

СОДЕРЖАНИЕ

1 Рамки применения	4
2 Нормативно-правовые акты	4
3 Определения	6
4 Система молниезащиты с активным молниеотводом, формирующим восходящий лидер	11
4.1 Необходимость защиты	11
4.2 Компоненты системы молниезащиты	11
5 Система молниезащиты с формированием восходящего лидера	13
5.1 Проект	13
5.2 Молниеотвод с формированием восходящего лидера	13
5.2.1 Общие принципы	13
5.2.2 Эффективность молниеотвода ESEAT	13
5.2.3 Размещение молниеотвода ESEAT	14
5.2.3.1 Защищаемая зона	14
5.2.3.2 Радиус защиты	16
5.2.3.3 Выбор и размещение молниеотвода ESEAT	16
5.2.3.4 Защиты высотных зданий (высотой выше 60 м)	16
5.2.3.5 Защита зданий для уровней защиты I+ and I++	17
5.2.4 Материалы и размеры	17
5.2.5 Установка	17
5.3 Токоотводы	18
5.3.1 Общие принципы	18
5.3.2 Количество вертикальных молниеотводов	18
5.3.3 Определение маршрута прокладки токоотводов	19
5.3.4 Определение маршрута прокладки токоотводов внутри помещения	20
5.3.5 Наружная обшивка	21
5.3.6 Материалы и размеры	21
5.3.7 Контрольный стык	21
5.3.8 Счетчик ударов молнии	21
5.3.9 Собственные компоненты	21
5.3.10 Собственные компоненты, которые могут заменять весь токоотвод или его часть	21
5.3.11 Собственные компоненты, которые можно использовать для дополнения токоотвода(ов)	22
5.4 Эквипотенциальное соединение металлических частей	22
5.4.1 Общая информация	22
5.5 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты	22
5.5.1 Общая информация	22
5.5.2 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для металлических установок	23
Таблица 1 – Минимальные сечения проводников, соединяющих различные контактные шины или соединяющих контактные шины с системой заземления	24
Таблица 2 – Минимальные сечения проводников, соединяющих внутренние металлические установки с контактной шиной	24
5.5.3 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для наружных проводящих деталей	24
5.5.4 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для внутренних систем	24
5.5.5 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для линий, подключаемых к защищаемому сооружению	24
5.6 Электрическая изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem	25
Таблица 3 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_i	25
Таблица 4 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_m	25
Таблица 5 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_c	26
6 Системы заземления	26
6.1 Общая информация	26
6.2 Типы систем заземления	27
Таблица 6 – Типичное сопротивление грунтов	28
6.3 Дополнительные меры	28
6.4 Эквипотенциальность заземления	29
6.5 Требования к доступности	29
6.6 Материалы и размеры	29

7 Специальные меры.....	30
7.1 Антенны	30
7.2 Зоны хранения воспламеняемых и взрывчатых материалов.....	30
7.3 Религиозные сооружения.....	30
8 Файл исполнения, проверка и техническое обслуживание.....	31
8.1 Файл исполнения	31
8.2 Приказы на проведение проверок.....	32
Таблица 7 – Периодичность проведения проверок в зависимости от уровня защиты	32
8.3 Отчет по проверке	32
8.4 Исходная проверка	32
8.5 Визуальная проверка	33
8.6 Полная проверка.....	33
8.7 Техническое обслуживание	33
Приложение А (нормативное) АНАЛИЗ РИСКОВ	34
А.1 Пояснение терминов	34
Таблица А.1 – Источники повреждений, типы повреждений и типы потерь в соответствии с местом удара молнии	35
Таблица А.2 – Компоненты риска, учитываемые для каждого типа потерь в сооружении.....	37
А.2 Управление рисками	38
Таблица А.3. Типичные значения допустимого риска R_T	38
А.3 Оценка компонентов риска сооружения	41
Таблица А.4. Компоненты риска сооружения для различных типов ущерба, вызванных различными источниками ущерба.....	43
А.4 Оценка годового числа N опасных происшествий	45
Таблица А.5. Коэффициент местонахождения C_d	49
Таблица А.6. Площади стягивания молний A_i и A_l в зависимости от характеристик линии электропередач	51
Таблица А.7. Коэффициент трансформатора C_t	51
Таблица А.8. Коэффициент воздействия на окружающую среду C_e	52
А.5 Оценка вероятности P_X причинения ущерба сооружению.....	53
Таблица А.9. Значения вероятности P_A поражения электрическим током людей и животных при разряде на сооружение в результате опасных величин контактного и шагового напряжения	53
Таблица А.10. Значения P_B в зависимости от мер защиты	53
в целях снижения физического ущерба.....	53
Таблица А.11. Значение вероятности P_{SPD} в зависимости от УМ,	54
для которых предназначены устройства защиты от импульсных перенапряжений	54
Таблица А.12. Значение вероятности P_{MS} в зависимости от коэффициента K_{MS}	55
Таблица А.13. Значение коэффициента K_{S3} в зависимости от типа внутренней проводки.....	56
Таблица А.14. Значения вероятности P_{LD} в зависимости от сопротивления R_S экранной защиты кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_w оборудования.....	57
Таблица А.15. Значения вероятности P_{LI} в зависимости от сопротивления R_S экранной защиты кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_w оборудования	58
А.6. Оценка объема потерь L_X в сооружении.....	58
Таблица А.16. Типичные средние значения L_t , L_f и L_o	59
Таблица А.17. Значения понижающих коэффициентов g_a и g_u в зависимости от типа поверхности грунта или настила	60
Таблица А.18. Значения понижающего коэффициента g_p в зависимости мер, предпринятых для снижения последствий пожара	60
Таблица А.19. Значения понижающего коэффициента g_f в зависимости от риска возникновения пожара сооружения.....	60
Таблица А.20. Значения коэффициента h_Z , повышающего относительный объем потерь при наличии особого типа опасности	61
Таблица А.21. Типичные средние значения L_f и L_o	61
Таблица А.22. Типичные средние значения L_t , L_f и L_o	62
Приложение В. Карты плотности грозового разряда на землю (N_g)	64
Приложение С. Методики испытаний молниеотводов с формированием восходящего лидера (МФВЛ) и требования к ним (нормативное).....	66
С.1 Условия эксплуатации	66
С.2 Требования	66
С.3 Типовые испытания	68

С.4. Структура и содержание протокола испытаний	75
С.5 Содержание и техническое обслуживание МФВЛ.....	76
Приложение D. ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ УДАРА МОЛНИЕЙ (нормативное)	77
D.1 Меры защиты людей и животных от ущерба в результате воздействия напряжения прикосновения и шага 77	
Приложение E. Пример значений коэффициента k_c (Справочное).....	78

СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ С ФОРМИРОВАНИЕМ ВОСХОДЯЩЕГО ЛИДЕРА

1 Рамки применения

Данный стандарт относится к системам молниезащиты с формированием восходящего лидера, устанавливаемых для защиты сооружений и открытых участков от прямого попадания молнии. Система с формированием восходящего лидера (ESESystem) выбирается, испытывается и устанавливается в соответствии с настоящим стандартом.

2 Нормативно-правовые акты

Ниже приведены нормативно-правовые акты, необходимые для реализации данного стандарта, на них будут даваться ссылки по тексту. К документам с датой применима только указанная редакция. К документам без даты применима только последняя редакция (включающая возможные дополнения).

