстандарта кольцевой проводник на крыше можно заменить естественным кольцевым проводником, состоящим из стальной арматуры в бетоне.

Однако металлические элементы, которые не удовлетворяют условиям молниеприемников, упоминаемых в 5.2.5 настоящего предстандарта, могут использоваться для соединения различных элементов, проводящих ток молнии в пределах участка крыши.

E.5.2.4.2.3 Обеспечение соответствующего экранирования здания

Внешние стены и крыша здания могут использоваться в качестве электромагнитного экрана для защиты электрического оборудования и оборудования обработки информации в пределах здания (см. приложение B IEC 62305-2 и IEC 62305-4).

На рисунке E.27 показан пример железобетонного здания, в котором в качестве токоотводов и электромагнитного экранирования используется стальная арматура. Более подробную информацию см. в IEC 62305-4.

В пределах зоны системы молниеприемника на крыше все токопроводящие части, в которых по крайней мере один размер превышает 1 м, должны соединяться между собой, чтобы образовалась сетка. Экран в виде сетки соединяют с системой молниеприемника на краю крыши и также в других точках крыши в соответствии с 6.2 настоящего предстандарта.

На рисунках E.24 и E.30 показана конструкция молниеприемников на зданиях с проводящим каркасом, использующих ограждение крыши в качестве естественного молниеприемника и стальной каркас в качестве естественных токоотводов.

На рисунках E.30 показан пример того, как обеспечить электрическую непрерывность естественных компонентов в СМЗ.

В результате снижения размера сетки стальных конструкций, сравниваемого с таблицей 2 настоящего предстандарта, ток молнии распространяется по нескольким параллельным проводникам, что приводит к низкому электромагнитному импедансу, в результате чего согласно 6.3 настоящего предстандарта безопасные расстояния сокращаются и становится проще обеспечивать необходимые безопасные расстояния между установками и СМЗ.

В большинстве зданий крыша является наименее экранированной частью этого здания, поэтому особое внимание нужно уделять повышению эффективности экранирования конструкций крыш.

Если в крыше какие-либо конструкционные элементы отсутствуют, то экранирование можно улучшить путем уменьшения прокладки проводников крыши.

E.5.2.4.2.4 Защита заделанных заподлицо или выступающих конструктивных деталей крыши без проводящих установок

Стержневые молниеприемники для защиты металлических, заделанных заподлицо или выступающих конструктивных деталей, имеющих на крыше, должны быть такой высоты, чтобы защищаемое приспособление полностью находилось в защищенном пространстве катящейся сферы стержня молниеприемника или в пределах конуса защитного угла в соответствии с таблицей 2 настоящего предстандарта. Безопасное расстояние между стержневыми молниеприемниками и конструктивными деталями крыши должно быть таким, чтобы удовлетворялось требование к условию приближения, указанному в 6.3 настоящего предстандарта.

На рисунке E.29 показан пример защиты конструктивной детали крыши стержневыми молниеприемниками с использованием метода защитного угла. Значение защитного угла должно соответствовать уровню защиты СМЗ, указанному в таблице 2 настоящего предстандарта.

Металлические конструктивные детали крыши, не защищенные стержнями молниеприемника, не требуют дополнительной защиты, если их размеры не превышают следующих значений:

- высоты над уровнем крыши 0,3 м;
- общей площади надстройки 1,0 м²;
- длины надстройки 2,0 м.

Непроводящие конструктивные детали крыши, которые не находятся в пределах пространства, защищаемого стержневым молниеприемником, и которые выступают более чем на 0,5 м над поверхностью, образуемой системой молниеприемника, не требуют дополнительной защиты от проводников молниеприемника.

Проводящие установки, например электрические проводники или металлические трубы, которые выводятся из заделанных заподлицо конструктивных деталей крыши во внутреннее пространство здания, могут проводить в него значительную часть тока молнии. Там, где такие проводящие соединения имеются, выступающие конструктивные детали на поверхности крыши должны защищаться системами молниеприемника. Если защита с помощью системы молниеприемника не представляется возможной или не является рентабельной, изолированные части, длина которых по крайней мере в два раза превышает безопасное расстояние, могут устанавливаться в проводящих установках (например, в трубопроводах сжатого воздуха).

Трубы из изоляционного материала должны быть защищены с помощью стержней или колец молниеприемников, если они не находятся в защищаемом пространстве системы молниеприемника. Стержень молниеприемника на трубе должен быть такой высоты, чтобы вся труба находилась в защищенном пространстве стержня.

Удар молнии в незащищенную трубу возможен в случае, когда она не находится в пределах защищенного пространства системы молниеприемника, вследствие того, что внутренняя поверхность трубы покрыта слоем сажи, обладающей проводимостью, так, что даже при отсутствии дождя она способна проводить ток стримера в искровом разряде большой длины.

На рисунке E.23b показана конструкция стержня молниеприемника на трубе из изоляционных кирпичей.

Металлические конструктивные детали крыши должны соединяться с системой молниеприемника, если нельзя обеспечить необходимый зазор для соответствия безопасного расстояния согласно 6.3 настоящего предстандарта.

E.5.2.4.2.5 Защита конструктивных деталей крыши, ограждающих оборудование обработки информации

Все конструктивные детали на крыше из изоляционного или проводящего материала, которые содержат электрическое оборудование и оборудование для обработки информации, должны находиться в пределах защищенного пространства системы молниеприемника.

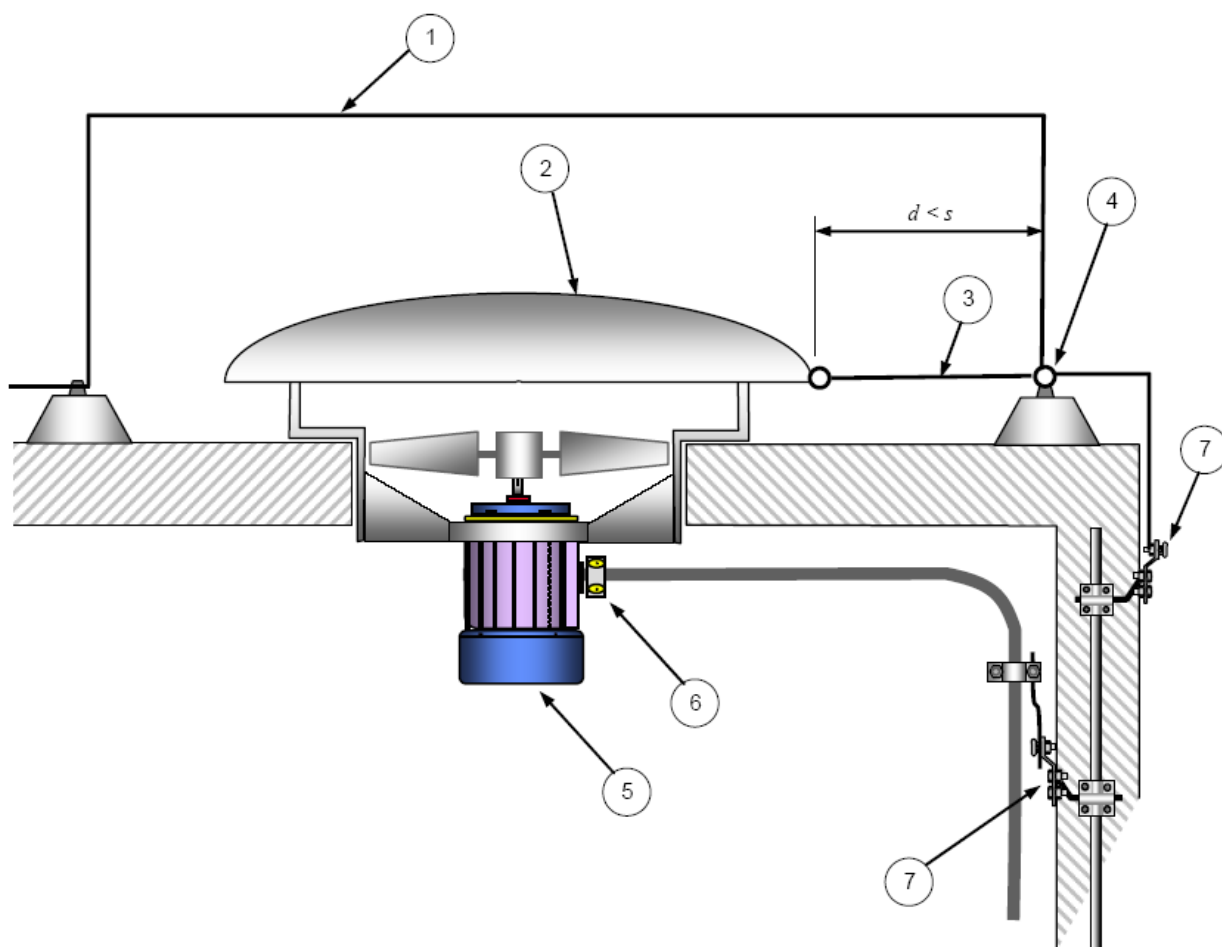
Прямой удар в оборудование, установленное внутри защищенного пространства системы молниеприемника, является маловероятным.

Прямой удар в конструктивную деталь крыши может привести не только к разрушению, но также может вызвать серьезное повреждение подсоединенному электрическому и электронному оборудованию не только в конструктивных деталях крыши, а также внутри здания.

Конструктивные детали крыши на стальных конструкциях должны также находиться в защищенном пространстве системы молниеприемника. В этом случае проводники молниеприемника должны крепиться не только к системе молниеприемника, но также непосредственно к стальной арматуре, если это возможно. Если они прикреплены к зданию, то для них не нужно соблюдать безопасное расстояние.

Требования к конструктивным деталям крыши также применимы и к конструктивным деталям, установленным на вертикальных поверхностях, по которым может ударять молния, т. е. тех, которых может коснуться катящаяся сфера.

На рисунках E.29 и E.30 показаны примеры конструкций молниеприемника, которые защищают конструктивные детали крыши из проводящего и изоляционных материалов, ограждающие электроустановки. Рисунок E.31 используют в случае, если нельзя обеспечить безопасное расстояние s .



1 – проводник молниеприемника; 2 – металлическое покрытие; 3 – проводник выравнивания потенциала; 4 – горизонтальный проводник молниеприемника; 5 – электрооборудование; 6 – электрическая коробка выводов с УЗП; 7 – соединение выравнивания потенциала с проводящими элементами здания

Примечание – Ограждаемое электрооборудование соединяется с системой молниеприемника и с проводящими элементами здания в соответствии с Е.5.2.4.2.6 через экран из металлического кабеля, выдерживающий значительную часть тока молнии.

Рисунок Е.31 – Металлическая конструктивная деталь крыши, защищенная от прямого улавливания молнии, соединенная с системой молниеприемника

Примечание – Если конструктивным деталям необходима дополнительная защита, на уровне крыши можно устанавливать УЗП на активных кабелях, соединенных с ними.

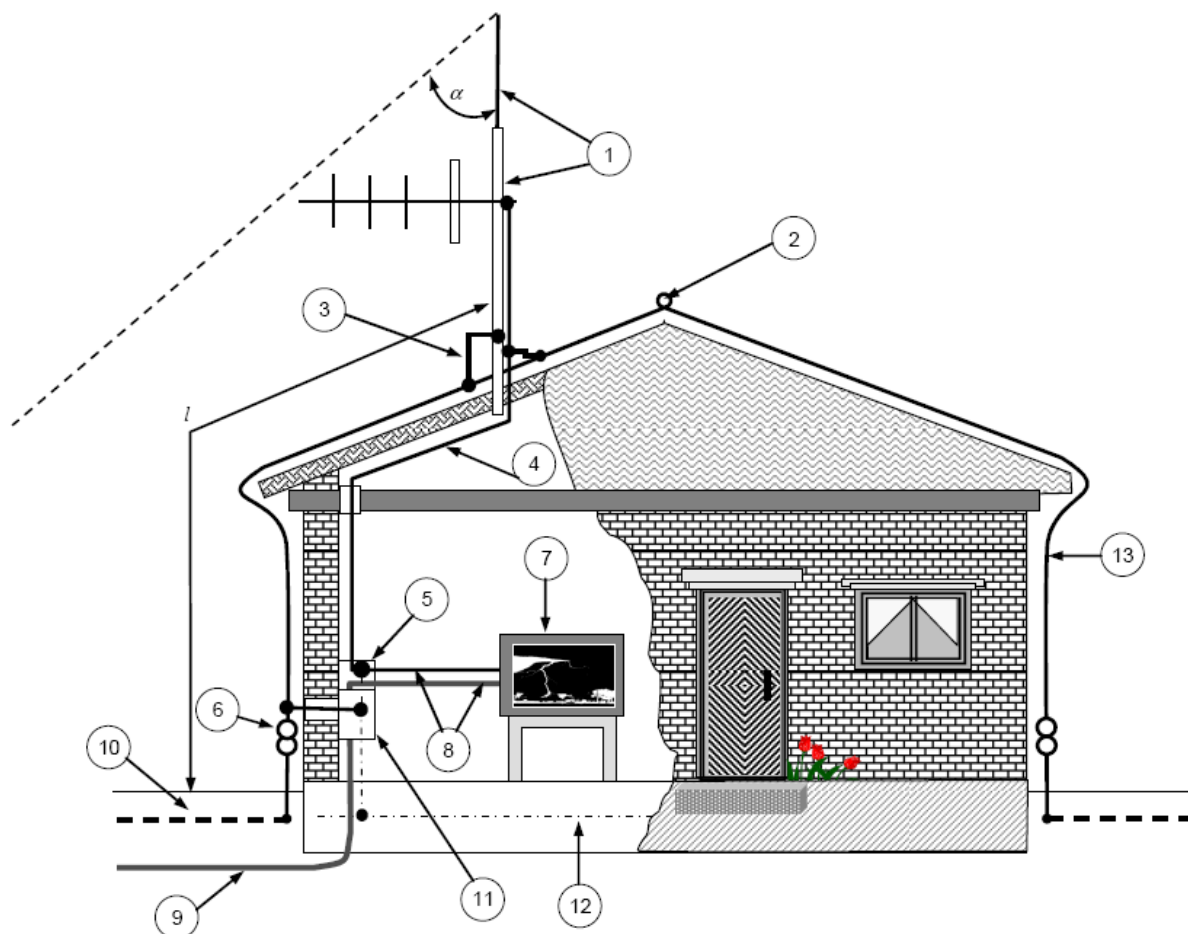
Необходимо обеспечивать требуемое безопасное расстояние по воздуху, а также через твердый материал ($k_m = 0,5$).

Е.5.2.4.2.6 Электроустановки, выступающие из защищаемого пространства

Мачты антенны на крыше здания должны быть защищены от прямых ударов молнии посредством установки этой мачты в уже защищенном пространстве или посредством установки изолированной внешней СМЗ.

Если это невозможно, мачту антенны соединяют с системой молниеприемника. После этого частичные точки молнии будут обрабатываться внутри защищаемой конструкции.

Желательно, чтобы кабель антенны входил в здание в общем входе для всех коммуникаций или возле основной шины выравнивания потенциала СМЗ. Проводящая оболочка кабеля антенны должна соединяться с системой молниеприемника на уровне крыши и с основной контактной шиной (см. рисунок Е.32).



- 1 – металлическая мачта; 2 – горизонтальный проводник молниеприемника на коньке крыши;
 3 – соединение между токоотводом крыши и металлическая мачта антенны; 4 – кабель антенны;
 5 – Основная контактная шина; металлический экран на кабеле антенны соединен с контактной шиной;
 6 – контрольный стык; 7 – ТВ; 8 – параллельный путь кабеля антенны и сетевой кабель;
 9 – сетевой кабель; 10 – система молниеприемника; 11 – основная электрическая
 распределительная коробка с УЗП; 12 – заземлитель фундамента; 13 – проводник СМЗ;
 l – длина безопасного расстояния; α – защитный угол

Примечание – Согласно 5.3.3 настоящего предстандарта для небольших домов достаточно использовать только два токоотвода.

Рисунок Е.32 – Пример конструкции молниезащиты дома с ТВ-антенной с использованием мачты в качестве стержня молниеприемника

Конструктивные детали, установленные на крыше, содержащие электрическое оборудование, должны соединяться с системой молниеприемника и проводящим экраном в соответствии с таблицей 9 настоящего предстандарта.

Рисунок Е. 31 является примером метода соединения находящейся на крыше конструктивной детали, имеющей проводящие части с электрической установкой и молниеприемником здания.

Е.5.2.4.2.7 Защита проводящих частей на крыше

Установленные на крыше токопроводящие элементы, стенки которых имеют недостаточную толщину и которые не могут выдержать удары молнии, а также токопроводящие покрытия крыши или другие части здания, не отвечающие требованиям к естественным СМЗ, в которые недопустимы удары молнии согласно 5.2.5 и таблице 3 настоящего предстандарта, должны быть защищены проводниками молниеприемника.

Для проектирования молниезащиты токопроводящих частей на крыше применяют метод катящейся сферы (см. рисунок Е.33).