IEC 60060-1	Методы проведения высоковольтных испытаний — Часть 1. Общие определения и требования (High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements)
CLC/TS 61643-12	Ограничители низковольтных импульсных напряжений — Часть 12: Ограничители импульсных напряжений, подключенные к энергораспределительным системам низкого напряжения – Выбор и принципы применения (Low-voltage surge protective devices — Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Selection and application principles)
EN 50164-1	Компоненты системы молниезащиты – Требования к подключению компонентов (Lightning protection system components - Requirements for connection components)
EN 50164-2	Компоненты системы молниезащиты – Требования к проводникам и заземлителям (Lightning protection system components - Requirements for connection components)
EN 50164-3	Компоненты системы молниезащиты – Требования к изолирующим искровым зазорам (Lightning protection system components - Requirements for isolating spark gaps)
EN 50164-6	Компоненты системы молниезащиты – Требования к счетчикам ударов молнии (LSC) (Lightning protection system components - Requirements for lightning strike counters (LSC))
EN 50164-7	Компоненты системы молниезащиты – Требования к составам, усиливающим заземление (Lightning protection system components - Requirements for earthing enhancing compounds)
EN 60068-2-52	Испытания на воздействие внешних факторов — Часть 2. Испытания – испытание Kb: соляной туман, цикличность (раствор хлорида натрия) (Environmental testing — Part 2: Tests - Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution))
EN 600079-10	Электроаппаратура для взрывоопасных газовых сред (Electrical apparatus for explosive gas atmospheres)
EN 61000-6-2	Электромагнитная совместимость – Часть 6-2. Общие стандарты – Невосприимчивость к производственным средам (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments)
EN 61000-6-3	Электромагнитная совместимость – Часть 6-3. Общие стандарты – Стандарты на выбросы в окружающую среду в жилых, торговых и производственных районах (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments)
EN 61180-1	Методы проведения высоковольтных испытаний для низковольтного оборудования – Часть 1. Определения, требования к испытанию и порядку их проведения (High-voltage test techniques for low-voltage equipment — Part 1: Definitions, test and procedure requirements)
EN 61241-10	Электроаппаратура для использования в присутствии горючей пыли – Часть 10. Классификация зон, где может присутствовать горючая пыль (Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust — Part 10: Classification of areas where combustible dust are or may be present)
EN 61643-11	Ограничители низковольтных импульсных напряжений — Часть 11. Ограничители импульсных напряжений, подключенные к энергосистемам низкого напряжения – Требования и испытания (Low-voltage surge protective devices — Part 11: Surge protective devices connected low-voltage power systems - Requirements and tests)
EN ISO 6988	Металлические и другие неорганические покрытия – Испытание двуокиси серы при общей конденсации (A 05-106) влаги (Metallic and other non organic coatings — Sulfur dioxide test with general condensation of (A 05-106) moisture)
UTE C 15-443	Guide pratique - Protection des installations electriques basse tension contre les surtensions d'origine atmospherique ou dues a des manoeuvres Choix et installation des parafoudres
UTE C 15-712-1	Guide Pratique - Installations photovoltaiques raccordees au reseau public de distribution - Installation electrique a basse tension

ITU K.46	Защита телекоммуникационных линий с помощью металлических симметричных проводов от всплесков напряжения, вызванных грозовыми разрядами (Protection of telecommunication lines using metallic symmetric conductors against lightning-induced surges)
ITU K.47	Защита телекоммуникационных линий с помощью металлических проводов от прямых грозовых разрядов (Protection of telecommunication lines against direct lightning discharges)
Директива RTTE 1999/5/CE	concernant les équipements hertziens et les équipements terminaux de telecommunications et la reconnaissance mutuelle de leur conformité

3 Определения

3.1 Согласованная защита ограничителей перенапряжения (ОПН)

Комплект правильно выбранных, согласованных и должным образом установленных ограничителей перенапряжения, предназначенных для снижения отказов в электрических и электронных системах.

3.2 Импульс тока (i_{imp})

Максимальное значение (I_{peak}), определяемое зарядом Q и удельной энергией W/R .

3.3 Опасное событие

Вспышка молнии на объекте, подлежащем защите, или вблизи такого объекта.

3.4 Опасное искрение

Вызванный молнией электрический разряд, приводящий к физическому повреждению внутри подлежащего защите сооружения.

3.5 Токоотвод

Часть системы молниезащиты, предназначенной для отведения тока молнии от молниеотвода с формированием восходящего лидера (ESEAT) в систему заземления.

3.6 Молниеотвод с формированием восходящего лидера (ESEAT)

Молниеотвод, формирующий восходящий лидер раньше, чем молниеотвод на простом шесте, при работе в одинаковых условиях.

ПРИМЕЧАНИЕ - Молниеотвод с формированием восходящего лидера состоит из точки удара молнии, прибора с эмиссией, крепежного элемента и присоединения к токоотводам.

3.7 Система молниезащиты с формированием восходящего лидера (ESESsystem)

Полная система на базе одного или нескольких молниеотводов с формированием восходящего лидера (ESEAT) и всех элементов для безопасного отведения удара молнии в землю для защиты сооружения, установки или открытого участка от прямого попадания молнии.

ПРИМЕЧАНИЕ – Эта система включает как внутреннюю, так и наружную систему молниезащиты.

3.8 Система заземления

Часть наружной системы молниезащиты (ESESsystem), предназначенная для отвода тока молнии в землю и его рассеивания.

3.9 Электрическая система

Система элементов и каналов электропитания низкого напряжения.

3.10 Электронная система

Система чувствительных электронных элементов, таких как оборудование связи, компьютеры, контрольно-измерительные системы, радиосистемы, силовые электронные установки.

3.11 Эквипотенциальное соединение

Присоединение к системе молниезащиты ESESsystem отдельных проводящих деталей (см. п. 5.5) установки путем прямого подключения или через ограничители импульсных напряжений для снижения разницы потенциалов, создаваемых током молнии.

3.12 Главная шина эквипотенциального соединения

Шина, используемая для подключения собственных компонентов, заземляющих проводников, экранов, защитных оболочек телекоммуникационных или иных кабелей и токоотводов к системе молниезащиты.

3.13 Эквивалентная стягивающая площадь поверхности сооружения Ad

Плоская поверхность земли, подвергаемая такому же количеству ударов молнии, что и рассматриваемое сооружение.

3.14 Эффективность молниеотвода ESEAT (QT)

Разница, выраженная в микросекундах, между временем эмиссии молниеотвода с формированием восходящего лидера (ESEAT) и молниеотвода на простом шесте (SRAT), измеренным в лаборатории в условиях, определенных в данном стандарте.

3.15 Наружная система молниезащиты ESESystem, изолированная от защищаемого сооружения

Молниезащита с системой заземления и системой токопроводов, расположенных таким образом, что ток молнии не будет проходить по защищаемым сооружениям.

ПРИМЕЧАНИЕ. В изолированной системе молниезащиты между этой системой и сооружением не образуются искры.

3.16 Наружная система молниезащиты ESESystem, не изолированная от защищаемого сооружения

Молниезащита с системой заземления и системой токопроводов, расположенных таким образом, что путь тока молнии будет контактировать с защищаемым сооружением.

3.17 Отказ электрической и электронной систем

Неустраняемое повреждение электрической и электронной систем из-за электромагнитного импульса грозовых разрядов

3.18 Ток повреждения (I_a)

Минимальное значение тока молнии, вызывающее повреждения.

3.19 Травмы живых существ

Травмы, включая и смертельный исход, людей или животных из-за касания и скачка напряжения, создаваемого грозовым разрядом

3.20 Арматурная сталь

Стальная металлоконструкция внутри бетонной конструкции для обеспечения постоянного электрического контакта.

3.21 Внутренние системы

Электрическая и электронная системы в пределах сооружения.

3.22 Изолирующий искровой промежуток (ISG)

Компонент с разрядным расстоянием для изоляции электропроводных частей установки.

ПРИМЕЧАНИЕ. При ударе молнии в ответ на разряд части установки на время соединяются гальванической зарядовой связью.

3.23 Электромагнитные импульсы грозовых разрядов (LEMP)

Электромагнитное воздействие тока молнии.

ПРИМЕЧАНИЕ. Это понятие включает воздействие электромагнитного поля от проведенных выбросов тока и напряжения, а также от излученных импульсов.

3.24 Система защитных мер от электромагнитных импульсов грозовых разрядов (LPMS)

Полная система защитных мер от электромагнитных импульсов грозовых разрядов для внутренних систем.

3.25 Плотность вспышек молнии грозозащитного заземления N_g

Количество вспышек молнии на квадратный километр за год. Это значение можно взять из сети точек разрядов молнии.

3.26 Разряд молнии рядом с объектом

Удар молнии достаточно близко к защищаемому объекту, способный вызвать опасное перенапряжение.

3.27 Разряд молнии на объект

Удар молнии в защищаемый объект.

3.28 Разряд молнии на землю

Атмосферный электрический разряд между облаками и землей, состоящий из одной или более дуг.

3.29 Уровень молниезащиты (LPL)

Величина, относящаяся к набору значений параметров тока молнии, связанных с вероятностью, что соответствующие максимальные и минимальные расчетные значения не будут превышены при естественном возникновении молнии.

ПРИМЕЧАНИЕ. Уровень молниезащиты используется для разработки защитных мер в соответствии с конкретным набором параметров тока молнии.

3.30 Зона молниезащиты (LPZ)

Зона, в которой молния создает электромагнитную среду.

ПРИМЕЧАНИЕ. Границами зоны молниезащиты не обязательно являются физические границы (например, стены, пол и потолок).

3.31 Потери (L_x)

Средняя сумма потерь (люди и имущество), вызванных повреждением определенного типа, случившимся из-за опасного события, относительно ценности (люди и имущество) защищаемого объекта.

3.32 Собственный компонент

Проводящий элемент, расположенный снаружи сооружения, утопленный в стенах или расположенный внутри сооружения, который может использоваться дополнительно к токоотводам системы молниезащиты ESESystem.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для защиты с помощью молниеотводов ESEAT, собственные компоненты могут использоваться только как дополнительные, но никогда как единственный токоотвод, кроме как в случае полностью металлических сооружений.

3.33 Узел

Точка на служебной линии, в которой можно пренебречь распространением импульсов напряжения

ПРИМЕЧАНИЕ. Примерами узлов служат присоединение понижающего трансформатора, мультиплексор на телекоммуникационной линии или ОПН, установленный на линии.

3.34 Частота возникновения опасных событий из-за разрядов молнии на сооружение (N_d)

Ожидаемое среднегодовое количество опасных событий из-за разрядов молнии на сооружение.

3.35 Частота возникновения опасных событий из-за разрядов молнии на систему электроснабжения (N_L)

Ожидаемое среднегодовое количество опасных событий из-за разрядов молнии на систему электроснабжения.

3.36 Частота возникновения опасных событий из-за разрядов молнии вблизи сооружения (N_m)

Ожидаемое среднегодовое количество опасных событий из-за разрядов молнии вблизи сооружения.

3.37 Частота возникновения опасных событий из-за разрядов молнии вблизи системы электроснабжения (N_s)

Ожидаемое среднегодовое количество опасных событий из-за разрядов молнии вблизи системы электроснабжения.

3.38 Защищаемый объект

Сооружение или система электроснабжения, подлежащие защите от воздействия молнии.

ПРИМЕЧАНИЕ. Защищаемое сооружение может быть частью еще большего по размеру сооружения.

3.39 Физическое повреждение

Повреждение сооружения (или его содержимого) или системы электроснабжения из-за механического, теплового, химического или взрывного действия молнии.

3.40 Трубы

Трубопроводы, подводящие или выводящие рабочую среду из сооружения, такие как газопровод, водопровод, маслопровод.

3.41 Вероятность возникновения повреждения (P_x)

Вероятность возникновения опасного события, которое приведет к повреждению защищаемого объекта.

3.42 Защищенная зона

Зона, защищаемая системой молниезащиты с формированием восходящего лидера.

3.43 Защитные меры

Меры, принимаемые на защищаемом объекте для снижения риска.

3.44 Реперный молниеотвод на простом шесте (SRAT)

Металлический стержень геометрической формы, определенный в данном стандарте, используемый в качестве репера.

3.45 Уровень допустимого импульсного выдерживаемого напряжения (U_w)

Импульсное выдерживаемое напряжение, установленное изготовителем оборудования или его части, характеризующее конкретную способность изоляции выдерживать перенапряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ. В целях данного стандарта рассматривается только выдерживаемое напряжение между проводами под напряжением и землей.

3.46 Риск (R)

Значение вероятных среднегодовых потерь (людей и имущества) из-за ударов молнии относительно полной стоимости (люди и имущество) защищаемого объекта.

3.47 Компонента риска (R_x)

Частичный риск в зависимости от источника и типа повреждения.

3.48 Сельская местность

Район с низкой плотностью застройки.

ПРИМЕЧАНИЕ. «Деревня» служит примером понятия «сельская местность».

3.49 Разделительный промежуток

Расстояние между двумя проводящими частями, при котором не возникает опасное искрение.

3.50 Специальный токоотвод

Токоотвод, отвечающий стандарту EN 50164-2, но не являющийся собственным компонентом сооружения.

3.51 Точка удара молнии

Место, где при ударе молнии создается контакт с землей, сооружением или системой молниезащиты.

3.52 Сооружения с риском взрыва

Сооружения, содержащие твердотельные взрывчатые материалы, или имеющие опасные зоны, как определено в стандартах IEC 60079-10 и IEC 61241-10.

ПРИМЕЧАНИЕ. Для оценки риска по данному стандарту рассматриваются только сооружения с опасными зонами типа 0 или сооружения, содержащие твердотельные взрывчатые материалы.

3.53 Сооружения опасные для окружающей среды

Сооружения, которые в результате удара молнии могут стать источником утечки биологических, химических и радиоактивных веществ (например, химические, нефтехимические заводы, атомные электростанции и т.д.)

3.54 Пригородная зона

Район со средней плотностью застройки.

ПРИМЕЧАНИЕ. «Окраина» служит примером понятия «пригородная зона».

3.55 Выброс напряжения/тока

Волна переходных процессов, проявляющаяся как импульс перенапряжения и/или сверхтока, вызываемый электромагнитным импульсом грозового разряда.

ПРИМЕЧАНИЕ. Импульсы перенапряжения и/или сверхтока, вызываемые электромагнитным импульсом грозового разряда, могут возникать из-за (частично) тока молнии, эффекта индукции в контурах установки и как остаточная угроза за ОПН.

3.56 Ограничитель перенапряжения (ОПН)

Устройство, предназначенное для ограничения перенапряжения переходного режима и отвода сверхтока. Это устройство содержит, как минимум, один нелинейный компонент.

3.57 Телекоммуникационные линии

Средство связи, такое как телефонная линия или линия передачи данных, предназначенное для обеспечения связи между оборудованием, установленным в отдельных сооружениях.

3.58 Контрольный стык

Место соединения, предназначенное для проведения электрических испытаний и измерений компонент системы молниезащиты ESESystem.

3.59 Допустимый риск (R_T)

Максимальное значение риска, допустимое для защищаемого объекта.

3.60 Переходное перенапряжение атмосферного происхождения

Кратковременное перенапряжение длительностью не более нескольких миллисекунд колебательного характера или нет, обычно быстро затухающее.

3.61 Городская зона

Район с высокой плотностью застройки высокими и населенными зданиями.

ПРИМЕЧАНИЕ. «Центр города» служит примером понятия «городская зона».

3.62 Зона сооружения (Z_s)

Часть сооружения с одинаковыми характеристиками, в которой берется только один набор параметров для оценки риска одного компонента.