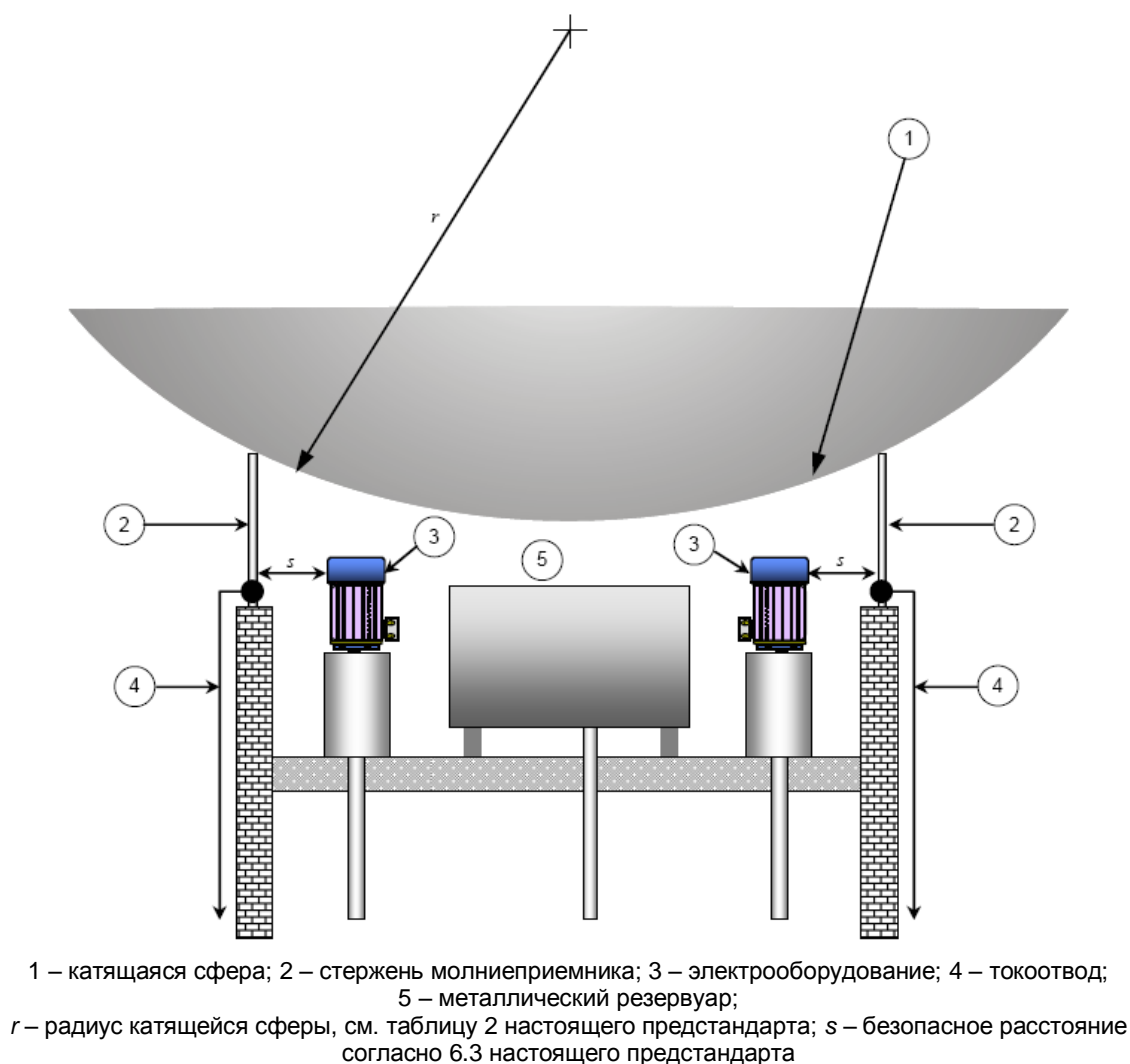


Рисунок Е.33 – Установка молниезащиты находящегося на крыше металлического оборудования от прямого удара молнии

На рисунке Е.31 показан пример проекта СМЗ, защищающей токопроводящую конструктивную деталь на крыше от прямого удара молнии, когда не может быть обеспечено безопасное расстояние s .

Е.5.2.4.2.8 Защита зданий, покрытых землей

Для зданий с земляной крышей, на которых редко присутствуют люди, можно использовать обычную СМЗ. Система молниеприемника должна быть сетчатой и устанавливаться на поверхности почвы, или должны использоваться несколько стержней молниеприемника, соединенных под землей сеткой, в соответствии с методом катящейся сферы или методом защитного угла. Если это невозможно, следует признать, что углубленная система молниеприемника без стержней или фиалов обеспечивает сниженную эффективность улавливания молнии.

Здания с земляной крышей со слоем земли 0,50 м, когда на нем постоянно присутствуют люди, требуют наличия сетчатой системы молниеприемника с сеткой размером 5 × 5 м для предотвращения опасных шаговых напряжений. Чтобы защитить людей на земле от прямых ударов молнии, могут также понадобиться стержни молниеприемника, соответствующие методу катящейся сферы. Эти стержни можно заменить естественными компонентами молниеприемника, например ограждениями, осветительными мачтами и т. д. Высота систем молниеприемника должна соотноситься с ростом человека 2,5 м наряду с необходимыми безопасными расстояниями (см. также рисунок Е.3).

При отсутствии сетчатой системы молниеприемника и стержней молниеприемника люди во время грозы могут подвергаться воздействию прямого удара молнии.

Меры защиты подземных сооружений, над которыми имеется слой земли высотой свыше 0,5 м, находятся в стадии рассмотрения. Поскольку эти исследования еще не завершены, рекомендуется использовать те же самые меры, что и для слоев земли высотой до 0,5 м.

Для подземных сооружений, содержащих взрывоопасные материалы, требуется использовать дополнительную СМЗ. Такой дополнительной СМЗ может быть изолированная СМЗ, устанавливаемая над сооружением. Системы заземления обеих защитных мер должны соединяться между собой.

Е.5.2.5 Естественные компоненты

На зданиях с плоскими крышами металлическое покрытие ограждения крыши является типичным естественным компонентом сети молниеприемника СМЗ. Такое покрытие включает выступающие или изогнутые части из алюминия, оцинкованной стали или меди U-образной формы, которые защищают верхнюю поверхность ограждения крыши от воздействия погодных условий. Для такой установки должна применяться минимальная толщина, указанная в таблице 3 настоящего предстандарта.

Проводники молниеприемника, проводники на поверхности крыши и токоотводы должны соединяться с покрытием ограждения крыши. На стыках между секциями панелей, покрывающих ограждения, обеспечивают токопроводящее шунтирование, если между ними отсутствует надежная связь.

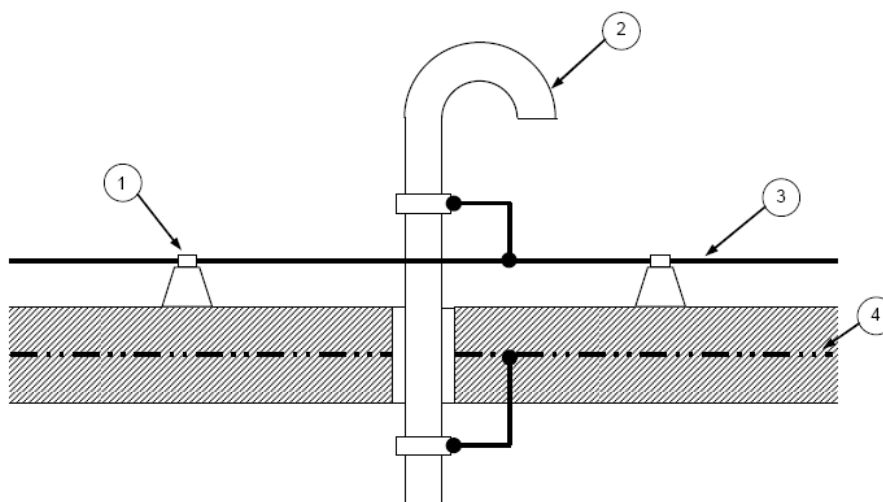
На рисунке Е.24 показан пример конструкции молниеприемника, использующей проводящее покрытие ограждений в качестве естественного проводника молниеприемника СМЗ.

Токопроводящие части, например металлические резервуары, металлические трубы и ограждения, установленные на поверхности крыши или выступающие над ней, следует рассматривать в качестве естественных проводников системы молниеприемника при условии, что толщина их стенок соответствует значениям таблицы 3 настоящего предстандарта.

Резервуары и трубопровод, в которых содержится газ или жидкости под высоким давлением или огнеопасный газ или жидкости, не должны использоваться в качестве естественных молниеприемников. Если этого избежать нельзя, то при проектировании трубопровода следует принимать во внимание тепловые воздействия тока молнии.

Токопроводящие части над поверхностью крыши, например металлические резервуары, часто соединяются естественно с оборудованием, установленным в здании. Для предотвращения электрической проводимости полного тока молнии через здание между такими естественными компонентами СМЗ и сеткой молниеприемника необходимо обеспечить хорошее соединение.

На рисунке Е.34 показан пример, подробно отображающий соединение установленных на крыше проводящих конструктивных деталей с проводниками молниеприемника.



1 – крепление проводника молниеприемника; 2 – металлическая труба;
3 – горизонтальный проводник молниеприемника; 4 – стальная арматура в бетоне

Примечание 1 – Стальная труба должна отвечать требованию 5.2.5 и таблице 6 настоящего предстандарта, проводник выравнивания потенциала должен отвечать таблице 6 настоящего предстандарта, а арматура – требованию 4.3 настоящего предстандарта.

Проводник выравнивания потенциала на крыше должен быть водонепроницаемым.

Примечание 2 – В данном конкретном случае обеспечивается крепление с арматурой железобетонного здания.

Рисунок Е.34 – Соединение естественного стержня молниеприемника с его проводником

Токопроводящие части над поверхностью крыши, например металлические резервуары и стальные арматурные стержни бетона, должны соединяться с сетью молниеприемника.

Если прямой удар молнии в находящуюся на крыше токопроводящую часть недопустим, то эту часть устанавливают внутри защищенного пространства системы молниеприемника.

Токопроводящие покрытия на фасадах и на других частях зданий, в которых риск пожара является ничтожным, должны обрабатываться в соответствии с 5.2.5 настоящего предстандарта.

На рисунке Е.35 показан пример токопроводящего шунтирования (conductive bridging) между металлическими фасадными панелями, доступными в этих установках, в которых панели должны использоваться в качестве естественных токоотводов. Применяют два метода: шунтирование с помощью гибких металлических полос и шунтирование самонарезающими винтами. В случаях, когда панели используют в качестве естественных заземляющих электродов, можно использовать шунтирование только гибкими металлическими полосками. Шунтирование самонарезающими винтами подходит только для целей экранирования [защита от электромагнитных импульсов от грозовых разрядов (LEMP)].

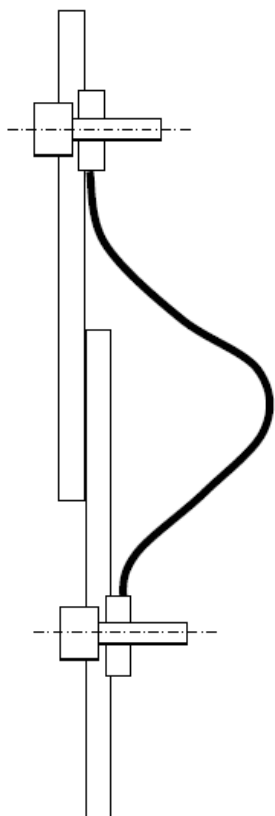


Рисунок Е.35а – Шунтирование гибкими металлическими полосами

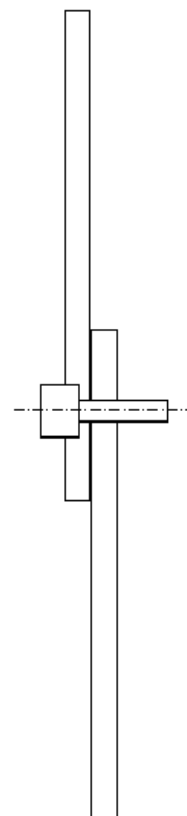


Рисунок Е.35б – Шунтирование гибкими самонарезающими винтами

Примечание – Электропроводящие перемычки шунтирования, в частности защита от электромагнитных импульсов от грозовых разрядов (LEMP). Более подробную информацию о защите от электромагнитных импульсов от грозовых разрядов можно найти в IEC 62305-4.

Рисунок Е.35 – Конструкция шунтирования между участками металлических фасадных панелей

Е.5.2.6 Изолированный молниеприемник

Мачты молниеприемника, прилегающие к защищаемым зданиям или оборудованию, предназначены для минимизации вероятности ударов молнии в пределах их зоны защиты, когда установлена изолированная СМЗ.

Если установлено несколько мачт, их можно соединять между собой с помощью воздушных тросов, а приближенность установок к СМЗ должна соответствовать требованиям 6.3 настоящего предстандарта.

Соединения воздушного провода между мачтами увеличивает защищаемое пространство и также распределяет ток молнии по нескольким путям токоотводов. В результате этого падение напряжения вдоль СМЗ и электромагнитные помехи в защищаемом пространстве являются ниже, чем в случае отсутствия воздушных тросов.

Напряженность электромагнитного поля в здании снижается по причине большего расстояния между установками в здании и СМЗ. Изолированную СМЗ можно также применять для здания из железобетона, который усиливает электромагнитное экранирование. Однако использование конструкции изолированной СМЗ практикуется не для всех зданий.

Изолированные системы молниеприемника, выполненные из натянутых тросов на изолированных опорах, применяются там, где нужно защитить большое количество выступающих конструктивных деталей на поверхности крыши. Изоляция опор должна соответствовать напряжению, рассчитанному из безопасного расстояния в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта.

Е.5.3 Системы токоотводов

Е.5.3.1 Общие положения

При выборе количества и положения токоотводов следует принимать во внимание то, что если ток молнии распределяется по нескольким токоотводам, риск бокового удара и возникновения электромагнитных помех внутри здания снижается. Из этого следует, что по мере возможности токоотводы должны размещаться равномерно по периметру здания и с симметричной конфигурацией.

Распределение тока улучшается не только за счет увеличения количества токоотводов, но также за счет соединенных между собой колец выравнивания потенциала.

Токоотводы должны размещаться (по возможности) на расстоянии от внутренних цепей и металлических элементов, чтобы избежать необходимости эквипотенциального соединения с СМЗ.

Следует помнить о том, что:

- токоотводы должны быть как можно более короткими, чтобы обеспечить (по возможности) наименьшую индуктивность;
- типичное расстояние между токоотводами указано в таблице 4 настоящего предстандарта;
- конфигурация токоотводов и соединенных между собой колец выравнивания потенциала влияет на значение безопасного расстояния (см. 6.3 настоящего предстандарта);
- в зданиях с навесами безопасное расстояние также следует оценивать с учетом риска бокового удара молнии в людей (см. Е.4.2.4.2 настоящего предстандарта).

Если установить токоотводы на боковой стороне здания невозможно по причине практических или архитектурных ограничений, токоотводы, которые должны находиться на этой стороне, следует устанавливать на других сторонах здания как дополнительные компенсирующие токоотводы. Расстояние между этими токоотводами должно быть не менее 1/3 расстояний, указанных в таблице 4 настоящего предстандарта.

Допускается изменение в расстоянии токоотводов $\pm 20\%$, если среднее расстояние соответствует таблице 4 настоящего предстандарта.

В закрытых внутренних дворах, периметр которых превышает 30 м, необходимо устанавливать токоотводы. Типичные значения расстояния между токоотводами даны в таблице 4 настоящего предстандарта.

Е.5.3.2 Количество токоотводов для изолированных систем молниезащиты

Дополнительная информация отсутствует.

Е.5.3.3 Количество токоотводов для неизолированных систем молниезащиты

Дополнительная информация отсутствует.

Е.5.3.4 Конструкция

Е.5.3.4.1 Общая информация

Внешние токоотводы устанавливают между системой молниеприемника и системой заземления. Если используются естественные элементы здания, то их можно использовать в качестве токоотводов.

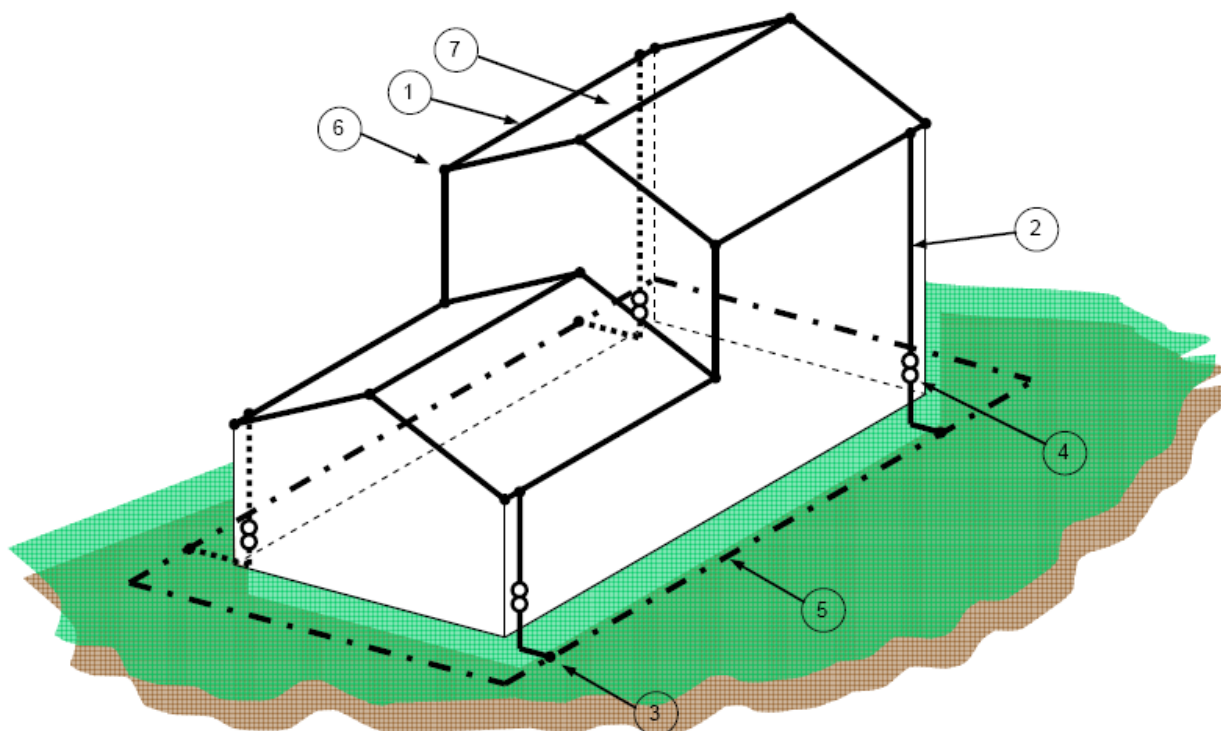
Если безопасное расстояние между токоотводами и внутренними установками, рассчитанное на основании расстояния токоотвода согласно таблице 4 настоящего предстандарта, является слишком большим, то количество токоотводов должно быть увеличено, чтобы соответствовать требованию к безопасному расстоянию.