4 Система молниезащиты с активным молниеотводом, формирующим восходящий лидер

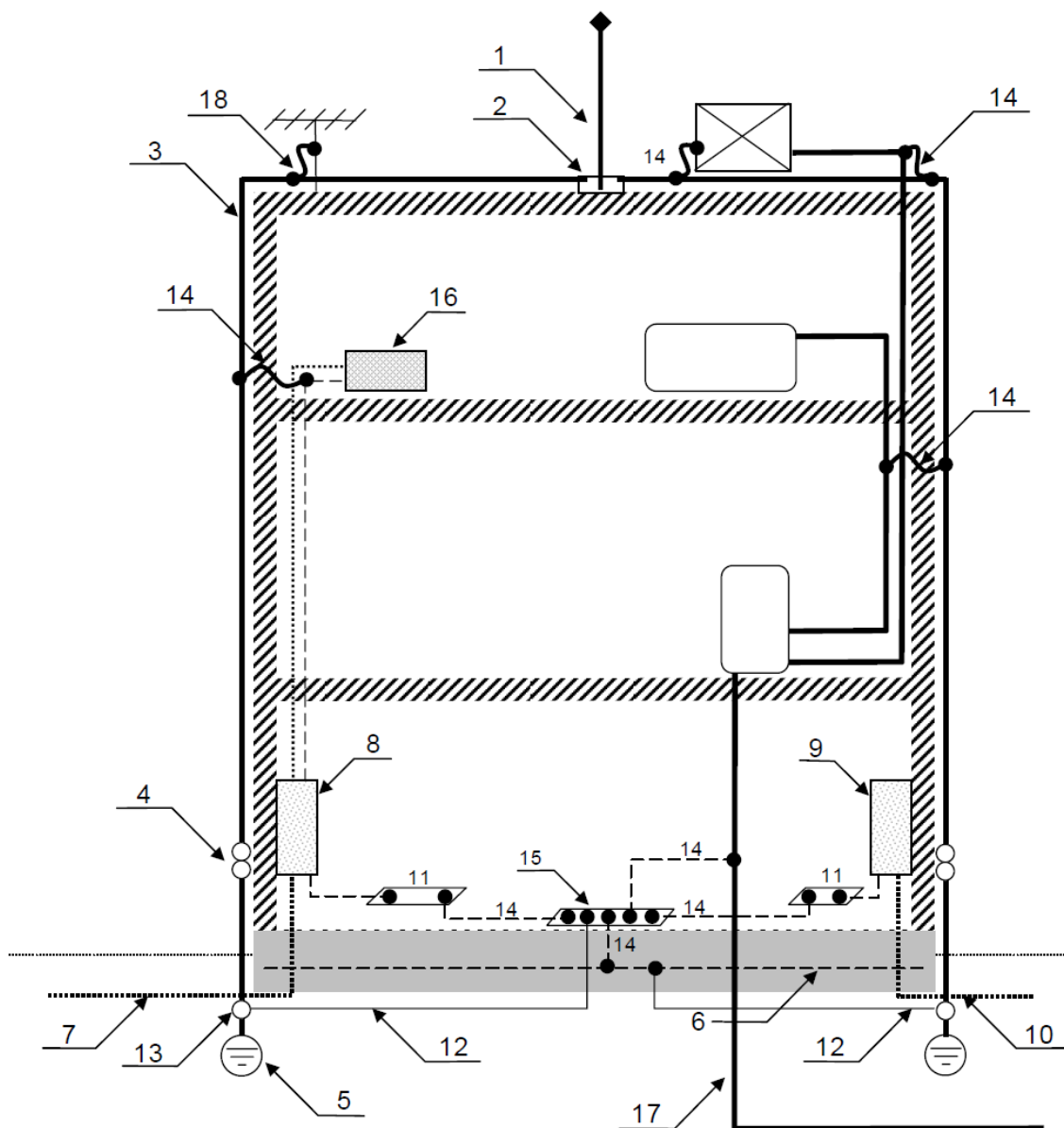
Необходимость защиты

Необходимость защиты определяется по многим параметрам, включая плотность ударов молнии в рассматриваемой зоне. В Приложении А предлагается метод анализа риска. Значения плотности ударов молнии приводятся в Приложении В, или же их можно найти, например, в сети обнаружения, картах и данных статистики.

ПРИМЕЧАНИЕ. Помимо статистических данных могут быть и другие причины, требующие принятия защитных мер. Например, обязательные для выполнения правила или личные учитываемые факторы, поскольку некоторые факторы не поддаются оценке: применение защиты может потребовать желание избежать риска для жизни или обеспечить безопасность жильцам здания, даже когда рассчитываемый риск находится ниже допустимого уровня.

Компоненты системы молниезащиты

Установка может состоять из следующих элементов:



Обозначения:

- 1- один или более молниеотводов с формированием восходящего лидера (ESEAT)
- 2- соединительный элемент
- 3- один или более специальных токоотводов
- 4- контрольный стык для каждого токоотвода
- 5- один заземлитель для каждого специального токоотвода
- 6- заземлитель в фундаменте (заземление сооружения)
- 7- электрический силовой кабель
- 8- главная распределительная коробка электропитания с ОПН
- 9- главная телекоммуникационная распределительная коробка с ОПН
- 10- телекоммуникационный кабель с ОПН
- 11- одна или более эквипотенциальных контактных шин
- 12- одно или более эквипотенциальных соединений между заземлителями
- 13- отсоединяемое соединительное устройство
- 14- одно или более эквипотенциальных соединений (напрямую или через изолирующий искровой промежуток).
- 15- главная заземляющая шина
- 16- электрооборудование
- 17- металлическая труба
- 18- одно или более эквипотенциальных соединений через искровой промежуток для антенной мачты

Рисунок 1 Компоненты системы молниезащиты

5 Система молниезащиты с формированием восходящего лидера

5.1 Проект

На основании требуемого уровня молниезащиты составляется проект размещения молниеотвода, путей расположения токоотводов, размещения и типа системы заземления.

Во время проектирования системы молниезащиты необходимо учитывать архитектурные ограничения, которые могут значительно снизить эффективность системы.

Проект основывается на имеющихся данных и включает:

- форму и скат крыши;
- материал крыши, стен и внутренней конструкции;
- металлические детали крыши и важные наружные металлические элементы, такие как газопроводы, кондиционеры, лестницы, антенны, емкости с водой,...;
- водосточные желоба и трубы;
- выступающие части сооружения и материал, из которого они сделаны (проводящий или нет);
- самые уязвимые части сооружения: уязвимыми считаются такие выступающие части сооружения, как башни, флюгеры, острые объекты, дымовые трубы, водосточные желоба, края и кромки, металлические объекты (вытяжные вентиляторы, системы очистки стен, поручни, фотогальванические элементы (UTE C 15-712-1), балюстрады, ...), лестницы, помещения для оборудования а плоских крышах и т.д.
- размещение металлических трубопроводов (воды, энергии, газа...) сооружения;
- близкие препятствия, которые могут влиять на траекторию разряда молнии, такие как воздушные линии электропередачи, металлические заборы, деревья и т.д.;
- характеристики окружающей среды, которая может обладать значительными коррозионными свойствами (соленая среда, нефтехимический или цементный завод и т.д.);
- присутствие легковоспламеняемого материала или чувствительного оборудования, такого как компьютеры или электронное оборудование, высокая ценность или незаменимое имущество и т.д.

5.2 Молниеотвод с формированием восходящего лидера

5.2.1 Общие принципы

Молниеотвод с формированием восходящего лидера (ESEAT) состоит из точки удара молнии, прибора с эмиссией, крепежного элемента и присоединения к токоотводам.

Зона, защищаемая молниеотводом ESEAT, определяется в соответствии с его эффективностью как указано в пункте 5.2.2.

Желательно устанавливать молниеотвод ESEAT в самой верхней точке сооружения. Это должна быть самая высокая точка в пределах защищенной зоны.

5.2.2 Эффективность молниеотвода ESEAT

Молниеотвод ESEAT характеризуется его эффективностью ΔT , которая подтверждается оценочным испытанием (см. Приложение С).

Максимальное значение ΔT , независимо от результатов испытаний, составляет 60 $\mu\text{с}$.

5.2.3 Размещение молниеотвода ESEAT

5.2.3.1 Защищаемая зона

Защищаемая зона ограничивается поверхностью сферы, определяемой радиусом защиты, соответствующим различным рассматриваемым высотам h , и с такой же осью, что и ось молниеотвода (см. рисунок 2).