Системы молниеприемника, системы токоотводов и системы заземления должны быть гармонизированы для обеспечения кратчайшего возможного пути для тока молнии.

Токоотводы желательно соединять со стыками сети системы молниеприемника, и они должны проходить вертикально этим стыкам.

Если нельзя выполнить прямое соединение по причине больших навесов крыши и т. д., соединение системы молниеприемника и токоотвода должно быть кратчайшим и не проходить через естественные компоненты (например, водосточные трубы и т. д.).

На рисунке Е.36 показан пример внешней СМЗ для здания с разноуровневой крышей, а на рисунке Е.25 – пример проекта внешней СМЗ для здания высотой 60 м с плоской крышей, на которой расположены конструктивные детали.



- 1 – горизонтальный проводник молниеприемника; 2 – токоотвод; 3 – Т-образное антикоррозийное соединение;
 4 – контрольный стык; 5 – расположение заземления типа В, кольцевой заземляющий электрод;
 6 – Т-образное соединение на коньке крыши; 7 – размер ячейки сетки

Примечание – Расстояния между токоотводами должны отвечать требованиям 5.2, 5.3 и таблице 4 настоящего предстандарта.

Рисунок Е.36 – Установка внешней системы молниезащиты на здании из изолированного материала с разноуровневой крышей

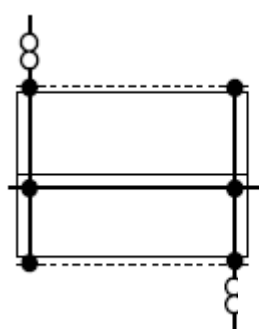


Рисунок E.37a

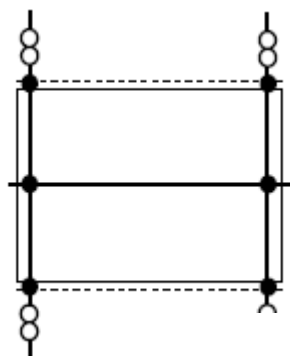


Рисунок E.37b

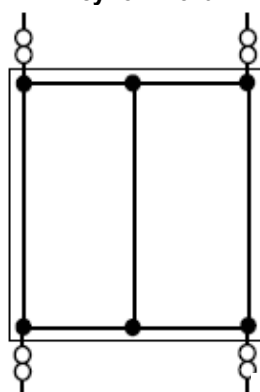


Рисунок E.37c

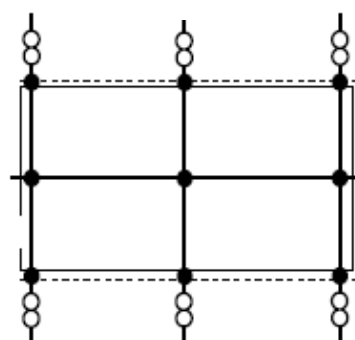


Рисунок E.37d

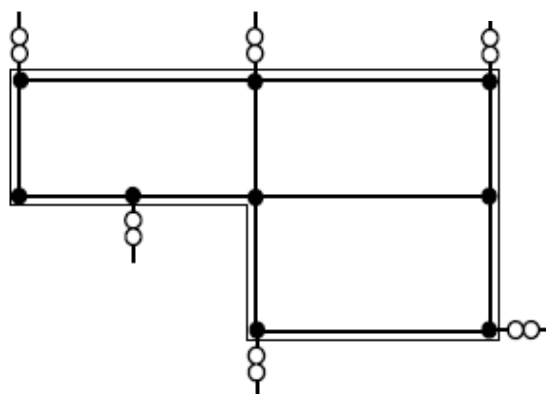


Рисунок E.37e

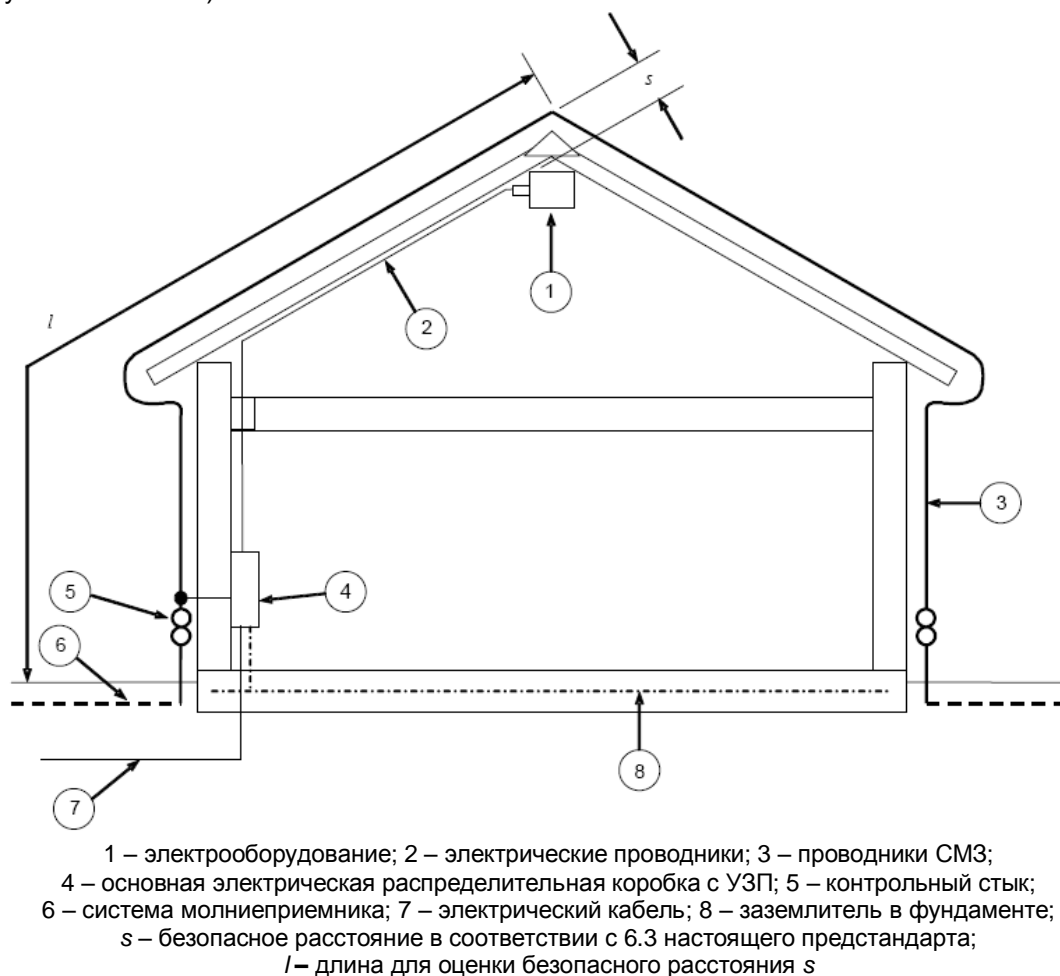
- – естественные компоненты СМЗ, например водосточные трубы;
- – проводники СМЗ;
- – контрольный стык;
- – стык

Примечание – Расстояние между токоотводами и размер сетки должны соответствовать выбранному уровню защиты от молнии согласно таблицам 2 и 4 настоящего предстандарта.

Рисунок E.37 – Примеры конфигурации проводников системы молниезащиты

Если увеличивается количество токоотводов, безопасное расстояние может сокращаться в соответствии с коэффициентом k_c (см. 6.3 настоящего предстандарта).

Согласно 5.3.3 настоящего предстандарта на здании устанавливают как минимум два токоотвода (см. рисунки Е.38 и Е.36).



Примечание – Пример показывает проблемы, связанные с электросиловым оборудованием и иными установками, находящимися в пространстве крыши здания

Рисунок Е.38 – Конструкция системы молниезащиты, использующая только два токоотвода и заземлители в фундаменте

Для высоких зданий, например высотных многоквартирных домов, и в частности промышленных и административных зданий, содержащих стальные несущие каркасы или сталежелезобетонные каркасы или в которых используют сталежелезобетон, токопроводящие компоненты здания можно использовать в качестве естественных токоотводов.

Полный импеданс СПЗ для таких зданий является довольно низким, и они обеспечивают очень эффективную защиту внутренних установок. В частности, в качестве токоотводов желательно использовать токопроводящие поверхности стен. Этими поверхностями могут являться армированные элементы, при условии, что они соединены и связаны между собой в соответствии с требованием 5.3.5 настоящего предстандарта.

На рисунке Е.4 представлено детальное описание надлежащей конструкции СПЗ, использующей естественные компоненты СПЗ, например стальная арматура.

Использование естественных компонентов, содержащих строительные конструкции, уменьшает падение напряжения между системой молниеприемника и системой заземления, а также электромагнитные помехи, вызываемые током молнии в здании.

Если система молниеприемника соединена с проводящими частями колонн в строительном комплексе и с эквипотенциальным соединением на уровне земли, часть тока от молнии протекает через эти внутренние токоотводы. Магнитное поле этого частичного тока молнии влияет на соседнее оборудо-

дование и должно рассматриваться при проектировании внутренней СМЗ и электрических и электронных установок. Величина этих частичных токов зависит от размеров здания и от количества колонн, если допустить, что форма кривой тока повторяет форму кривой тока молнии.

Если система молниеприемника изолирована от внутренних колонн, то никакой ток не протекает через колонны в комплексе здания при условии, что изоляция не нарушена. Если изоляция нарушена в каком-либо месте, то большая часть тока молнии может протекать через конкретную колонну или группу колонн. Крутизна тока может увеличиваться из-за уменьшенной виртуальной продолжительности фронта импульса, вызванного повреждением, и близлежащее оборудование подвергается воздействию в большей степени, чем в случае контролируемого соединения колонн с СМЗ здания.

На рисунке Е.10 показан пример конструкции внутренних токоотводов в большом железобетонном здании промышленного назначения. При планировании внутренней СМЗ следует рассматривать электромагнитную среду вблизи внутренних колонн.

Е.5.3.4.2 Неизолированные токоотводы

В зданиях со множественными токопроводящими частями на внешних стенах проводники молниеприемника и система заземления должны соединяться с проводящими частями здания во многих точках. Это сократит безопасное расстояние согласно 6.3 настоящего предстандарта.

В результате этих соединений проводящие части здания используются в качестве токоотводов, а также в качестве шин выравнивания потенциалов.

В целом в плоских зданиях (обычно промышленные конструкции, выставочные залы и т. д.), размеры которых в четыре раза превышают расстояние токоотводов, следует использовать дополнительные внутренние токоотводы приблизительно через каждые 40 м, где это возможно.

Все внутренние колонны и все внутренние разделительные стены с проводящими частями, например стержнями стальной арматуры, которые не соответствуют условиям безопасного расстояния, должны соединяться с системой молниеприемника (системой заземления) в соответствующих точках.

На рисунке Е.10 представлена СМЗ высокого здания с внутренними колоннами, выполненными из сталежелезобетона. Для предотвращения опасного искрения между различными проводящими частями здания арматура колонн соединяется с системой молниеприемника и системой заземления. В результате часть тока молнии будет протекать через эти внутренние токоотводы. Однако ток распределяется по многочисленным токоотводам и имеет приблизительно ту же кривую, что и ток разряда молнии, при этом крутизна кривой уменьшается. Если эти соединения не выполнены и происходит искрение, то ток может протекать только по одному или нескольким внутренним токоотводам.

Форма сигнала тока пробоя будет значительно круче, чем тока от молнии, поэтому напряжение, возникающее в соседних петлях, значительно увеличится.

Для таких зданий особенно важно до начала проектирования здания скоординировать проект самого здания, а также проект СМЗ так, чтобы проводящие части здания можно было использовать для молниезащиты. Посредством скоординированного проекта можно создать высокоэффективную СМЗ с наименьшими затратами.

Защиту людей от молнии на выступающем верхнем этаже, например навесном верхнем этаже, проектируют в соответствии с 4.2.4.2 настоящего предстандарта и рисунком Е.3.

Е.5.3.4.3 Изолированные токоотводы

Если по архитектурным соображениям токоотводы нельзя разместить на поверхности, их следует устанавливать на открытых щелях в кирпичной кладке. В этом случае необходимо обеспечивать безопасное расстояние, в соответствии с требованием 6.3 настоящего предстандарта, между токоотводом и металлическими элементами внутри здания.

Не рекомендуется устанавливать токоотводы непосредственно на внешней штукатурке, потому что она может разрушаться в результате теплового расширения. Кроме того, в результате химической реакции штукатурка может выцветать. Разрушение штукатурки вероятнее всего может происходить в результате повышения температуры и механических сил, вызываемых током молнии; проводники с покрытием из ПВХ предотвращают образование пятен.

Е.5.3.5 Естественные компоненты

Для увеличения общего количества параллельных проводников тока рекомендуется использовать естественные компоненты, поскольку это уменьшает падение напряжения в системах токоотводов и сокращает электромагнитные помехи в здании. Однако следует гарантировать, что такие токоотводы являются электрически непрерывными по всему пути между системой молниеприемника и системой заземления.

Стальную арматуру в бетонных стенах используют в качестве естественного компонента СМЗ, как показано на рисунке Е.27.

Стальную арматуру в новых построенных зданиях следует рассматривать в соответствии с Е.4.3. Если нельзя гарантировать электрическую непрерывность естественных токоотводов, то устанавливают обычные токоотводы.

Для зданий с пониженными требованиями к защите в качестве токоотвода можно использовать металлическую водосточную трубу, которая удовлетворяет условиям естественных токоотводов в соответствии с 5.3.5 настоящего предстандарта.

На рисунках Е.23а, Е.23b и Е.23с показаны примеры крепления проводников на крыше и токоотводов с соответствующими геометрическими размерами, а на рисунках Е.23с и Е.23d показаны соединения токоотвода с металлической водосточной трубой, токопроводящими желобами и проводником заземления.

В качестве естественных токоотводов могут использоваться арматурные стержни стен или бетонные колонны и стальные каркасные конструкции.

Металлический фасад или фасадное покрытие здания можно использовать в качестве естественного токоотвода, отвечающего требованию 5.3.5 настоящего предстандарта.

На рисунке Е.8 показана конструкция системы естественных токоотводов с металлическими элементами фасада и стальной арматурой в бетонных стенах в качестве исходной панели выравнивания потенциала, к которой подсоединены балки выравнивания потенциала внутренней СМЗ.

Соединения с системой молниеприемника следует устанавливать на верхней части покрытия стен, а с системой заземления – на нижней части с армированными стержнями бетонных стен, если это целесообразно.

Распределение тока в таких металлических фасадах является более устойчивым, чем в железобетонных стенах. Фасады из металлических листов содержат отдельные панели, обычно с трапециевидным сечением шириной от 0,6 до 1,0 м и длиной, соответствующей высоте здания. В высотных зданиях длина панели не соответствует высоте здания вследствие проблем с их транспортировкой. Во всем фасаде содержится множество секций, размещаемых одна над другой.

Для металлических фасадов максимальное тепловое расширение следует рассчитывать как разницу в длине, образуемой максимальной температурой металлического фасада под воздействием солнечного света приблизительно $\pm 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и минимальной температурой минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Разница температуры $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответствует тепловому расширению 0,24 % для алюминия и 0,11 % для стали.

Тепловое расширение панелей приводит к перемещению панелей к следующей секции или к конструктивным деталям.

Металлические соединения, например те, которые показаны на рисунке Е.35, способствуют равномерному распределению тока в металлических фасадах и снижают тем самым воздействие электромагнитного поля внутри здания.

Металлический фасад создает максимальное электромагнитное экранирование, если он является электрически непрерывным по всей своей зоне.

Высокой эффективности электромагнитного экранирования здания достигают тогда, когда постоянное соединение сопряженных металлических фасадов выполняется через достаточно небольшие промежутки.

Симметрия распределения тока непосредственно связана с количеством соединений.

Если к ослаблению экрана предъявляются строгие требования и в фасад встраиваются окна из сплошных полос, то эти окна должны шунтироваться с помощью проводников через короткие промежутки. Это можно сделать с помощью металлических оконных рам. Металлический фасад соединяют с рамой окна через короткие промежутки. Обычно каждый край соединяют с горизонтальной поперечной балкой оконной рамы через промежутки, не превышающие пространство вертикальных элементов конструкции окна. Необходимо избегать изгибов и обходов (см. рисунок Е.9).

Металлические фасады, включающие сравнительно малые элементы, не связанные между собой, не могут использоваться в качестве системы естественных токоотводов или электромагнитного экранирования.

Подробная информация о защите электроустановок и электроники в зданиях содержится в IEC 62305-4.

Е.5.3.6 Контрольный стык

Контрольные стыки упрощают измерение сопротивления системы заземления.

Контрольные стыки, отвечающие требованию 5.3.6 настоящего предстандарта, должны устанавливаться в соединениях токоотводов с системой заземления. Эти стыки упрощают определение посредством измерения соответствующего количества соединений с системой заземления. Благодаря этому можно подтвердить существование непрерывных соединений между контрольным стыком и системой молниеприемника или следующей контактной шиной. На высоких зданиях кольцевые проводники соединяются с токоотводами, которые могут устанавливаться в стене и быть невидимыми; их существование можно подтвердить только посредством электрического измерения.

На рисунках Е.39а – Е.39d показаны примеры конструкций контрольного стыка, который может устанавливаться на внутренней стене здания или в диагностическом блоке в земле за пределами здания (см. рисунок Е.39b). Чтобы можно было измерить непрерывность, некоторые проводники должны иметь изоляционные оболочки на критически важных участках.

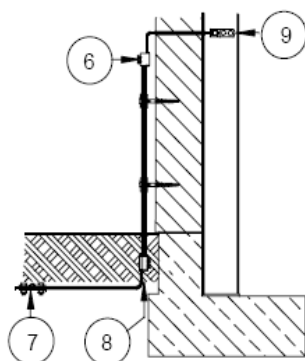


Рисунок Е.39а

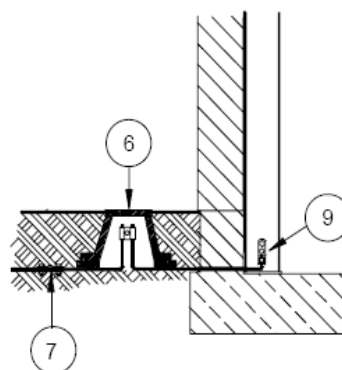


Рисунок Е.39b

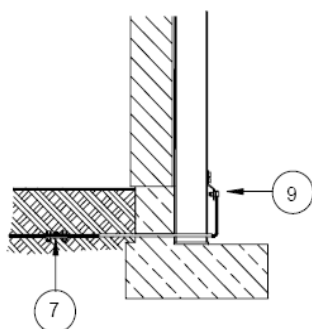


Рисунок Е.39с

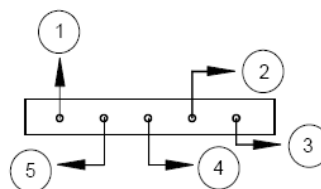


Рисунок Е.39d

Альтернатива 1 – Контрольный стык на стене

- 1 – токоотвод;
- 2 – заземляющий электрод типа В, если применимо;
- 3 – заземляющий электрод типа А, если применимо;
- 4 – заземляющий электрод в фундаменте;
- 5 – соединение с внутренней СМЗ;
- 6 – контрольный стык на стене;
- 7 – антикоррозийное Т-образное соединение в земле;
- 8 – антикоррозийное соединение в земле;
- 9 – соединение между молниеотводом и стальной балкой

Альтернатива 2 – Контрольный стык в полу

- 1 – токоотвод;
- 2 – заземляющий электрод типа А, если применимо;
- 3 – контактная шина внутренней СМЗ;
- 4 – кольцевой заземляющий электрод типа В;
- 5 – кольцевой заземляющий электрод типа В;
- 6 – контрольный стык в полу;
- 7 – антикоррозийное Т-образное соединение в земле;
- 8 – антикоррозийное соединение в земле;
- 9 – соединение между молниеотводом и стальной балкой

Примечание 1 – Контрольный стык, показанный на рисунке Е.39d, должен устанавливаться на внутренней или внешней стене здания или в диагностическом блоке в земле за пределами здания.

Примечание 2 – Чтобы можно было измерить сопротивление шлейфа, некоторые соединительные проводники должны иметь изоляционные оболочки вдоль критически важных участков.

Рисунок Е.39 – Примеры соединения заземления с системой молниезащиты зданий, использующих естественные токоотводы (балки) и изображения контрольного стыка

Целесообразно в случае соединений заземления со стальными колоннами через соединяющие проводники выполнять соединения от естественных токоотводов до заземляющих электродов посредством использования сегментов проводника и контрольных стыков. Необходимо устанавливать специальные контрольные заземляющие электроды, чтобы упростить проверку системы заземления СМЗ.

Е.5.4 Система заземления

Е.5.4.1 Общие положения

Проектировщик СМЗ и установщик СМЗ должны выбирать подходящие типы заземляющих электродов и размещать их на безопасных расстояниях от входов и выходов здания и от внешних токопроводящих элементов в почве. Проектировщик СМЗ и установщик СМЗ должны определять специальные условия в отношении защиты от опасного шагового напряжения вблизи сетей заземления, если они установлены в зонах, доступных для людей (см. раздел 8 настоящего предстандарта).

Глубина установки и тип заземляющих электродов должны быть такими, чтобы свести к минимуму воздействия коррозии, высыхания и промерзания почвы и тем самым стабилизировать эквивалентное сопротивление заземления.

В условиях сильного охлаждения (мороза) первый метр вертикального заземлителя не рекомендуется рассматривать как эффективный.

Глубокорасположенные в земле заземляющие электроды могут быть эффективными в тех случаях, когда сопротивление заземления снижается с увеличением глубины.

Там, где металлическая арматура бетона используется в качестве заземляющего электрода, особое внимание необходимо уделять межсоединениям, чтобы не допустить механического растрескивания бетона.

Если металлическая арматура также используется для защитного заземления, нужно проводить более строгое измерение толщины стержней и соединения. В этом случае следует выбирать арматурные стержни больших размеров. Постоянно следует признавать необходимость обеспечения коротких и прямых соединений для защитного заземления от молнии.

Примечание – При использовании предварительно напряженного бетона внимание уделяют последствиям прохождения токов разряда молнии, которые могут создавать недопустимые механические напряжения.

Е.5.4.2 Типы расположений заземляющего электрода

Е.5.4.2.1 Расположение типа А

Система заземления типа А подходит для одноэтажных зданий (например, дом для одной семьи), существующих конструкций или СМЗ со стержнями или многожильными тросами или для изолированной СМЗ.

Данный тип расположения включает горизонтальные или вертикальные заземлители, соединенные с каждым токоотводом.

Если используется кольцевой проводник, контактирующий с землей, который соединяет между собой токоотводы, расположение заземлителя по-прежнему классифицируется как расположение типа А, если кольцевой проводник соприкасается с землей не менее чем на 80 % своей длины.

При расположении типа А минимальное количество заземлителей должно быть два.

Е.5.4.2.2 Расположение типа В

Система заземления типа В используется для сетчатых систем молниеприемника и для СМЗ с несколькими токоотводами.

Данный тип расположения включает либо кольцевой заземлитель, устанавливаемый за пределами здания, соприкасающийся с землей не менее чем на 80 % своей длины, или заземляющий электрод в фундаменте.

Для лишенного растительности скалистого грунта рекомендуется использовать расположение заземления типа В.

Е.5.4.3 Конструкция

Е.5.4.3.1 Общие положения

Системы заземления должны выполнять следующие задачи:

- проведение тока молнии в землю;
- выравнивание потенциала между токоотводами;
- контроль потенциала вблизи проводящих стен здания.

Заземляющие электроды заземления в фундаменте и кольцевые заземлители типа В отвечают всем этим требованиям. Радиальные заземляющие электроды типа А или углубленные вертикальные заземлители не отвечают этим требованиям в отношении выравнивания потенциала и контроля потенциала.

Фундаменты здания из соединенного между собой армированного бетона должны использоваться в качестве заземляющих электродов фундамента. Они проявляют очень низкое сопротивление заземления и обеспечивают отличное выравнивание потенциала. Когда это невозможно, желательно использовать систему заземления в виде кольцевых заземляющих электродов типа В и устанавливать их вокруг здания.

Е.5.4.3.2 Заземляющие электроды в фундаменте

Заземляющий электрод фундамента, который отвечает требованию 5.4.4 настоящего предстандарта, включает проводники, которые устанавливаются в фундаменте здания под землей. Длину дополнительных заземляющих электродов определяют по схеме рисунка 2 настоящего предстандарта.

Заземляющие электроды в фундаменте устанавливают в бетоне. Если бетон имеет соответствующую конструкцию и закрывает заземляющий электрод в фундаменте не менее чем на 50 мм, он защищен от коррозии, что является его преимуществом. Следует также помнить, что армированные стальные стержни в бетоне создают ту же величину гальванического потенциала, что и медные проводники в почве. Это дает хорошее инженерное решение для проектирования систем заземления зданий из железобетона (см. Е.4.3).

Металлы, используемые для заземляющих электродов, должны соответствовать материалам, перечисленным в таблице 7 настоящего предстандарта, а поведение металла в отношении коррозии в почве всегда нужно учитывать. Некоторые требования даны в 5.6 настоящего предстандарта. Если какие-либо требования, касающиеся конкретного типа почвы, отсутствуют, то используют опыт соседних предприятий, использующих системы заземления, если почва имеет аналогичные химические свойства и консистенцию. После того как траншеи для заземляющих электродов будут засыпаны, внимание следует уделять тому, чтобы рядом с заземляющими электродами не находилось пыли от золы, кусков угля или строительного мусора.

Другая проблема возникает из электрохимической коррозии вследствие гальванических токов. Сталь в бетоне имеет почти тот же самый гальванический потенциал в электрохимическом ряду, что и медь в почве. Когда сталь в бетоне соединяется со сталью в почве, напряжение гальванического напряжения величиной приблизительно 1 В вызывает коррозионный ток, протекающий через почву и сырой бетон, который разрушает сталь в почве.

В качестве заземляющих электродов в почве используют медные проводники или проводники, изготовленные из нержавеющей стали, которые соединяются со сталью в бетоне.

В ленточном фундаменте по периметру здания следует устанавливать металлический проводник в соответствии с таблицей 7 настоящего предстандарта или оцинкованную стальную ленту и направлять их соединительными выводами вверх к обозначенным конечным точкам контрольных стыков токоотводов.

Прокладку проводников, направленных вверх и соединенных с токоотводами, производят в кирпичной кладке, штукатурке или стене. Стальные соединительные выводы, установленные в стене, могут проходить сквозь бумагу, пропитанную асфальтом, которую обычно прокладывают между фундаментом и кирпичной стеной. Пробивка барьера от влажности в этой точке, как правило, не доставляет каких-либо проблем.

Водонепроницаемый слой под фундаментом здания для снижения влажности в подвальных перекрытиях обеспечивает устойчивую электрическую изоляцию. Заземляющий электрод устанавливают под фундаментом (под бетон). На проектирование системы заземления необходимо заключать договор со строительной компанией.

Там, где уровень грунтовой воды высокий, фундамент здания должен быть изолирован от подпочвенной воды. На внешней поверхности фундамента следует использовать герметичный водозащитный слой, который также обеспечивает электрическую изоляцию. Практически установка такого водонепроницаемого фундамента заключается в заливке слоя бетона толщиной приблизительно 10 – 15 см на дно котлована, на который укладывают изоляцию, а затем устанавливают бетонный фундамент.

Заземляющий электрод в фундаменте, состоящий из сети с размером ячейки, не превышающим 10 м, устанавливают в слое чистого бетона на дне котлована.

Согласно таблице 7 настоящего предстандарта проводник должен соединять сетчатое заземление с арматурой фундамента, кольцевыми заземлителями и токоотводами за пределами барьера влаж-

ности. Если допускается, можно использовать водонепроницаемые проходные изоляторы, проходящие сквозь изоляцию.

Если строительная компания запрещает прокладку проводника сквозь слой изоляции, то следует сделать соединения с выводом заземления за пределами здания.

На рисунке Е.40 показаны примеры установки заземляющих электродов в фундаменте на здании с водонепроницаемым фундаментом во избежание пробоя барьера влажности.

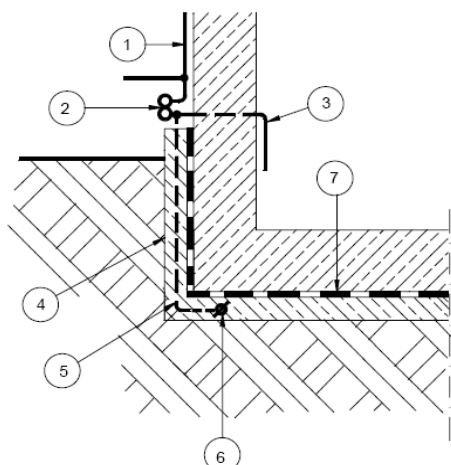


Рисунок Е.40а – Изолированный фундамент с заземляющим электродом в фундаменте в неармированном бетонном слое под битумной изоляцией

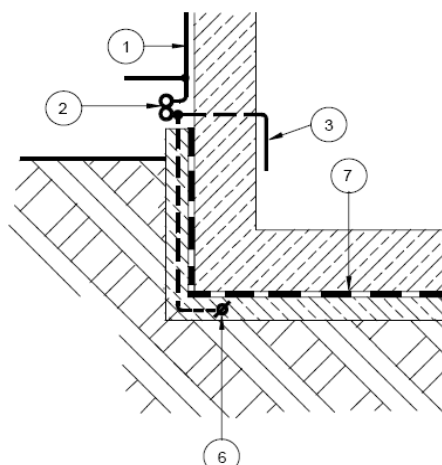


Рисунок Е.40b – Изолированный фундамент с проводником заземлителя, частично проходящим через землю

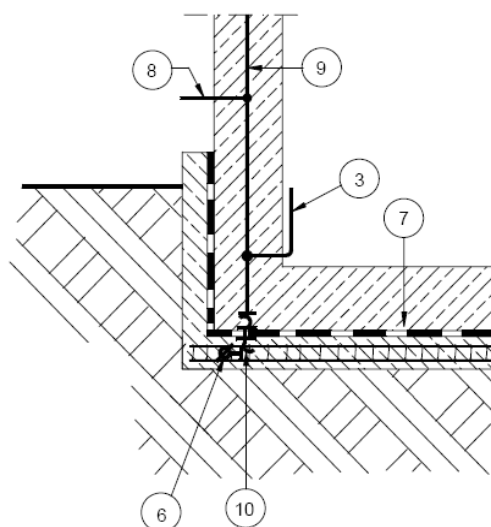


Рисунок Е.40с – Соединение проводника из заземляющего электрода в фундаменте с контактной шиной, проходящей через слой битумной изоляции

- | | |
|---|--|
| 1 – токоотвод; | 7 – битумная изоляция, герметичный изоляционный слой; |
| 2 – контрольный стык; | 8 – соединительный проводник между стальным армированием и контрольным стыком; |
| 3 – соединяющий проводник к внутренней СМЗ; | 9 – стальная арматура в бетоне; |
| 4 – неармированный слой бетона; | 10 – пробой водонепроницаемого битумного слоя |
| 5 – соединительный проводник СМЗ; | |
| 6 – заземляющий электрод в фундаменте; | |

Примечание – Необходимо разрешение строительной организации.

Рисунок Е.40 – Конструкция заземляющего кольца в фундаменте для зданий с различной конструкцией фундамента

Также приводят несколько решений подходящего соединения заземления на зданиях с изолированным фундаментом.

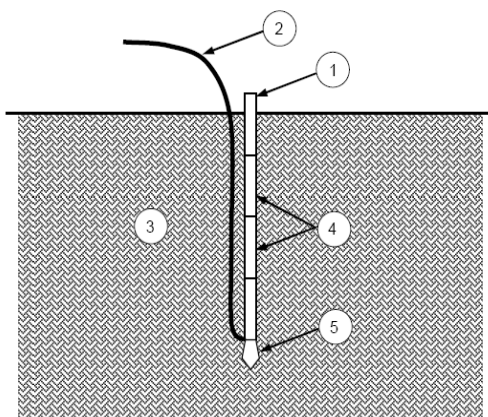
На рисунках Е.40а и 40b показаны соединения с внешней стороны изоляции без ее нарушения. На рисунке Е40с показан проходной изолятор, проходящий сквозь изоляцию.

Е.5.4.3.3 Тип А. Радиальные и вертикальные заземляющие электроды

Радиальные заземляющие электроды должны соединяться с нижними концами токоотводов с использованием контрольных стыков. Радиальные заземляющие электроды могут завершаться вертикальными заземляющими электродами, если это целесообразно.

Каждый токоотвод должен иметь заземляющий электрод.

На рисунке Е.41 показан заземляющий электрод типа А, когда молниеотвод в соответствии с таблицей 7 настоящего предстандарта проталкивают в землю с помощью специальных направляющих стержней. Метод заземления имеет несколько практических преимуществ и не допускает использования зажимов и стыков в земле. Наклонные или вертикальные заземляющие электроды обычно вбивают в землю.



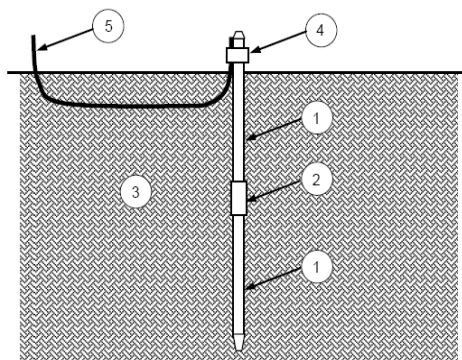
- 1 – короткий направляющий стержень; 2 – заземляющий проводник; 3 – земля;
4 – короткие направляющие стержни; 5 – направляющее стальное острие

Примечание 1 – Проволочный проводник вставляют в землю с помощью коротких направляющих стержней. Электрическая непрерывность проводника заземлителя имеет большое преимущество; при использовании этой технологии соединения в проводнике заземляющего электрода отсутствуют. Кроме того, с короткими стержнями легче обращаться.

Примечание 2 – Короткие направляющие стержни можно заменять.

Примечание 3 – Верхняя часть проводника заземления может иметь изоляционную оболочку.