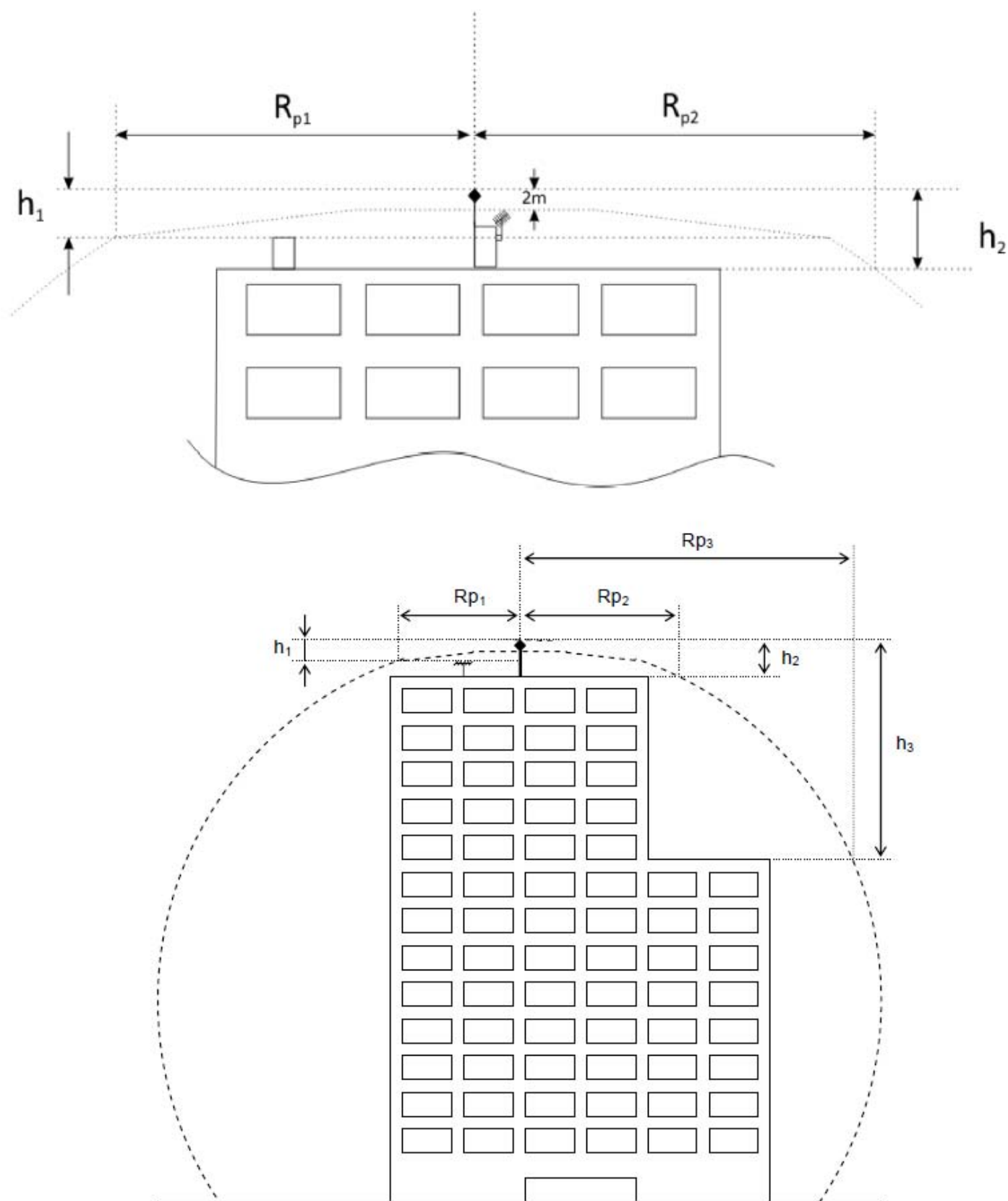


Рисунок 2 – Радиус защищаемой зоны (при допущении, что $h_1 = 5$ м)

где:

h_n – это высота кончика молниеотвода ESEAT над горизонтальной плоскостью, проходящей через самую дальнюю точку защищаемого объекта.

R_{pn} – это радиус защиты молниеотвода ESEAT относительно рассматриваемой высоты h_n .

5.2.3.2 Радиус защиты.

Радиус защиты молниеотвода ESEAT связан с его высотой (h) относительно защищаемой поверхности, его временем опережения формирования лидера и выбранным уровнем защиты (см. Приложение А).

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

и

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

где:

$R_p(h)$ (м) – радиус защиты при данной высоте h

h (м) – это высота кончика молниеотвода ESEAT над горизонтальной плоскостью, проходящей через самую дальнюю точку защищаемого объекта.

r (м) 20 м для уровня защиты I

30 м для уровня защиты II

45 м для уровня защиты III

60 м для уровня защиты IV

Δ (м) $\Delta = \Delta T \times 10^6$

Полевая практика подтвердила, что Δ равен эффективности, полученной во время оценочных испытаний молниеотвода ESEAT.

К зданиям выше 60 м должны применяться требования пункта 5.2.3.4.

5.2.3.3 Выбор и размещение молниеотвода ESEAT

Для установки каждой системы молниезащиты должен выполняться анализ рисков, позволяющий определить минимальный требуемый уровень защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ. Метод анализа рисков приводится в Приложении А, можно использовать также другие методы анализа рисков, приводимые в других нормативных документах.

Расположение молниеотвода ESEAT выбирается в соответствии с пунктами 5.2.1 и 5.2.5.

Требуемый для защиты сооружения радиус защиты определяется в соответствии с характеристиками здания.

Высота молниеотвода ESEAT и его эффективность определяется по вышеприведенным пунктам и формулам на основе выбранного молниеотвода ESEAT.

5.2.3.4 Защиты высотных зданий (высотой выше 60 м)

Дополнительная защита от прямого удара молнии для верхних 20% высоты сооружения для зданий выше 60 м или любой точки выше 120 м с помощью молниеотводов ESEAT или любых других средств должна реализовываться на каждом фасаде в соответствии с действующим стандартом. Кроме того, должно использоваться минимум 4 токоотвода, соединенных кольцевым токоотводом, где это возможно, распределенных по периметру и, если возможно, на каждом углу здания.

ПРИМЕЧАНИЕ. В целом, риск бокового удара молнии низкий, поскольку только незначительный процент всех ударов в высокие сооружения приходится на боковую сторону, и сила таких ударов намного меньше силы ударов по верху сооружений.

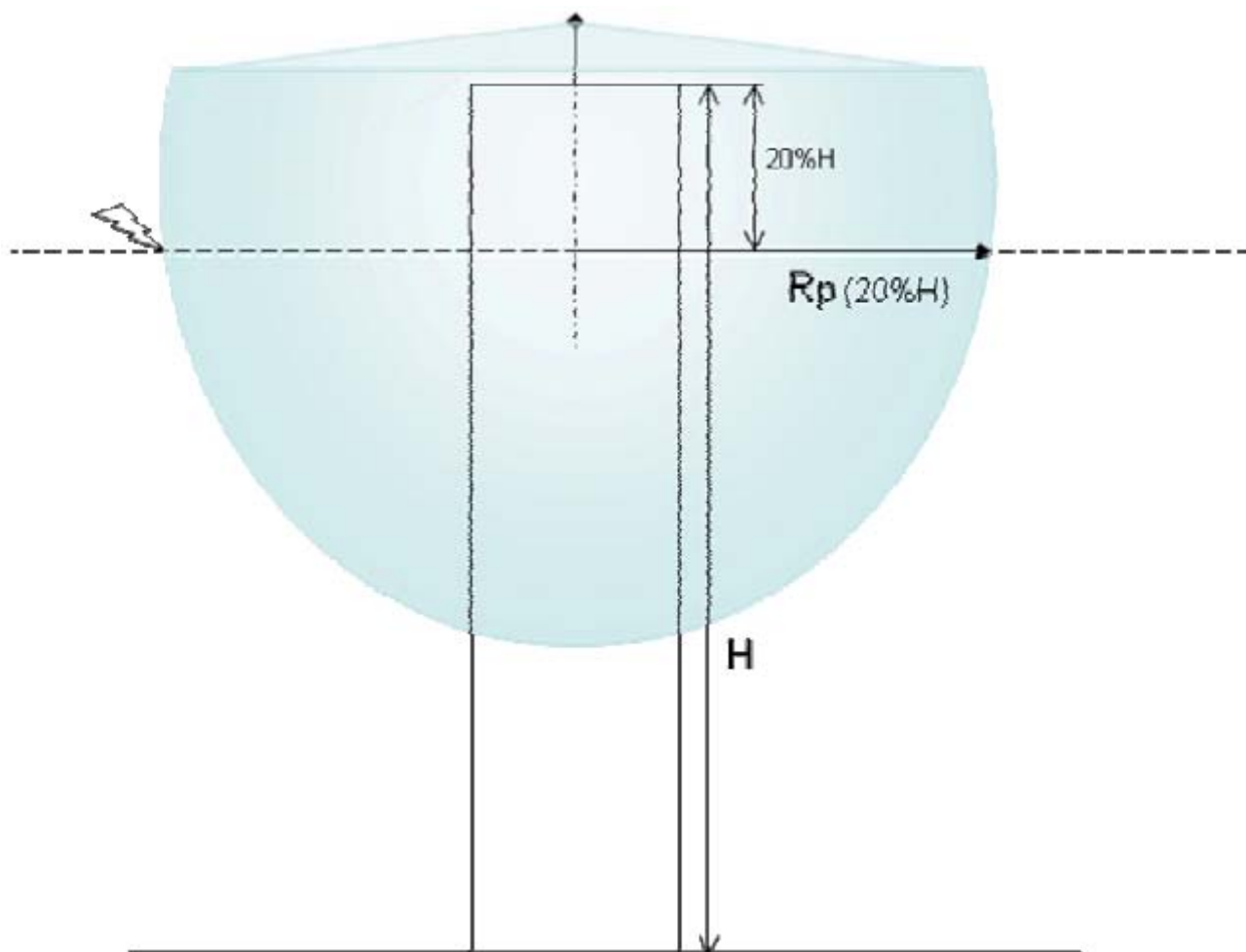


Рисунок 3 - Дополнительная защита от прямого удара молнии для верхних 20% высоты сооружения для зданий выше 60 м

5.2.3.5 Защита зданий для уровней защиты I+ and I++

Уровень защиты I+. Система молниезащиты ESESystem с уровнем защиты 1 дополнительно подсоединяется к металлической конструкции или арматурным стержням зданий, используемым в качестве собственных токоотводов помимо специальных токоотводов, входящих в состав системы ESESystem в соответствии с пунктом 5.3. Подключение к собственным токоотводам должно выполняться на уровне крыши и земли. Если токоотводы не подключены на уровне крыши, то для удовлетворения этих требований можно использовать кольцевой токоотвод, расположенный над крышей. Токоотводы должны подключаться на уровне земли или с помощью контура заземления, или с помощью специального проводника.