Рисунок Е.41а – Пример расположения вертикального заземляющего электрода типа А



- 1 – увеличенный стержень заземления; 2 – стержневая муфта; 3 – земля;
4 – проводник для зажима стержня; 5 – проводник заземления

Рисунок Е.41б – Пример расположения заземления типа А с электродом в виде вертикального стержня

Рисунок Е.41 – Примеры двух вертикальных электродов в расположении заземления типа А

Существуют и другие типы вертикальных электродов. Важно обеспечивать постоянное токопроводящее соединение по всей длине электрода в течение всего жизненного цикла СМЗ.

Во время установки желательно регулярно измерять сопротивление заземления. Направитель может повреждаться и после того, как сопротивление заземления прекращает понижаться. Дополнительные электроды можно затем устанавливать в более подходящих местах.

Заземляющие электроды устанавливают на достаточном расстоянии от имеющихся кабелей и металлических труб в земле. Во время установки заземляющего электрода особое внимание следует уделять его положению относительно заданных значений расстояний от кабелей и металлических труб. Безопасное расстояние зависит от силы электрического импульса и удельного сопротивления почвы и тока в электроде.

В расположении типа А вертикальные заземляющие электроды являются более эффективными и обеспечивают более устойчивые сопротивления заземления в большинстве типов почвы, чем горизонтальные электроды.

В некоторых случаях необходимо устанавливать заземляющие электроды внутри здания, например в фундаменте или подвале.

Примечание – Особое внимание следует уделять контролю шагового напряжения посредством принятия мер по выравниванию потенциала в соответствии с классом 8.

Если существует опасность повышения сопротивления возле поверхности (например, при высыхании), то часто прокладывают заземляющие электроды большей длины на большей глубине.

Радиальные заземляющие электроды необходимо устанавливать на глубину 0,5 м или глубже для обеспечения того, чтобы заземляющий электрод не оказывался в мерзлой почве (что может создать очень низкую проводимость). В странах с низкими температурами в зимний период электроды устанавливают на большую глубину. Дополнительным преимуществом такой установки является то, что электроды, расположенные более глубоко, снижают разности потенциала на поверхности земли и обеспечивают тем самым шаговые напряжения, уменьшающие опасность для людей. Желательно использовать независимые от сезона вертикальные электроды для лучшего сопротивления заземления.

При обеспечении расположения типа А необходимое выравнивание потенциала для всех электродов достигается с помощью проводников выравнивания потенциала и контактных шин в основном за пределами здания.

Е.5.4.3.4 Тип В – Кольцевые заземлители

Для зданий, использующих неизоляционный материал, например кирпичи или дерево (без фундамента со стальной арматурой), необходимо устанавливать заземление типа В в соответствии с 5.4.2.2 настоящего предстандарта.

Для того чтобы снизить эквивалентное сопротивление заземления, расположение заземления типа В можно улучшить за счет добавления вертикальных или радиальных заземляющих электродов, отвечающих требованиям 5.4.2.2 настоящего предстандарта. На рисунке 2 настоящего предстандарта даны указания, касающиеся минимальной длины заземляющих электродов.

Зазор и глубина заземляющего электрода типа В, как упомянуто в 5.4.3 настоящего предстандарта, являются оптимальными при нормальных условиях почвы для защиты людей, находящихся вблизи здания. В странах с низкими температурами в зимний период необходимо рассматривать соответствующую глубину установки заземляющих электродов.

Заземляющие электроды типа В также выполняют функцию выравнивания потенциала между токоотводами на уровне земли, поскольку различные типы токоотводов обеспечивают различные потенциалы из-за неравномерного распределения токов вследствие изменений в сопротивлении заземления. Различные потенциалы приводят к потоку уравнивающих токов через кольцевые электроды так, что максимальное повышение в потенциале снижается, и системы выравнивания потенциала, соединенные с кольцевыми электродами внутри здания, обеспечивают приблизительно такой же потенциал.

Если здания, принадлежащие различным собственникам, построены близко друг к другу, часто невозможно установить кольцевой заземляющий электрод так, чтобы он полностью окружал здание. В этом случае эффективность системы заземления слегка снижается, поскольку кольцо проводника действует частично в качестве электрода типа В, частично в качестве заземления фундамента и частично в качестве проводника выравнивания потенциала.

В местах с большим количеством людей вблизи защищаемого здания необходимо обеспечивать контроль потенциала. Следует больше устанавливать кольцевых электродов на расстоянии приблизительно 3 м от первого и последующих кольцевых проводников. Кольцевые проводники устанавливают подальше от здания на расстоянии 7 м на глубине 1,5 м или на расстоянии 10 м от здания и на

глубине 2 м. Эти кольцевые электроды должны соединяться с первым кольцевым электродом с помощью радиальных электродов.

Если зона, прилегающая к зданию, имеет асфальтовое покрытие низкой проводимости толщиной 50 см, то необходимо обеспечить соответствующую защиту людей, находящихся в этой зоне.

Е.5.4.3.5 Заземляющие электроды в каменистой почве

Во время строительства заземляющий электрод фундамента встраивают в бетонный фундамент. Даже в каменистой почве, где заземляющий электрод фундамента имеет уменьшенный эффект заземления, он все равно действует как проводник выравнивания потенциала.

В контрольных стыках дополнительные заземляющие электроды должны соединяться с токоотводами и заземляющими электродами в фундаменте.

Там, где заземляющий электрод в фундаменте не используют, должны применять расположение типа В (кольцевой электрод). Если кольцевой электрод нельзя установить в почве и его устанавливают на поверхности, он должен быть защищен от механического повреждения.

Радиальные заземляющие электроды, лежащие на поверхности земли или у ее поверхности, должны быть покрыты камнями или встроены в бетон с целью механической защиты.

Если здание расположено близко к дороге (по возможности), кольцевой электрод должен быть проложен под землей. Однако там, где это невозможно, необходимо обеспечивать контроль потенциала по всей длине участка дороги (обычно расположение типа А), как минимум вблизи токоотводов.

Для контроля потенциала в особых случаях необходимо принимать решение о том, следует ли устанавливать дополнительное кольцо рядом со входом в здание или искусственно увеличивать удельное сопротивление поверхностного слоя почвы.

Е.5.4.3.6 Системы заземления на больших участках

Промышленное предприятие обычно содержит несколько взаимосвязанных структур, в которых проложено большое количество силовых и сигнальных кабелей.

Системы заземления каждого здания имеют большое значение для защиты электрической системы. Система заземления низкого сопротивления уменьшает разницу потенциала между зданиями и снижает тем самым помехи, появляющиеся в электрических связях.

Низкое сопротивление заземления может быть достигнуто посредством установки в фундаменте здания заземляющих электродов и дополнительного заземления типов А и В, отвечающих требованиям 5.4 настоящего стандарта.

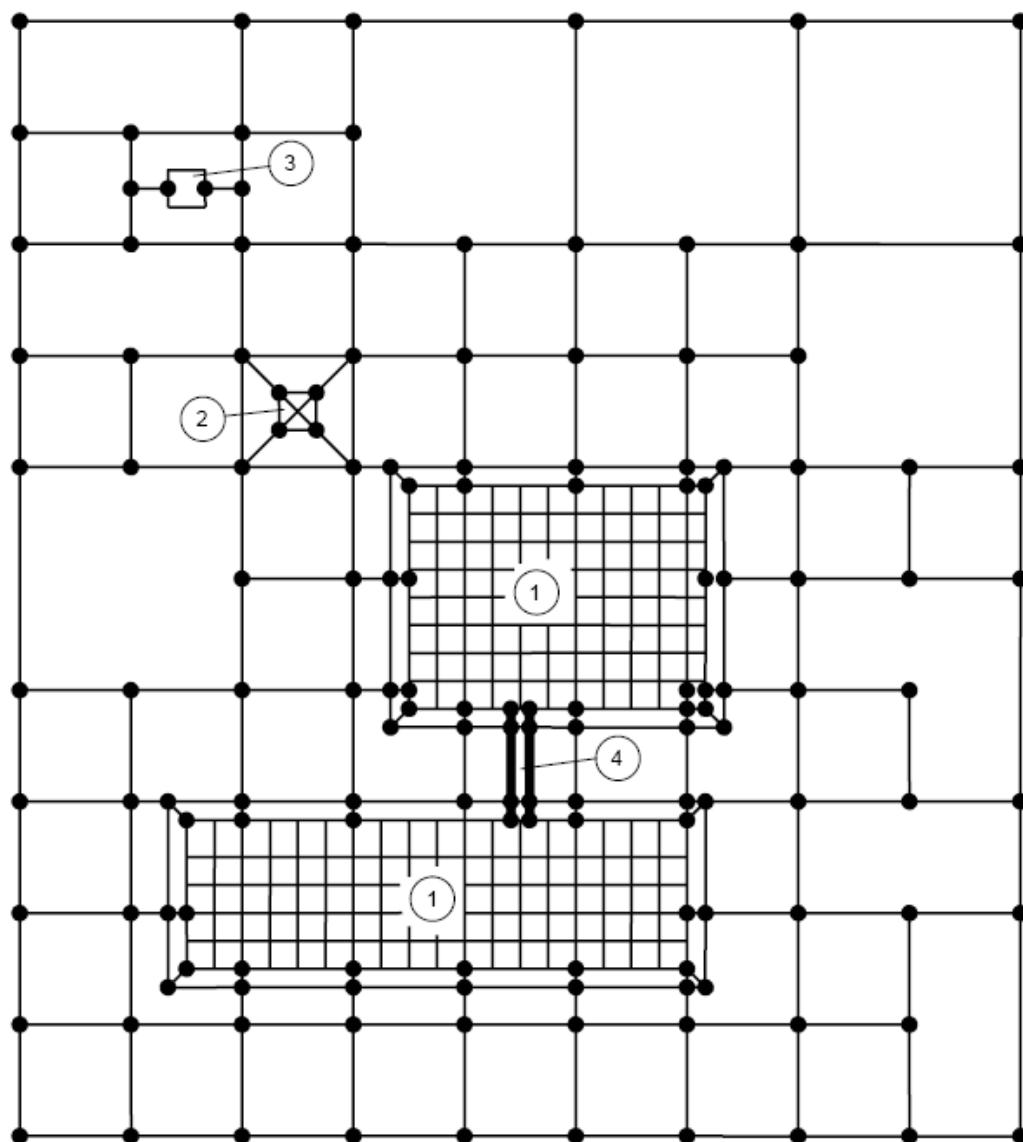
Соединения между заземляющими электродами в фундаменте и токоотводами необходимо устанавливать в контрольных стыках. Некоторые из контрольных стыков должны быть также соединены с шинами выравнивания потенциала внутренней СМЗ.

Чтобы избежать возникновения шагового и контактного напряжений, внутренние проводники или внутренние конструкционные части, используемые в качестве токоотводов, должны соединяться с заземляющим электродом и стальной арматурой пола. Если внутренние токоотводы находятся возле расширительных швов в бетоне, то по возможности эти швы должны соединяться перемычкой так же, как и возле внутреннего токоотвода.

Нижняя часть выступающего токоотвода должна быть изолирована трубкой из ПВХ толщиной не менее 3 мм или с эквивалентной изоляцией.

Для снижения вероятности прямых ударов молнии в кабели, проложенные в грунте, над прокладкой устанавливают множество заземляющих электродов.

Для соединения между заземляющими частями зданий используют сетчатую систему заземления, показанную на рисунке Е.42.



1 – здание с сетчатой сетью арматуры; 2 – башня внутри предприятия;
3 – отдельно стоящее оборудование; 4 – кабельные траншеи

Примечание – Система обеспечивает низкое сопротивление между зданиями и имеет значительные преимущества ЭМС. Размер сеток рядом со зданиями и другими объектами может быть в порядке 20×20 м. На расстоянии свыше 30 м он может быть увеличен до 40×40 м.

Рисунок Е.42 – Сетчатая система заземления предприятия

На рисунке Е.42 показана сеть заземляющих электродов, включающая кабельные траншеи со связанными между собой конструкциями молниезащитных зданий. Она обеспечивает низкий импеданс между зданиями и имеет преимущества защиты от значительных электромагнитных импульсов от грозовых разрядов.

Е.5.5 Компоненты

Дополнительная информация отсутствует.

Примечание – Расстояния между фиксирующими соединениями представлены в таблице Е.1 настоящего предстандарта.

Е.5.6 Материалы и размеры

Е.5.6.1 Механическое проектирование

Проектировщик молниезащиты должен консультироваться с лицами, ответственными за здание, по вопросам механического проектирования по завершении электрического проектирования.

Рассмотрение вопросов эстетики при проектировании также имеет большое значение, как и правильный выбор материалов, чтобы не допустить коррозии.

Минимальный размер компонентов молниезащиты различных частей СМЗ указан в таблицах 3, 6 – 9 настоящего предстандарта.

Материалы, используемые для компонентов СМЗ, указаны в таблице 5 настоящего предстандарта.

Примечание – Такие компоненты, как, например, зажимы и стержни, выбранные в соответствии со стандартом серии EN 50164, можно рассматривать как соответствующие.

Проектировщик СМЗ и ее установщик должны подтверждать соответствие назначения используемых материалов. Для этого можно запросить у производителя, например, сертификаты испытания и отчеты, подтверждающие то, что материалы успешно прошли испытания качества.

Проектировщик СМЗ и ее установщик должны указывать крепежные средства проводника и соединения, которые выдерживают электродинамические нагрузки тока молнии в проводниках и позволяют проводникам расширяться и сжиматься вследствие повышения и понижения температуры.

Соединения между листовыми металлическими панелями должны быть совместимы с материалом панели, обеспечивать минимальную поверхность контакта 50 мм² и быть способными выдерживать электродинамические нагрузки тока молнии и противостоять коррозии в результате воздействия окружающей среды.

Если повышение температуры вызывает беспокойство в отношении поверхности панели, к которой прикрепляются компоненты, по причине того, что она огнеопасна или имеет низкую точку плавления, то следует либо указывать большее сечение, либо рассматривать другие меры безопасности, например использование крепежных средств, устанавливаемых на расстоянии, и вставка огнестойких слоев.

Проектировщик СМЗ должен идентифицировать все зоны, подвергаемые коррозии, и указывать соответствующие предпринимаемые меры.

Воздействие коррозии на СМЗ может быть снижено либо за счет увеличения размера материала, использующего антикоррозийные компоненты, либо за счет принятия других мер защиты от коррозии.

Е.5.6.2 Выбор материалов

Е.5.6.2.1 Материалы

Материалы СМЗ и условия их использования перечислены в таблице 5 настоящего предстандарта.

В таблицах 6 и 7 настоящего предстандарта даны размеры проводников СМЗ, включая проводники молниеприемников, токоотводы и заземляющие проводники, для различных материалов, например меди, алюминия и стали.

В таблице 3 настоящего предстандарта указана минимальная толщина металлических листов, металлических труб и контейнеров, используемых в качестве естественных компонентов заземления, а минимальные размеры соединяющих проводников указаны в таблицах 8 и 9 настоящего предстандарта.

Е.5.6.2.2 Защита от коррозии

СМЗ следует изготавливать из антикоррозийных материалов, например меди, алюминия, нержавеющей и оцинкованной стали. Материал, из которого изготовлены стержни и тросы молниеприемника, должны быть электрохимически совместимы с материалом элементов соединения и крепежных элементов и иметь хорошую коррозионную стойкость в коррозионной атмосфере или в условиях влажности.

Соединения между различными материалами следует избегать, в противном случае они должны быть защищены.

Медные части нельзя никогда устанавливать над оцинкованными или алюминиевыми частями, если эти части не имеют защиты от коррозии.

Очень мелкие частицы накапливаются на медных частях, что приводит к сильному коррозионному повреждению оцинкованных частей, даже если отсутствует непосредственный контакт с медными и оцинкованными частями.

Алюминиевые проводники не должны непосредственно соприкасаться с известковыми поверхностями здания, например бетонным известняком и штукатуркой, и их никогда нельзя устанавливать в земле.

Е.5.6.2.2.1 Металлы в земле и в воздухе

Коррозия металла зависит от типа металла и характера окружающей его среды. Соединение экологических факторов, например наличие влаги, растворимых солей (которые образуют электролит), степени аэрации, температуры и величины перемещения электролита очень усложняют это условие.

Кроме того, промышленные загрязняющие природу вещества могут вызывать значительные изменения в естественной среде, наблюдаемые в различных местах земного шара. В связи с этим для разрешения конкретных проблем с коррозией рекомендуется проводить консультации со специалистами в области коррозии.

Контакт между разнородными металлами в среде электролита или в части среды электролита приведет к увеличению коррозии анодного металла и уменьшению коррозии катодного металла.

Необязательно предотвращать полностью коррозию большей части катодного металла. Электролитом для этой реакции может служить грунтовая вода, почва с некоторым содержанием влаги или даже конденсат влаги в надземных конструкциях, в трещинах которых они скапливаются.

На расширенные системы заземления может воздействовать состояние грунта, что может увеличивать проблемы коррозии, которые требуют особого внимания.

Чтобы свести коррозию в СМЗ к минимуму:

- не используют металлы, поддающиеся коррозии в агрессивной среде;
- не допускают контакта разнородных металлов, отличающихся различной электрохимической или гальванической активностью;
- используют проводники соответствующего сечения, шины заземления и проводящие контактные зажимы и крепежные детали для обеспечения антикоррозионной защиты в условиях эксплуатации;
- обеспечивают рукава, покрытия и изоляционные металлы, чувствительные к коррозионным испарениям или жидкостям для размещения установок, если целесообразно;
- рассматривают гальванические воздействия других металлических деталей, к которым должен подсоединяться заземляющий электрод;
- не используют проект СМЗ, в котором продукты естественной коррозии от катодного металла (например, меди) могут попадать на СМЗ и осаждаться на ней, например металлическая медь на анодном металле (например, стали или алюминий).