При отсутствии собственных токоотводов или невыполнении одного из вышеуказанных требований уровень I+ не достигается.

Уровень защиты I++. Крыша имеет уровень защиты I+ при установленном молниеотводе ESEAT с радиусом защиты, сниженным на 40% по сравнению со значениями, приведенными в пункте 5.2.3.2, обеспечивающими полную защиту оборудования на крыше от прямых ударов молнии.

5.2.4 Материалы и размеры

Все материалы должны соответствовать стандарту EN 50164-2

5.2.5 Установка

Верх молниеотвода ESEAT должен устанавливаться минимум на 2 м выше защищаемой им зоны,

включая антенны, башни охлаждения, крыши, баки и т.д.

При разработке системы молниезащиты ESESystem рекомендуется учитывать архитектурные элементы, подходящие для размещения молниеотвода ESEAT. Такими архитектурными элементами являются:

- помещения на плоской крыше,
- конёк крыши,
- кирпичная кладка или металлические дымовые трубы.

Молниеотводы ESEAT, защищающие открытые площади (спортивные площадки, площадки для гольфа, бассейны,...), должны устанавливаться на специальных опорах, таких как мачты, шесты или другие конструкции, позволяющие молниеотводу ESEAT охватывать всю защищаемую площадь.

Иногда молниеотводы ESEAT могут размещаться на отдельно стоящих мачтах. При использовании проволоочной оттяжки они подключаются в точке крепления на земле к токоотводам с помощью кабелей в соответствии с EN 50164-2.

5.3 Токоотводы

5.3.1 Общие принципы

Функция токоотводов состоит в том, чтобы проводить ток молнии от молниеотвода в систему заземления. Они размещаются в наружной части сооружения кроме специальных случаев.

Каждый токоотвод крепится к молниеотводу ESEAT с помощью размещенной на мачте соединительной системы. Последняя состоит из механического переходного элемента, обеспечивающего постоянный электрический контакт.

Когда токоотвод устанавливается на стенке, изготовленной из горючего материала, а не из меди, то во избежание опасного роста температуры должно удовлетворяться, по крайней мере, одно из нижеперечисленных условий:

- Разделительный промежуток должен составлять минимум 0,10 м
- Сечение проводника должно быть минимум 100 мм².

По определению токоотвод должен идти до земли. Допускается, что он может подниматься вверх для обхода препятствия, при условии, что суммарная высота препятствия меньше 40 см.

Рассматриваемые как 2 независимых токоотвода, они не должны идти параллельно (параллельно означает, что между токоотводами сохраняется расстояние менее 2 м). Для решения проблем, с которыми можно столкнуться на практике, разрешается проводить по тому же маршруту 5% от полной длины более короткого токоотвода.

5.3.2 Количество вертикальных молниеотводов

В неизолированных системах молниезащиты ESESystem каждый молниеотвод ESEAT должен подсоединяться минимум к двум токоотводам. Для лучшего распределения тока два маршрута прокладки токоотводов на землю должны располагаться на двух различных фасадах, если только этому не мешают особые обстоятельства.

По крайней мере одним из токоотводов должен быть токоотвод, отвечающий стандарту EN 50164-2, поскольку собственные компоненты можно изменять или убирать, не учитывая того факта, что они принадлежат системе молниезащиты.

Когда на одном здании расположено несколько молниеотводов ESEAT, токоотводов может быть несколько.

Поэтому если на крыше имеется n-ое количество молниеотводов ESEAT, нет необходимости прокладывать 2n-ое количество токоотводов, но обязательно должно быть n-ое количество специальных токоотводов. Использовать менее 2n-ое количества токоотводов допустимо, если

расчетное разделительное расстояние для всей системы позволяет такое количество.

Количество специальных токоотводов в соответствии со стандартом EN 50164-2 должно, по крайней мере, быть равным количеству молниеотводов ESEAT на здании. Разделительное расстояние позволяет определить количество необходимых токоотводов, а также возможность увеличения количества токоотводов. Увеличение количества специальных токоотводов позволяет уменьшать разделительное расстояние.

Примеры расчета разделительного промежутка в зависимости от количества токоотводов приводятся в Приложении Е.

В случае изолированной системы молниезащиты ESESystem, для каждого молниеотвода ESEAT требуется, по крайней мере, один токоотвод.

При наличии пилонов, мачт, дымовых труб и других металлических конструкций:

- Если металлическая конструкция удовлетворяет требованиям собственных компонентов, она может использоваться как первый токоотвод.
- Если конструкция изолированная, она может использоваться как единственно требуемый токоотвод. В этом случае дополнительно не требуется специальный токоотвод.
- Если конструкция не изолированная, она может рассматриваться как два необходимых токоотвода, если их площадь сечения превышает или равна 100 мм^2 . Если площадь сечения составляет от 50 мм^2 до 100 мм^2 , необходим второй специальный токоотвод в соответствии со стандартом EN 50164-2. Сооружение, не удовлетворяющее требованиям собственных компонентов, не может использоваться как токоотвод, поскольку необходимы один или два специальных токоотвода.

ПРИМЕЧАНИЕ. Собственные компоненты должны обладать полным сопротивлением с низким и постоянным значением. Для достижения такого низкого полного сопротивления может потребоваться добавление специального токоотвода в соответствии с EN 50164-2.

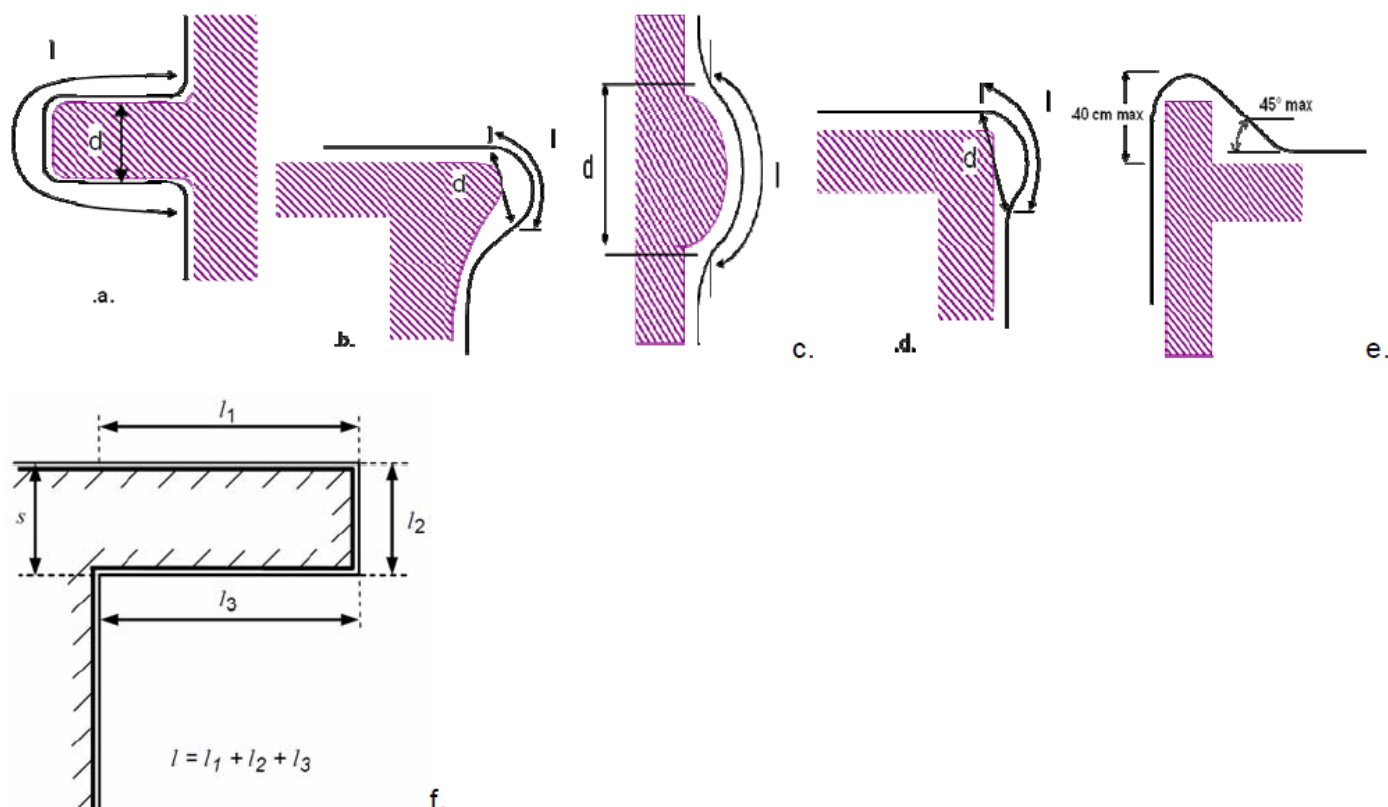
5.3.3 Определение маршрута прокладки токоотводов