Для подтверждения вышеуказанного в качестве конкретных примеров применяют следующие меры предосторожности:

- минимальная толщина или диаметр жилы должны быть 1,5 мм для стали, алюминия, меди, медного сплава или сплавов из никеля/хрома/стали;
- изоляционную прокладку рекомендуется использовать там, где контакт между близкорасположенными (или соприкасающимися) разнородными металлами может вызвать коррозию, но такой контакт не является электрически необходимым;
- стальные проводники, не защищенные иным образом, должны быть оцинкованы горячим способом толщиной 50 мкм;
- алюминиевые проводники не следует устанавливать непосредственно в земле, в бетоне или прикреплять к бетону, если они не размещены полностью в прочных, плотно прилегающих рукавах;
- по возможности не следует использовать медные/алюминиевые соединения. В тех случаях, когда нельзя этого избежать, соединения приваривают или используют промежуточный слой алюминиево-медного листа;
- чтобы не допускать повреждения вследствие неблагоприятных погодных условий, крепежные средства или рукава для алюминиевых проводников должны быть выполнены из аналогичного материала и должны иметь соответствующее поперечное сечение;
- медь подходит для использования в большинстве применений заземляющих электродов, за исключением условий наличия кислоты, кислородсодержащего аммония или серы. Однако следует помнить, что медь вызывает гальваническое повреждение железосодержащих материалов, к которым прикрепляют медные детали. Здесь может потребоваться совет специалиста по коррозии, особенно если используется схема катодной защиты;
- для проводников на крыше и токоотводов, подвергаемых агрессивным отработавшим газам, особое внимание следует уделять коррозии, например посредством использования высоколегированных сталей ($> 16,5\% \text{ Cr}$, $> 2\% \text{ Mo}$, $0,2\% \text{ Ti}$, $0,12\% - 0,22\% \text{ N}$);
- можно использовать нержавеющую сталь или другие никелевые сплавы, отвечающие требованиям коррозионной стойкости. Однако в анаэробных условиях, например глине, нержавеющая сталь подвергается коррозии почти так же быстро, как и малоуглеродистая сталь;
- соединения между сталью и медью или медью и медными сплавами в воздухе, если они не сварные, должны быть полностью металлизированы или иметь прочное влагонепроницаемое покрытие;

– медь и медные сплавы подвергаются образованию трещин от коррозии под напряжением в условиях аммиачных паров, и эти материалы не должны использоваться для изготовления крепежных средств в этих условиях;

– в морских/прибрежных зонах все соединения проводников должны быть сварными или полностью надежно герметизированы.

Системы заземления, выполненные из нержавеющей стали или меди, можно прикреплять непосредственно к арматуре в бетоне.

Электроды из оцинкованной стали в почве соединяют со стальной арматурой в бетоне с обеспечением изолирующих искровых промежутков, способных проводить значительную часть тока молнии (размер соединительных проводников см. в таблицах 8 и 9 настоящего предстандарта). Прямое соединение в грунте значительно увеличит риск возникновения коррозии. Изолирующие искровые промежутки должны отвечать требованиям 6.2 настоящего предстандарта.

Примечание – Соответствующими являются искровые промежутки с уровнем защиты U_p 2,5 кВ и минимальным $I_{имп}$ 50 кА (10/350 мкс).

Оцинкованную сталь используют для заземляющих электродов в грунте только в случае, когда никакие стальные части, встроенные в бетон, не соединены непосредственно с заземляющим электродом в грунте.

Если металлические трубы установлены в земле и соединены с системой выравнивания потенциала и системой заземления, материал, из которого выполнены трубы, если они не изолированы, должен быть идентичным материалу проводников системы заземления. Трубы с защитным покрытием краски или асфальта необходимо обрабатывать, как если бы они не были изолированы. Если невозможно использовать один и тот же материал, то система труб должна быть изолирована от секций установки, соединенных с системой выравнивания потенциала с помощью изолированных секций. Изолированные секции должны быть зашунтированы с помощью искровых зазоров. Шунтирование посредством искровых промежутков обеспечивают там, где изолированные элементы устанавливают для катодной защиты труб.

Проводники со свинцовыми оболочками не должны устанавливаться непосредственно в бетоне. Свинцовые оболочки должны быть защищены от коррозии посредством либо обеспечения антикоррозийных соединений, либо с помощью термоусадочных рукавов. Проводники могут быть защищены покрытием из ПВХ.

Стальные проводники заземления, выходящие наружу из бетона или из грунта в точке входа, должны быть защищены от коррозии на длину 0,3 м с помощью антикоррозийных обертываний или термоусадочных рукавов. Для медных проводников или проводников, выполненных из нержавеющей стали, этого делать не требуется.

Материалы, применяемые для соединений между проводниками в грунте, должны иметь идентичную стойкость к коррозии с проводниками заземления. Соединение посредством зажима, как правило, не допускается, когда такое соединение не обеспечивается эффективной коррозионной защитой после соединения. Накоплен большой практический опыт в отношении обжимных соединений (соединений посредством зажима).

Сварные соединения должны быть защищены от коррозии.

Практический опыт показывает, что:

- алюминий никогда нельзя использовать в качестве заземляющего электрода;
- стальные проводники со свинцовой оболочкой не подходят для использования в качестве заземляющих электродов;
- медные проводники со свинцовой оболочкой нельзя использовать ни в бетоне, ни в грунте с высоким содержанием кальция.

Е.5.6.2.2.2 Металлы в бетоне

Закладка стальных элементов или элементов из оцинкованной стали в бетоне вызывает стабилизацию естественного потенциала металла вследствие однородной щелочной среды. Кроме того, бетон должен иметь однородную, сравнительно высокую сопротивляемость порядка 200 Ом·м или выше.

Следовательно, армированные балки в бетоне являются более устойчивыми к коррозии, чем те, которые подвергаются воздействию, даже если они соединены снаружи с материалами катодных электродов.

Использование армированной стали в качестве токоотводов не вызывает больших проблем с коррозией при условии хорошей герметизации точек доступа молниеприемников, например с помощью замазки эпоксидной смолой соответствующей толщины.

Полосы оцинкованной стали в качестве заземляющих электродов в фундаменте можно устанавливать в бетоне и соединять непосредственно со стальными армированными стержнями. Допускается использование медных элементов и элементов из нержавеющей стали в бетоне, которые можно присоединять непосредственно к армированной стали.

Дополнительные заземляющие электроды, устанавливаемые снаружи бетона, должны быть выполнены из меди или нержавеющей стали из-за естественного потенциала стали в бетоне.

В железобетоне, армированном стальными волокнами, использование стальных заземляющих электродов не допускается, так как в ходе строительства стальной электрод может быть прижат, например используемыми машинами, и касаться земли. В этом случае сталь подвергается серьезному риску коррозии. Подходящими материалами для заземляющих электродов, устанавливаемых в железобетоне, армированном стальными волокнами, являются медь и нержавеющая сталь.

Е.6 Внутренняя система молниезащиты

Е.6.1 Общие положения

Требования к проекту внутренней СМЗ даны в разделе 6 настоящего предстандарта.

Внешняя система молниезащиты и ее связь с проводящими частями и установками внутри здания будет во многом определять необходимость во внутренней СМЗ.

По вопросу выравнивания потенциала необходимо консультироваться со всеми полномочными органами и заинтересованными сторонами.

Проектировщик и установщик СМЗ должны обратить внимание на то, что меры молниезащиты, указанные в настоящем подразделе, имеют большое значение для достижения целей молниезащиты. Соответствующее уведомление об этом должен получить покупатель.

Внутренняя защита от молнии является такой же, что и для всех уровней защиты, кроме безопасных расстояний.

Во многих случаях меры, необходимые для внутренней молниезащиты, превышают меры выравнивания потенциала для энергетических систем АС по причине высокой скорости тока и времени повышения тока из-за удара молнии.

Примечание – При необходимости рассмотрения защиты от электромагнитных импульсов грозовых разрядов см. IEC 62305-4.

Е.6.1.1 Безопасное расстояние

Между внешней СМЗ и всеми проводящими частями, соединенными с шиной выравнивания потенциала здания, обеспечивают необходимое безопасное расстояние, которое определяют в соответствии с требованиями 6.3 настоящего предстандарта.

Безопасное расстояние можно определить по формуле (4), указанной в 6.3 настоящего предстандарта.

Исходной длиной для расчета безопасного расстояния s (см. 6.3) должно быть расстояние между точкой соединения с эквипотенциальным соединением и точкой близости вдоль токоотвода. Проводники на крыше и токоотводы должны быть проложены как можно прямее для обеспечения необходимого низкого безопасного расстояния.

Длина и путь проводника в здании, пролегающего от эквипотенциального соединения до точки близости, обычно мало влияют на безопасное расстояние, но если этот проводник проходит близко к проводнику, через который проходит ток молнии, то необходимое безопасное расстояние будет ниже. На рисунках Е.43 и Е.44 показано, как критическая длина l , используемая для расчета безопасного расстояния s , в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта измеряется на СМЗ.

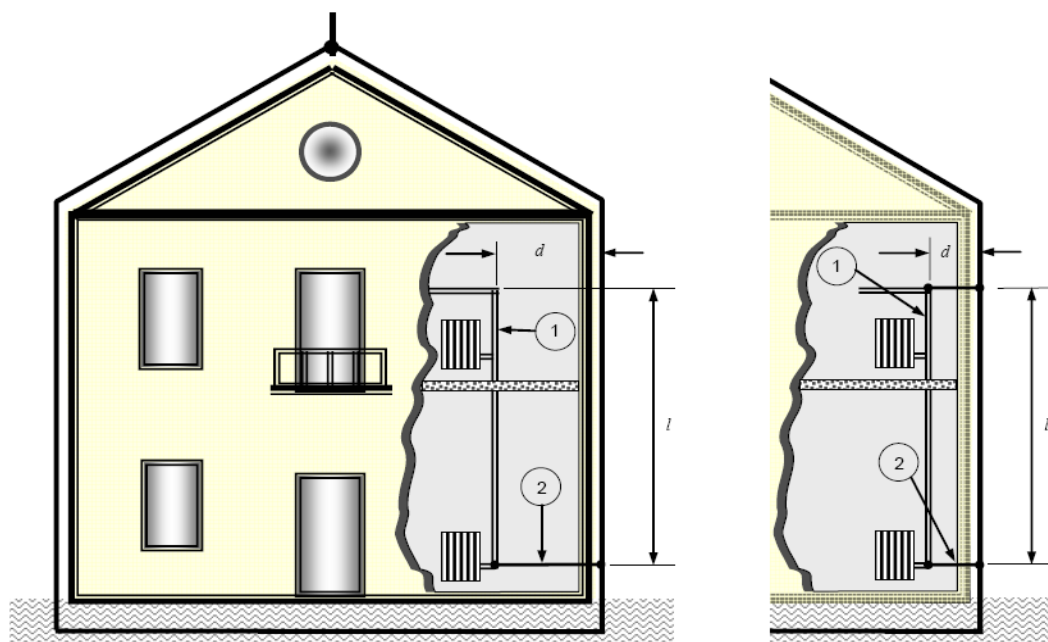


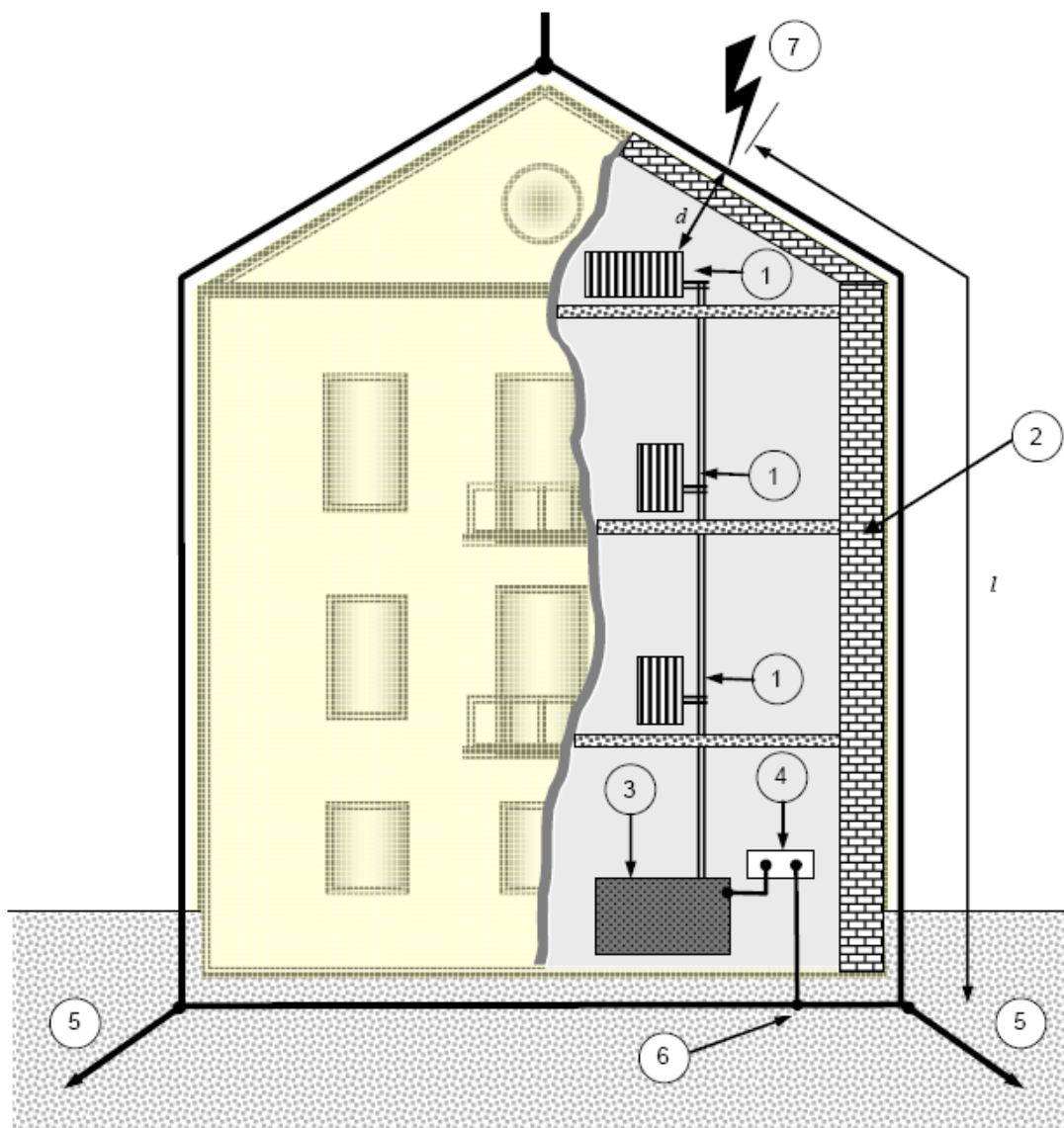
Рисунок Е.43а – Рассчитанное безопасное расстояние $s < d$

Рисунок Е.43б – Рассчитанное безопасное расстояние $s > d$

1 – металлическая труба; 2 – эквипотенциальное соединение; d – расстояние между токоотводом и металлической установкой внутри здания; l – длина для определения безопасного расстояния s ; s – безопасное расстояние в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта

Примечание – Если расстояние между токоотводом и внутренними установками нельзя увеличить сверх рассчитанного безопасного расстояния, в самой удаленной точке следует установить соединение (см. рисунок Е.43б).

Рисунок Е.43 – Примеры безопасного расстояния между системой молниезащиты и металлическими конструкциями



1 – металлический радиатор/обогреватель; 2 – кирпичная или деревянная стена; 3 – обогреватель;
 4 – шина выравнивания потенциала; 5 – система заземления; 6 – соединение с системой заземления
 или с токоотводом; 7 – наихудший случай; d – фактическое расстояние;
 l – длина для определения безопасного расстояния s

Примечание – Данное здание состоит из изоляционных кирпичей.

Рисунок Е.44 – Указания по расчетам безопасного расстояния s для наихудшего случая точки улавливания молнии на расстоянии l от исходной точки в соответствии с 6.3 настоящего стандарта

В конструкциях, в которых элементы здания используются в качестве естественных токоотводов, например стальная арматура в бетоне, исходная точка должна быть точкой соединения с естественным токоотводом.

В зданиях, на внешних поверхностях которых проводящие элементы отсутствуют (например, кирпичные или деревянные здания), для расчета безопасного расстояния s в соответствии с 6.3 настоящего стандарта используют общее расстояние вдоль проводников молниезащиты l от наиболее неблагоприятной точки удара молниезащиты до точки, в которой система выравнивания потенциала внутренней установки соединяется с токоотводом и системой заземления.

Если нельзя обеспечить расстояние, превышающее безопасное расстояние s по всей длине рассматриваемой установки, необходимо также соединить установку с СМЗ в самой удаленной точке от исходной точки соединения (см. рисунок Е.43b). Следовательно, либо электрические проводники необходимо переложить в соответствии с требованиями безопасного расстояния (см. 6.3 настоящего предстандарта), либо они должны быть ограждены проводящим экраном, соединенным с СМЗ в самой удаленной точке от исходной точки соединения.

По завершении соединения установок с СМЗ в исходной точке и самой удаленной точке безопасное расстояние обеспечивают во всей установке.

Следующие точки часто являются критическими и требуют специального рассмотрения:

- в высотных зданиях безопасное расстояние между проводниками СМЗ и металлическими установками часто является таким большим, что его нельзя обеспечить. Здесь требуется дополнительное соединение СМЗ с этими металлическими установками. Следовательно, часть тока от молнии протекает через эти металлические установки в систему заземления здания;

- электромагнитные помехи, возникающие в результате этих частичных токов, следует принимать во внимание при планировании установок здания и проектировании электромагнитных зон молниезащиты внутри здания в соответствии с требованиями IEC 62305-4.