Токоотвод должен прокладываться таким образом, чтобы его маршрут был по возможности более прямым. Маршрут прокладки токоотводов должен быть по возможности прямым, следовать кратчайшему пути, избегая острых изгибов или подъемов. Радиус изгиба должен быть не менее 20 см (см. рисунок 4). Для токоотводов предпочтительней использовать изгибы в поперечном направлении.

Маршрут токоотводов не должен проходить вдоль электрических кабелей или через них.

Следует избегать прокладки токоотводов вокруг парапетных стен или карнизов. Необходимо обеспечить как можно более прямой маршрут токоотводов. Но допускается максимальное увеличение высоты 40 см для прохождения по парапетной стенке наклоном 45° или менее (см. рисунок 4, вариант e).

На рисунке 4, вариант d, всегда выполняется условие $d > l/20$, поскольку $d = l/\sqrt{2}$ для любой длины l .



l : длина контура, в метрах

d : ширина контура, в метрах

Риск диэлектрического разрыва избегается, если соблюдается условие $d > l/20$.

ПРИМЕЧАНИЕ. Расчет разделительного расстояния в соответствии с вышеуказанным пунктом 5.6 позволяет определить минимальный радиус изгиба.

$l = l_1 + l_2 + l_3$ в зависимости от варианта f

Рисунок 4 – формы изгибов токоотвода

Токоотводы крепятся из расчета три крепления на метр (каждые 33 см). Этот крепеж должен подходить к опорам, а установке не должна изменять герметичность крыши. Крепеж должен учитывать возможное тепловое расширение кабелей. Запрещается просверливать токоотводы для крепления их к опоре.

Все токоотводы соединяются друг с другом одинаковыми зажимами с заклепками, припаиваются мягким или твердым припоем.

Токоотводы должны защищаться от механического повреждения защитными трубками до высоты минимум 2 м над уровнем земли.

Примечание. Инструкции по избеганию касания проводов под напряжением приводятся в Приложении D.

5.3.4 Определение маршрута прокладки токоотводов внутри помещения

Когда токоотвод невозможно проложить снаружи сооружения, он прокладывается внутри части сооружения или по всей его высоте. В этом случае токоотвод должен помещаться в специальный негорючий и изолированный канал.

Для определения необходимого уровня изоляции специального канала требуется рассчитать разделительный промежуток также для внутренних токоотводов.

Оператор здания должен знать о возникших в результате трудностях проверки и обслуживания токоотводов и об угрозе перенапряжения внутри здания.

В штормовые периоды следует ограничивать доступ людей к специальному кабельному каналу, или

должны соблюдаться меры защиты для наружных токоотводов (см. Приложение D), включая эквипотенциальные соединения этажей с токоотводом.

5.3.5 Наружная обшивка

Когда здание оборудовано металлической наружной обшивкой, каменной облицовкой или стеклом, или в случае закрепленной наружной обшивки фасада токоотвод прокладывается по бетонному фасаду или по основной конструкции под обшивкой.

В этом случае проводящие части обшивки должны подключаться к токоотводу вверху и внизу.

Немедный токоотвод должен располагаться на расстоянии более 10 см под негорючим материалом наружной обшивки, если площадь его поперечного сечения составляет менее 100 мм². Для площади поперечного сечения 100 мм² и более нет необходимо поддерживать расстояние между токоотводом и изолирующим материалом.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Для установки другого правила можно выполнить специальный расчет роста температуры.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Те же самые требования относятся ко всем негорючим материалам на крыше (например, соломенная крыша).

5.3.6 Материалы и размеры

См. стандарт EN 50164-2.

5.3.7 Контрольный стык.

В каждом токоотводе должен быть предусмотрен контрольный стык для отсоединения системы заземления для выполнения измерений.

Контрольные стыки обычно располагаются в нижней части токоотводов. Когда токоотводы проходят по металлическим стенкам, или когда в системе молниезащиты ESESystems не предусмотрены специальные токоотводы, контрольные стыки помещаются между каждым заземлением и металлическим предметом, к которому подключается система заземлителя. Контрольный стык устанавливается в колодце заземления (в соответствии с EN 50164-5) с символом заземлителя.

5.3.8 Счетчик ударов молнии

Когда в установке предусмотрен счетчик ударов молнии, он должен размещаться над самым верхним токоотводом. Счетчик должен соответствовать стандарту 50164-6.

5.3.9 Собственные компоненты.

Некоторые проводящие компоненты конструкции могут заменять весь токоотвод или его часть токоотвода или дополнять его.

5.3.10 Собственные компоненты, которые могут заменять весь токоотвод или его часть

Как правило, в качестве токоотводов могут использоваться связанные стальные рамы (металлические конструкции), если они проводят электрический ток и имеют сопротивление 0,01 Ом и ниже.

В таком случае верхний конец системы молниезащиты ESEAT подключается непосредственно к металлической раме, чей нижний конец подключается к системе заземления.

Применение собственного токоотвода должно отвечать требованиям эквипотенциального соединения, изложенным в главе 3.

5.3.11 Собственные компоненты, которые можно использовать для дополнения токоотвода(ов)

Для дополнения системы молниезащиты и присоединения к ней можно использовать следующие элементы:

(a) связанные стальные конструкции с непрерывностью электрического контакта:

- внутренние металлические конструкции, бетонная арматура и металлические конструкции в стенах, при условии наличия для этой цели специальных выводов в верхней и нижней части.
- наружные металлические конструкции, которые не идут по всей высоте сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Когда используется преднапряженный бетон, особое внимание необходимо уделять риску механических воздействий от тока молнии, проходящего через систему молниезащиты.

(b) металлические листы, покрывающие защищаемый участок, при условии что:

- обеспечивается надежность непрерывного электрического контакта среди различных частей.
- они не покрыты изоляционным материалом.

ПРИМЕЧАНИЕ. Изоляцией не считается тонкий слой защитной краски, бетон толщиной 1 мм или ПВХ толщиной 0,5 мм

(c) металлические трубы толщиной минимум 2 мм

5.4 Эквипотенциальное соединение металлических частей

5.4.1 Общая информация

Внутренняя система молниезащиты ESESystem должна предотвращать в пределах защищаемого сооружения опасное искрение, создаваемое током молнии, проходящим в наружной части системы ESESystem или других проводящих частях сооружения.

Опасное искрение может создаваться между наружной системой молниезащиты ESESystem и следующими компонентами:

- металлическими установками;
- внутренними системами;
- внешними проводящими частями и линиями, подключенными к сооружению.

Опасного искрения между различными частями можно избежать с помощью

- эквипотенциального соединения в соответствии с пунктом 5.5, или
- электрической изоляции между частями в соответствии с пунктом 5.6.

5.5 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты

5.4.1 Общая информация

Одинаковость потенциалов достигается путем соединения системы молниезащиты ESESystem с:

- металлическими частями сооружения,

- металлическими установками,
- внутренними системами,
- внешними проводящими частями и линиями, подключенными к сооружению.

Когда во внутренних системах устанавливается эквипотенциальное соединение системы молниезащиты, в таких системах может проходить часть тока молнии, и это действие необходимо учитывать.