Однако помехи будут значительно ниже тех, которые вызваны электрическим искрением в данной точке.

Что касается крыш, расстояние между СМЗ и электрическими установками бывает короче, чем безопасное расстояние s , указанное в 6.3 настоящего предстандарта. В этом случае следует попытаться установить СМЗ или электрический проводник в другом месте.

С лицом, ответственным за электрическую установку, следует заключить соглашение на выполнение установки электрических цепей, которые не отвечают требованиям безопасного расстояния, касающегося проводников молниеприемника на зданиях.

Если электрическую установку нельзя установить в другом месте, то нужно выполнить ее соединение с внешней СМЗ в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта.

В некоторых зданиях невозможно обеспечить безопасные расстояния, как это требуется. Внутренние конструкции могут помешать проектировщику или установщику в оценке ситуации при соединении с определенными металлическими частями и электрическими проводниками. Об этом следует сообщить владельцу здания.

Е.6.2 Уравнивание грозовых потенциалов

Е.6.2.1 Проектирование

Уравнивание потенциалов в изолированной внешней СМЗ используют только на уровне земли.

В зданиях промышленного назначения электрически непрерывные проводящие части здания и крыши могут использоваться в качестве компонентов СМЗ и могут использоваться при осуществлении уравнивания потенциала.

Не только проводящие части здания и установленное в нем оборудование должны быть соединены с уравниванием потенциала, но также и проводники системы энергоснабжения и оборудование связи. Для контроля шагового напряжения особое внимание следует обратить на заземляющие электроды внутри здания. Соответствующие меры включают соединение железобетонной арматуры с заземляющими электродами локально или за счет обеспечения сетки выравнивания потенциалов в подвале или фундаменте.

Для зданий выше 30 м рекомендуют использовать дополнительное эквипотенциальное соединение на уровне 20 м и через каждые 20 м над ним. Однако во всех случаях необходимо обеспечить безопасное расстояние.

Это означает, что как минимум на этих уровнях должны быть закреплены внешние токоотводы, внутренние токоотводы и металлические части. Провода под напряжением и металлические части также должны быть соединены через разъем ОПН.

Е.6.2.1.1 Проводники выравнивания потенциала

Проводники выравнивания потенциала должны быть способными выдерживать часть тока молнии, протекающего через них.

Проводники, соединяющие металлические установки внутри здания, обычно не переносят значительную часть тока молнии. Их минимальные размеры даны в таблице 9 настоящего предстандарта.

Проводники, соединяющие внешние проводящие части с СМЗ, переносят значительную часть тока молнии.

Е.6.2.1.2 Устройство защиты от импульсных перенапряжений

УЗП должны без повреждений выдерживать предполагаемую часть тока молнии, протекающего через них. УЗП также должны быть способны погасить остаточные токи электропитания от источника электропитания, если он соединен с проводниками электропитания.

Выбирают УЗП в соответствии с 6.2 настоящего предстандарта. Если требуется защита внутренних систем от электромагнитных импульсов от грозовых разрядов, то УЗП также должны отвечать требованиям IEC 62305-4.

Е.6.2.2 Выравнивание потенциала внутренних проводящих частей

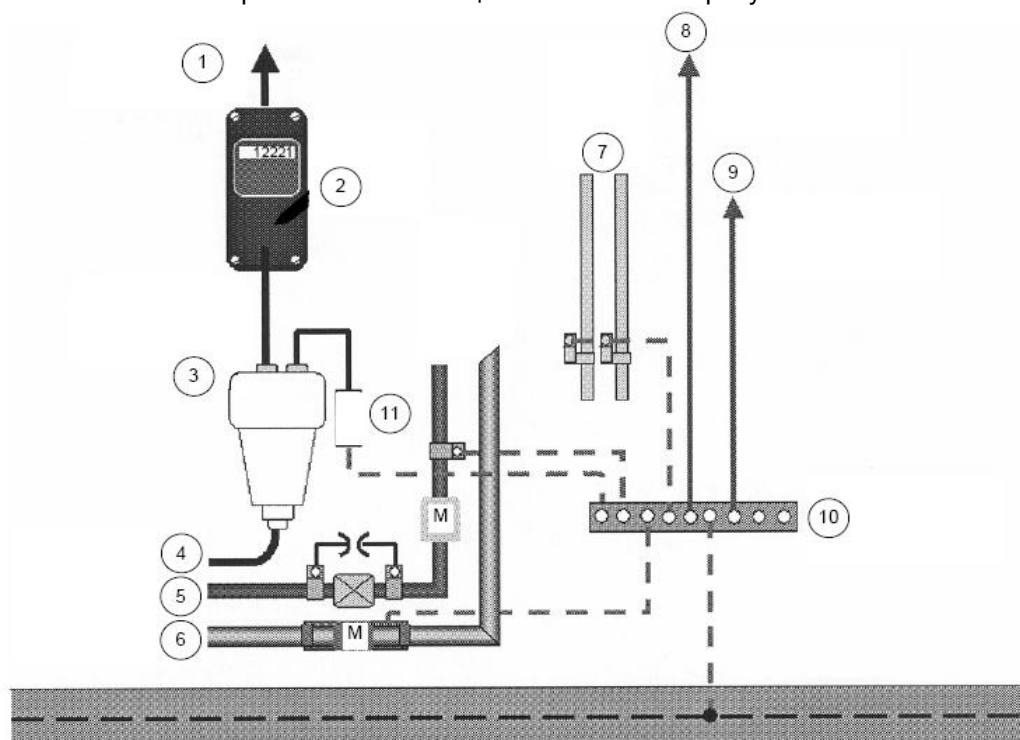
Выравнивание потенциала следует обеспечивать и устанавливать таким образом, чтобы внутренние проводящие части, внешние проводящие части и системы электроснабжения и связи (например, компьютеры и системы безопасности) можно было соединить короткими проводниками выравнивания потенциала и, где необходимо, использовать УЗП.

Примечание – Соединение должно отвечать требованиям (pr) EN 60364.

Металлические установки, например водопроводные, газовые и воздушные трубы, лифтовые шахты, козлы крана и т. д., должны быть соединены между собой и с СМЗ на уровне земли.

В металлических частях, не принадлежащих зданию, может возникать искрение, если эти части находятся вблизи токоотводов СМЗ. Там, где это считают опасным, для предотвращения искрения необходимо предпринимать соответствующие меры по выравниванию потенциала.

Расположение шины выравнивания потенциала показано на рисунке Е.45.



- 1 – энергия для пользователя; 2 – ваттметр; 3 – домашняя соединительная коробка;
 4 – энергия из коммунальной сети; 5 – газ; 6 – вода; 7 – система центрального отопления;
 8 – электронные устройства; 9 – экран кабеля антенны; 10 – шина выравнивания потенциала;
 11 – УЗП; М – датчик

Рисунок Е.45 – Пример расположения эквипотенциального соединения

Шины выравнивания потенциала должны располагаться так, чтобы они соединялись с системой заземления или с горизонтальными кольцевыми проводниками с короткими проводниками.

Шину выравнивания потенциала желательно устанавливать на внутренней стороне внешней стены у уровня земли, близко к основному низковольтному щиту распределения питания, и соединять прочно с системой заземления, содержащей кольцевой заземляющий электрод и естественный заземляющий электрод, такие как, например, соединенная между собой стальная арматура.

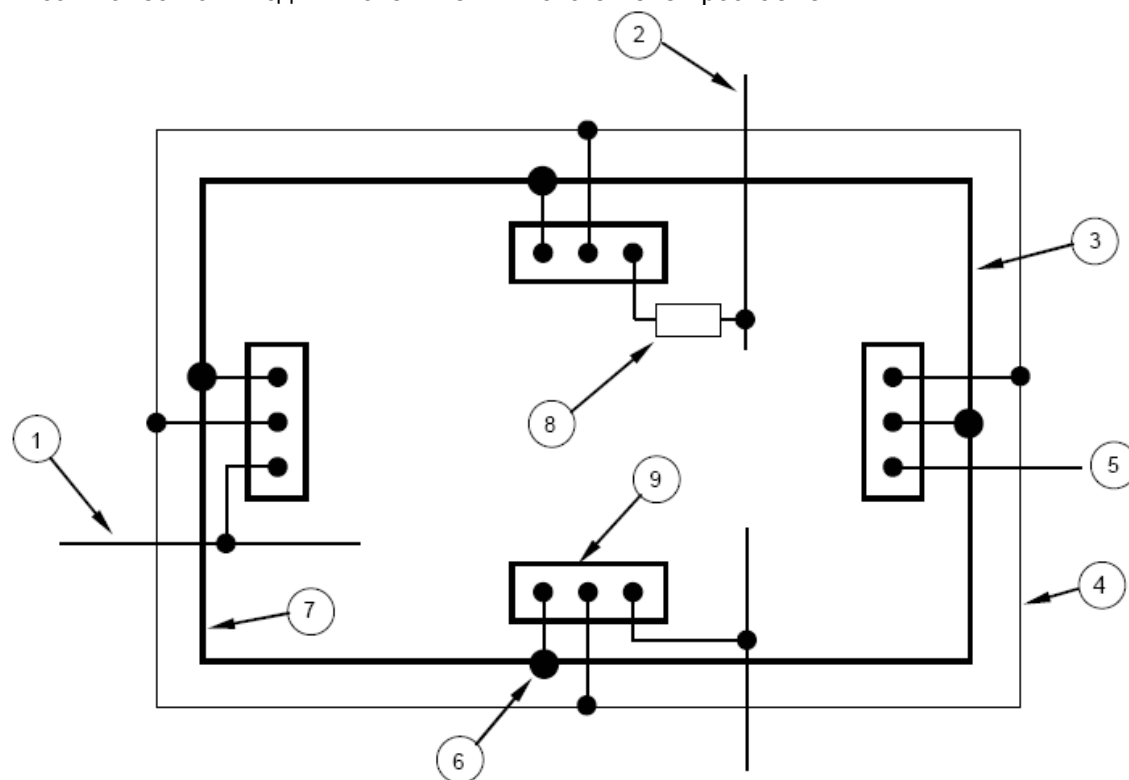
В больших зданиях могут использоваться несколько шин выравнивания потенциала при условии, что они соединены между собой. Очень длинные соединения образуют большие петли, приводящие к большим индуцированным токам и напряжениям. Для снижения этих явлений необходимо рассматривать сетчатую взаимную связь этих соединений, здание и систему заземления, отвечающие требованиям IEC 62305-4.

В железобетонных конструкциях, отвечающих требованиям 4.3 настоящего предстандарта, для выравнивания потенциала можно использовать армирование. В этом случае на стенах, к которым должны прикрепляться шины выравнивания потенциала через сварные проводники, устанавливают дополнительную ячеистую сеть из приваренных или закрепленных болтами узлов, описанных в Е.4.3.

Минимальные поперечные сечения проводника выравнивания потенциала или соединителя выравнивания потенциала указаны в таблицах 8 и 9 настоящего предстандарта. Все внутренние проводящие части значительного размера, например лифтовые направляющие, краны, металлические полы, трубы и электрические устройства, должны быть соединены с ближайшей шиной выравнивания потенциала коротким проводником выравнивания потенциала на уровне земли и на других уровнях, если нельзя обеспечить безопасное расстояние в соответствии с 6.3 настоящего предстандарта. Шины выравнивания потенциала и другие контактные части должны выдерживать предполагаемые токи от молнии.

Предполагается, что в зданиях с армированными стенами только незначительная часть тока от молнии протекает через контактные части.

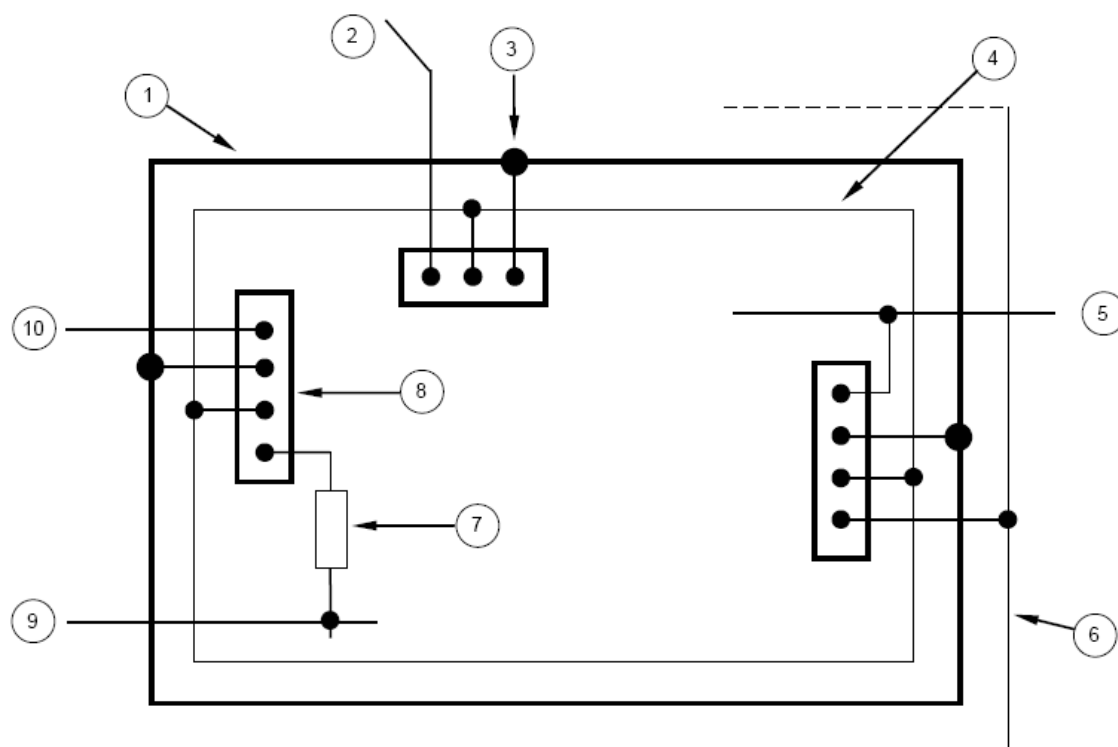
На рисунках Е.46, Е.47 и Е.48 показано расположение элементов выравнивания потенциала в зданиях со множеством входных точек внешних систем электроснабжения.



- 1 – внешняя проводящая часть, например металлическая водопроводная труба;
 2 – линия электропитания или связи; 3 – стальная арматура внешней бетонной стены и фундамента;
 4 – кольцевой заземляющий электрод; 5 – дополнительный заземляющий электрод;
 6 – специальное соединение выравнивания потенциала; 7 – железобетонная стена (см. перечисление 3);
 8 – УЗП; 9 – контактная шина

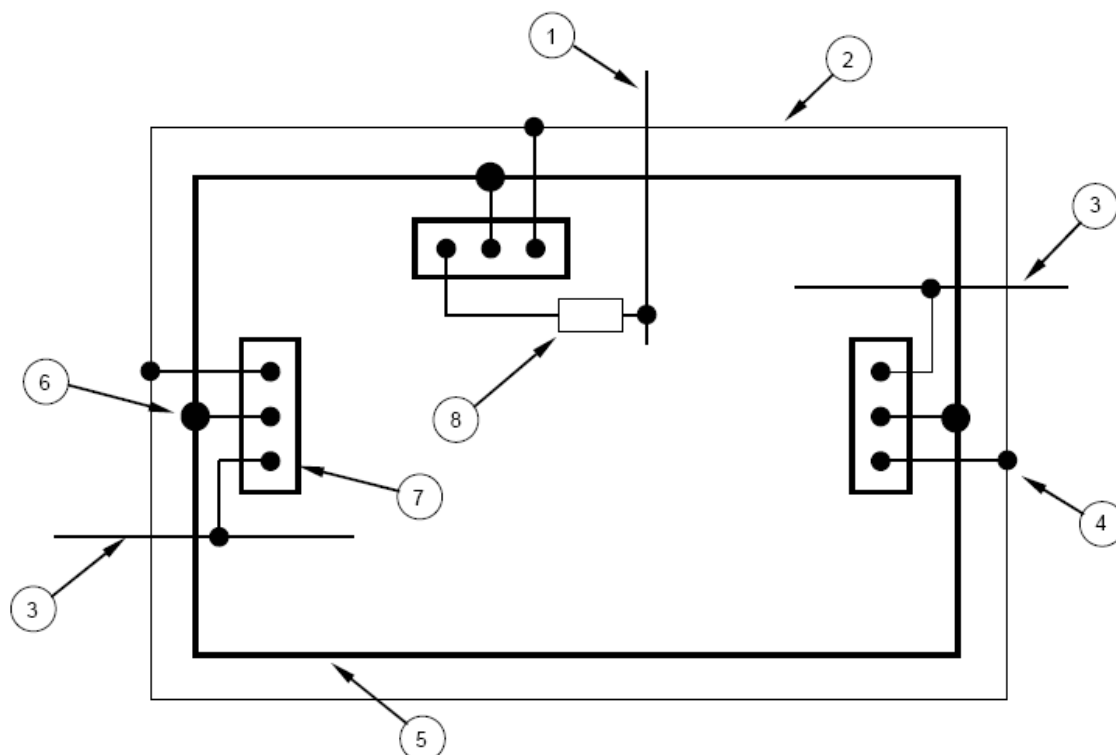
Примечание – Стальная арматура в фундаменте используется в качестве естественного заземляющего электрода.

Рисунок Е.46 – Пример расположения выравнивания потенциала в здании со множеством входов внешних проводящих частей с использованием кольцевого электрода для соединения контактных шин между собой



- 1 – стальная арматура внешней бетонной стены и фундамента; 2 – другой заземляющий электрод;
 3 – соединение выравнивания потенциала; 4 – внутренний кольцевой проводник; 5 – внешняя проводящая часть, например водопроводная труба; 6 – кольцевой заземляющий электрод, расположение заземления типа В;
 7 – УЗП; 8 – шина выравнивания потенциала; 9 – линия электроснабжения или связи;
 10 – дополнительный заземляющий электрод, расположение заземления типа А

Рисунок Е.47 – Пример выравнивания потенциала при наличии множества входных точек внешних проводящих частей и линии электроснабжения или связи с использованием внутреннего кольцевого проводника для соединения контактных шин между собой



- 1 – линия электроснабжения или связи; 2 – внешний горизонтальный кольцевой проводник (над землей);
 3 – внешняя проводящая часть; 4 – соединение токоотвода; 5 – стальная арматура в стене;
 6 – соединение выравнивания потенциала с конструкционной сталью;
 7 – шина выравнивания потенциала; 8 – УЗП

Рисунок Е.48 – Пример расположения соединения в здании со множественными точками входа внешних токопроводящих частей, входящих в здание, над уровнем поверхности земли

Е.6.2.3 Уравнивание грозовых потенциалов для внешних проводящих частей

Дополнительная информация отсутствует.

Е.6.2.4 Уравнивание грозовых потенциалов для электрических и электронных систем в защищаемом здании

Подробная информация об уравнивании грозовых потенциалов для внутренних систем приводится в IEC 62305-4.

Е.6.2.5 Уравнивание грозовых потенциалов внешних линий электропередачи

Желательно, чтобы внешние проводящие части и линии электропередачи и связи входили в здание на уровне земли в соответствии с обычным расположением.

Уравнивание грозовых потенциалов должно осуществляться как можно ближе к точке входа в здание. В случае низковольтного энергоснабжения оно располагается непосредственно по направлению коробки абонентского ввода (с разрешения местной компании – производителя электроэнергии).

Контактная шина в месте расположения входа должна соединяться с короткими проводниками выравнивания потенциала, соединенными с системой заземления.

Если линии электропередачи, входящие в здание, экранированы, то экраны должны соединяться с контактной шиной. Перенапряжение, достигающее активных проводников, является функцией размера частичного тока молнии, проходящего по экрану (в соответствии с приложением В), и поперечного сечения экрана. В IEC 62305-1 (приложение Е) установлен метод оценки этого тока. УЗП необходимы в том случае, если предполагаемые перенапряжения превышают технические данные линий подключаемых объектов.

Если линии электропередачи, входящие в здание, неэкранированы, частичный ток молнии будет протекать по активным проводникам. В этом случае УЗП должны размещаться в точке входа. Проводники PE и PEN могут быть подсоединены непосредственно к контактной шине.

Если внешние проводящие части линии электропередачи и связи должны входить в здание в разных местах и для этого потребуется установить несколько контактных шин, то контактные шины следует устанавливать (по возможности) как можно ближе к системе заземления, т. е. кольцевой заземляющий электрод – к арматуре здания и к заземляющему электроду в фундаменте, если целесообразно.

При использовании расположения заземления типа А, как части СМЗ контактные шины присоединяют к отдельным заземляющим электродам, при этом они должны быть соединены между собой внутренним кольцевым электродом или внутренним проводником, образующим частичное кольцо.

Что касается входов внешних линий электропередачи над поверхностью земли, контактные шины должны соединяться с горизонтальным кольцевым проводником внутри или снаружи внешней стены, соединенной с токоотводами СМЗ и с металлической арматурой здания, если целесообразно.

Кольцевой проводник следует соединять со стальной арматурой и другими металлическими элементами здания через равные промежутки между токоотводами, как указано в таблице 4 настоящего стандарта.

В зданиях, специально спроектированных для компьютерных центров, зданиях связи и других зданиях, требующих низкого уровня индукционных воздействий электромагнитных импульсов от грозовых разрядов, кольцевой проводник должен соединяться с арматурой, как правило, через каждые 5 м.

Для выравнивания потенциала внешних систем электропередачи в железобетонных зданиях, в которых имеются крупные коммуникационные и компьютерные установки, и для зданий, в которых требования к ЭМС являются очень жесткими, необходимо использовать заземленный экран со множеством соединений с металлической арматурой здания или другими металлическими элементами.

Е.6.3 Электрическая изоляция внешней СМЗ

Между внешней СМЗ и всеми проводящими частями, подсоединенными к шине выравнивания потенциала здания, следует обеспечивать соответствующее расстояние согласно 6.3 настоящего стандарта.

Подробную информацию см. в Е.6.1.1. На рисунке Е.2 даны примеры и расчеты k_c , указанные в 6.3 настоящего стандарта.

Е.6.4 Защита от воздействий индуцированных токов во внутренних системах

Токи в проводниках внешней СМЗ могут порождать чрезмерные перенапряжения в петлях проводника внутренних установок из-за воздействия индуктивной связи. Перенапряжения могут вызывать повреждения внутренних систем.

Поскольку практически во всех зданиях имеется электронное оборудование, то при планировании молниезащиты следует принимать во внимание воздействие электромагнитного поля внешних и внутренних токоотводов.

Меры защиты от перенапряжений описаны в IEC 62305-4.

Е.7 Техническое обслуживание и проверка СМЗ

Е.7.1 Область проверок

Проверку СМЗ должен проводить специалист по молниезащите в соответствии с рекомендациями, указанными в разделе Е.7.

Инспектору необходимо предоставлять отчет о проектировании СМЗ, содержащий необходимую документацию о СМЗ, например критерии проектирования, проектное описание и технические чертежи. Инспектору СМЗ также необходимо предоставлять предыдущие отчеты о техническом обслуживании и проверке СМЗ.

Все СМЗ следует проверять в следующих случаях:

- во время установки СМЗ и особенно во время установки компонентов, которые были встроены в здание и теперь являются недоступными;
- по завершении установки СМЗ;
- на регулярной основе в соответствии с таблицей Е.2.

Таблица Е.2 – Максимальный период времени между проверками системы молниезащиты

Уровень защиты	Визуальная проверка (год)	Полная проверка (год)	Полная проверка систем, имеющих особое значение (год)
I и II	1	2	1
III и IV	2	4	1

Примечание – СМЗ, используемые в зданиях с риском взрыва, следует визуально проверять каждые полгода. Электрическое испытание установки следует проводить не реже одного раза в год. Допустимым исключением в графике ежегодного испытания является проведение испытаний по истечении 14 или 15 мес, когда считают необходимым проведение испытания сопротивления заземления в разное время года, чтобы получить данные о сезонных изменениях.

Периодичность проверок, указанную в таблице Е.2, следует применять там, где не указано каких-либо специальных требований со стороны органов государственного управления.

Примечание – Если национальные органы государственного управления или организации требуют проведения регулярных проверок электрической системы здания, рекомендуется одновременно испытывать СМЗ в отношении функционирования мер внутренней молниезащиты и уравнивания потенциала электрических систем. Более старые установки аналогично следует относить к классу молниезащиты или интервалы между испытаниями можно брать из местных или каких-либо иных спецификаций, например руководств по строительству, технических регламентов, инструкций, законов по технике безопасности на производстве и охране труда.

Визуально проверять СМЗ следует не реже одного раза в год. В некоторых районах, где происходят суровые погодные изменения и возникают экстремальные погодные условия, рекомендуется визуально проверять систему гораздо чаще, чем указано в таблице Е.2. Если СМЗ образует часть запланированной клиентом программы технического обслуживания или является требованием строительной страховой компании, то может потребоваться проведение ежегодной полной проверки СМЗ.

Период времени между проверками СМЗ определяют на основании следующих факторов:

– классификации защищаемого здания, особенно в отношении последующих воздействий повреждения;

– СМЗ;

– местной окружающей среды, например коррозионно-активной атмосферы (короткие интервалы);

– материалов отдельных компонентов СМЗ;

– типа поверхности, к которой прикрепляются компоненты СМЗ;

– состояния почвы и связанной с ним скорости коррозии.

Дополнительно к вышеизложенному СМЗ следует проверять в случае выполнения какого-либо изменения или ремонта защищаемого здания, а также после любого разряда молнии в СМЗ.

Общую проверку и испытание необходимо проводить каждые два – четыре года. СМЗ, находящиеся в суровых условиях окружающей среды, например части СМЗ, подвергаемые серьезным механическим нагрузкам, такие как гибкие полосы выравнивания потенциала в районах сильных ветров, УЗП на трубопроводах, соединение кабеля за пределами здания и т. д., необходимо проверять ежегодно.

Улучшение системы заземления необходимо рассматривать тогда, когда значения измеренного сопротивления показывают значительные изменения в сопротивлении, чем предусмотренные по проекту; особенно когда сопротивление неуклонно повышается в периоды между проверками.

Е.7.2 Порядок проверок

Е.7.2.1 Процедура проверки

Целью этой проверки является обеспечение соответствия СМЗ настоящему предстандарту во всех отношениях.

Проверка включает проверку технической документации, визуальные проверки, испытание и регистрацию в отчете проверки.

Е.7.2.2 Проверка технической документации

Техническую документацию следует проверять на полноту, соответствие настоящему предстандарту и выполнение соглашения с промышленным предприятием.

Е.7.2.3 Визуальные проверки

Визуальные проверки проводят с той целью, чтобы убедиться, что:

– проект отвечает требованиям настоящего предстандарта;

– СМЗ находится в хорошем состоянии;

- отсутствуют неплотные соединения и случайные повреждения в проводниках СМЗ и в местах их соединения;
- ни одна из частей системы не подверглась коррозии, особенно на уровне земли;
- все видимые соединения заземления являются целыми (функционирующими);
- все видимые проводники и компоненты системы закреплены на установочной поверхности, а компоненты, обеспечивающие механическую защиту, не повреждены (функционируют) и находятся на своем месте;
- в защищаемом здании не проводилось каких-либо изменений, которые могли бы потребовать дополнительной защиты;
- отсутствует признак повреждения СМЗ, УЗП или какие-либо повреждения плавких предохранителей, которые защищают УЗП;
- было установлено правильное выравнивание потенциала для новых линий электропередачи или дополнений, которые были выполнены внутри здания после последней проверки, и что для этих новых дополнений были проведены испытания непрерывности;
- имеются в наличии неповрежденные проводники выравнивания потенциала и соединения внутри здания (функционирующие);
- обеспечены безопасные расстояния;
- проводники выравнивания потенциала, соединения, экранирующие приспособления, прокладка кабеля и УЗП были проверены и испытаны.

Е.7.2.4 Проведение испытания

Проверка и испытание СМЗ включают визуальные проверки, которые должны завершаться следующими действиями:

- проведением испытаний непрерывности, особенно непрерывности тех частей СМЗ, которые были невидимыми для проверки во время начальной установки и недоступными для визуальной проверки;
- проведением испытаний сопротивления системы заземления.

Необходимо проводить следующие изолированные и комбинированные измерения заземления и проверки (результаты вносить в протокол испытаний СМЗ):

- а) сопротивление на землю каждого локального электрода заземления и сопротивление на землю всей системы заземления.

Каждый локальный электрод заземления следует измерять в изоляции, помещая измерительный наконечник между токоотводом и электродом заземления в разъединенном положении (изолированное измерение).

Если сопротивление системы заземления на землю в целом превышает 10 Ом, то нужно проводить проверку, чтобы убедиться, что электрод соответствует рисунку 2 настоящего предстандарта.

Если имеется значительное увеличение значения сопротивления заземления, то необходимо проводить дополнительные исследования, чтобы определить причину увеличения сопротивления заземления при измерении, предпринимаемые для улучшения ситуации.

Для электродов заземления в скалистом грунте необходимо следовать требованиям Е.5.4.3.5. Требование, что сопротивление заземления должно быть 10 Ом, в этом случае не применимо;

- б) результаты визуальной проверки всех проводников, соединений и стыков или их измеренной электрической непрерывности.

Примечание – Измерение на высокой частоте можно проводить на этапе установки так же, как и при обслуживании системы заземления, с целью проверки соответствия между запроектированной системой и требуемой.

Если система заземления не соответствует этим требованиям или проверка требований не возможна по причине отсутствия информации, система заземления должна быть усовершенствована посредством установки дополнительных электродов заземления или установки новой системы заземления.

Е.7.2.5 Документация проверки

Для облегчения проведения проверок СМЗ необходимо подготовить соответствующие руководящие указания. Они должны содержать достаточную информацию, необходимую инспектору в процессе проверки, чтобы все важные участки были отражены в документации, например способ установки СМЗ, тип и состояние компонентов СМЗ, методы испытания и надлежащую запись полученных данных испытания.

Инспектор должен составить отчет о проверке СМЗ, который должен храниться вместе с отчетом по проекту СМЗ и отчетами предыдущих проверок и технического обслуживания СМЗ.

Отчет о проверке СМЗ должен содержать следующую информацию:

- общие условия электродов заземления и другие компоненты заземления;
- общий уровень коррозии и условие защиты от коррозии;
- безопасность крепления проводников и компонентов СМЗ;
- измерения сопротивления заземления системы заземления;
- любое отклонение от требований настоящего предстандарта;
- документацию всех изменений и расширения СМЗ и любые изменения в здании. Кроме того, должны быть проанализированы чертежи конструкции СМЗ и проектное описание СМЗ;
- результаты проведенных испытаний.

Е.7.3 Техническое обслуживание

Необходимо регулярно проводить техническое обслуживание СМЗ, чтобы гарантировать, что она не ухудшается и продолжает отвечать требованиям, согласно которым она была первоначально спроектирована. Проект СМЗ должен определять необходимый цикл технического обслуживания и проверки в соответствии с таблицей Е.2 настоящего предстандарта.

Программа технического обслуживания СМЗ должна предусматривать постоянную актуализацию СМЗ в соответствии с настоящим предстандартом.

Е.7.3.1 Общие замечания

Компоненты СМЗ имеют тенденцию снижать свою эффективность по истечении срока эксплуатации в результате коррозии, повреждения из-за воздействия погодных условий, механического повреждения и повреждения от ударов молнии.

Программы проверки и технического обслуживания определяются соответствующим органом, проектировщиком СМЗ или установщиком СМЗ совместно с владельцем здания или назначенным представителем.

Для выполнения технического обслуживания и проведения проверок СМЗ обе программы (проверки и технического обслуживания) должны быть скоординированы.

Техническое обслуживание СМЗ является важным фактором, даже если проектировщик СМЗ предпринял все меры предосторожности для обеспечения защиты от коррозии и определил размеры компонентов СМЗ в соответствии с конкретным воздействием на них повреждения молнией и погодных условий дополнительно к требованиям предстандарта.

Механические и электрические характеристики СМЗ должны поддерживаться в полном объеме на протяжении всего жизненного цикла СМЗ, чтобы она отвечала проектным требованиям настоящего предстандарта.

Может понадобиться модифицировать СМЗ, если модификации выполняются на здании или ее оборудовании или если изменена цель, для которой здание предназначено.

Если проверка показывает необходимость ремонта, то его следует проводить незамедлительно и не откладывать до следующего цикла технического обслуживания.

Е.7.3.2 Процедура технического обслуживания

Программы периодического технического обслуживания следует устанавливать для всех СМЗ.

Периодичность процедур технического обслуживания зависит от следующих факторов:

- ухудшения погодных условий и условий окружающей среды;
- воздействия фактического повреждения молнией;
- уровня защиты, установленного для здания.

Процедуры технического обслуживания СМЗ следует устанавливать для каждой конкретной СМЗ, что должно стать частью общей программы технического обслуживания здания.

Программа технического обслуживания должна содержать перечень обычных вопросов, составляющих контрольный лист, используемый для того, чтобы следовать определенным процедурам регулярного технического обслуживания и чтобы можно было сравнить последние результаты с предыдущими результатами.

Программа технического обслуживания должна содержать следующие положения:

- верификацию всех проводников СМЗ и компонентов системы;
- верификацию электрической проводимости установки СМЗ;
- измерение сопротивления на землю системы заземления;
- верификацию УЗП;
- повторное закрепление компонентов и проводников;

– верификацию, гарантирующую, что эффективность СМЗ не была снижена после добавлений или изменений в ней, а также в здании или расположенном в нем оборудовании.

Е.7.3.3 Документация технического обслуживания

Необходимо хранить полные записи обо всех процедурах технического обслуживания и включать в них предпринимаемые или требуемые корректирующие действия.

Записи процедуры технического обслуживания должны использоваться в качестве средства оценки компонентов СМЗ и ее установки.

Запись технического обслуживания СМЗ должна служить в качестве основания для пересмотра процедур технического обслуживания, а также для обновления программ технического обслуживания. Записи технического обслуживания СМЗ должны храниться вместе с проектом СМЗ и отчетами о проверке СМЗ.

Библиография

- [1] IEC 60050-426:2008 International electrotechnical vocabulary (IEV). Chapter 426: Electrical apparatus for explosive atmospheres
(Международный электротехнический словарь. Глава 426: Электрическая аппаратура для взрывоопасных атмосфер)
- [2] IEC 61000-5-2:1997 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 5: Installation and mitigation guidelines – Section 2: Earthing and cabling
(Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 5: Руководства по монтажу и подавлению помех. Раздел 2. Заземление и прокладка кабелей)
- [3] IEC 61643-1:2005 Low-voltage surge protective devices Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests
(Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 1. Устройства защиты от перенапряжений, подсоединенные к низковольтным энергораспределительным системам. Требования и испытания)
- [4] EN 50164 (все части) Lightning protection components (LPC)
[Компоненты системы молниезащиты (LPC)]
- [5] EN 50164-1:2008 Lightning protection components (LPC). Part 1: Requirements for connection components
(Компоненты системы молниезащиты (LPC). Часть 1. Требования к компонентам соединения)