Связующими средствами могут выступать:

- соединяющие проводники, когда непрерывный электрический контакт не обеспечивается собственным соединением,
- ограничители перенапряжения (ОПН), когда не достижимо прямое соединение с соединяющими проводниками.

Важен способ, которым достигается эквипотенциальное соединение системы молниезащиты, и выбор этого способа должен обсуждаться с оператором телекоммуникационной сети, оператором электросети и другими задействованными операторами и органами, поскольку может возникнуть конфликт требований.

ОПНы должны устанавливаться таким образом, чтобы их можно было проверять.

ПРИМЕЧАНИЕ. При установке системы молниезащиты ESESystem отрицательное воздействие может оказываться на металлическую конструкцию, являющуюся внешней для защищаемого сооружения. Это необходимо учитывать при проектировании таких систем. Может также потребоваться эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для внешних металлоконструкций.

5.5.2 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для металлических установок

Для изолированных наружных систем молниезащиты ESESystem эквипотенциальное соединение системы молниезащиты должно осуществляться только на уровне земли.

Для наружной неизолированной системы молниезащиты ESESystem эквипотенциальное соединение системы молниезащиты должно устанавливаться в следующих местах:

- а) в подвале или приблизительно на уровне земли. Соединяющие проводники должны подключаться к контактной шине, установленной так, чтобы был доступ для проверки. Контактная шина должна подключаться к системе заземления. Для конструкций большего размера (обычно более 20 м длиной) устанавливается более одной контактной шины с взаимным соединением;
- б) где не выполняются требования к изоляции (см. 5.6).

Эквипотенциальные соединения системы молниезащиты должны выполняться, по возможности, прямыми и ровными.

ПРИМЕЧАНИЕ. Когда эквипотенциальное соединение системы молниезащиты устанавливается в проводящих частях сооружения, через него может проходить часть тока молнии, и это действие необходимо учитывать.

Минимальные значения поперечного сечения проводников, соединяющих различные контактные шины, и проводников, соединяющих шины с системой заземления, приведены в таблице 1.

Минимальные значения поперечного сечения проводников, соединяющих внутренние металлические установки с контактными шинами приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Минимальные сечения проводников, соединяющих различные контактные шины или соединяющих контактные шины с системой заземления

Уровень защиты	Материал	Площадь поперечного сечения, мм ²
I - IV	медь	16
	алюминий	22
	сталь	50

Таблица 2 – Минимальные сечения проводников, соединяющих внутренние металлические установки с контактной шиной

Уровень защиты	Материал	Площадь поперечного сечения, мм ²
I - IV	медь	6
	алюминий	8
	сталь	16

Соединение может достигаться с помощью изолирующего искрового промежутка (ISG) в соответствии с EN50164-3.

5.5.3 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для наружных проводящих деталей

Для наружных проводящих частей эквипотенциальное соединение системы молниезащиты должно устанавливаться по возможности ближе к их входу в защищаемое сооружение.

Соединяющие проводники должны выдерживать часть тока молнии, проходящего через них.

Соединение может достигаться с помощью изолирующего искрового промежутка (ISG) в соответствии с EN50164-3.

5.5.4 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для внутренних систем

Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты должно обязательно устанавливаться в соответствии с пунктами 5.5.2 а) и 5.5.2 б).

Если провода внутренних систем экранированы или расположены в металлических каналах, достаточно будет только соединить эти экраны и каналы.

Если провода внутренних систем не экранированы и не размещены в металлических каналах, они должны соединяться через ОПНы. В системах TN, провода PE и PEN должны подключаться к системе молниезащиты ESESystem напрямую или через ОПН.

Соединяющие проводники и ОПНы должны иметь характеристики, указанные в пункте 5.5.2.

Если требуется защита внутренних систем от бросков напряжения и тока, должна использоваться «координированная система ОПН», удовлетворяющая требованиям EN 61643-11 и TS 61643-12.

5.5.5 Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для линий, подключаемых к защищаемому сооружению

Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты для электрических и коммуникационных

линий должно устанавливаться в соответствии с пунктом 5.5.3.

Все провода каждой линии должны подсоединяться напрямую или через ОПН. Провода под напряжением подключаются к контактной шине только через ОПН. В системах TN, провода РЕ и PEN подключаются к контактной шине напрямую или через ОПН.

Если линии экранированы или проходят в металлических каналах, должны подсоединяться эти экраны и каналы.

Эквипотенциальное соединение системы молниезащиты кабельных экранов или каналов должно реализовываться вблизи их места входа в сооружение.

Соединяющие проводники и ОПНы должны иметь характеристики, указанные в пункте 5.5.3.

Если требуется защита от бросков напряжения и тока внутренних систем, подключенных к линиям, входящим в сооружение, должна использоваться «координированная система ОПН», удовлетворяющая требованиям EN 61643-11 и TS 61643-12.

5.6 Электрическая изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem

Электрическая изоляция между молниеотводом или токоотводами и металлическими частями сооружения, металлическими установками и внутренними системами достигается обеспечением разделительного промежутка между этими частями. Ниже приводится общее уравнение для расчета s :

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l \quad (\text{m})$$

где:

k_i зависит от выбранного уровня защиты (см. таблицу 3);

k_m зависит от материала электрической изоляции (см. таблицу 4);

k_c зависит от тока молнии, проходящего по молниеотводу и токоотводу;

l – это длина в метрах по молниеотводу и токоотводу от точки, где должен предусматриваться разделительный промежуток, и до ближайшей точки эквипотенциального соединения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Длина l по молниеотводу может не рассматриваться в сооружениях со сплошной металлической крышей, действующей как естественная система заземления.

Таблица 3 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_i

Уровень защиты	k_i
I	0,08
II	0,06
III and IV	0,04

Таблица 4 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_m

Воздух	1
Бетон, кирпич	0,5

ПРИМЕЧАНИЕ 1. При наличии нескольких изолирующих последовательно расположенных материалов хорошей практикой является использование низкого значения коэффициента k_m

ПРИМЕЧАНИЕ 2. При использовании других изолирующих материалов нормативы по конструкциям и значения коэффициента k_m предоставляет изготовитель.

В сооружениях с металлическими конструкциями или бетонными армированными конструкциями с непрерывным электрическим контактом разделительный промежуток не требуется.

Таблица 5 - Изоляция наружной системы молниезащиты ESESystem – значения коэффициента k_c

Количество токоотводов	k_c	
	Система заземления типа A1 или A2	Система заземления типа B
1	1	1
2	0,66 ^{c)}	1... 0,5 (см. рисунок E.1)
3 и более	0,44 ^{b,c)}	1 ... 1/n (см. рисунок E.2)
а) См. Приложение E		
б) Если токоотводы подключаются горизонтально с помощью кольцевых проводников, ток распределяется более однородно в нижних частях системы токоотводов, и коэффициент k_c снижается. Это особенно относится к высоким сооружениям.		
с) Эти значения действительны для единичных заземляющих электродов со сравнимыми сопротивлениями заземления. Если сопротивления заземления единичных заземляющих электродов явно различные, то допускается, что $k_c = 1$.		
ПРИМЕЧАНИЕ. Могут использоваться другие значения коэффициента k_c , если выполняются детальные расчеты.		

6 Системы заземления

6.1 Общая информация

Все системы заземления для одного сооружения должны иметь взаимные соединения.

Для каждого токоотвода должен быть предусмотрен один заземлитель на базе минимум двух электродов.

Из-за импульсного характера тока молнии и для улучшения ухода тока в землю, минимизируя таким образом риск опасных перенапряжений внутри защищаемого объема, важно учитывать форму и размеры системы заземления, а также значение ее сопротивления.

Для того, чтобы ток молнии мог быстро рассеяться, необходимо предусмотреть определенную контактную поверхность с почвой.

Системы заземления должны отвечать следующим требованиям:

- значение сопротивления, измеренное стандартным оборудованием, должно быть наименьшим (менее 10 Ом). Это сопротивление должно измеряться на заземлителе, изолированном от любых других проводящих компонентов.
- для сведения к минимуму падения индуктивного напряжения следует избегать систем заземления с единичной избыточно длинной горизонтальной или вертикальной компонентой (> 20 м).

Таким образом, использование единичной вертикальной системы заземления, зарытого глубоко для проникновения во влажный слой грунта, не является обоснованным, если только сопротивление поверхностного слоя не является высоким, а глубже не залегает слой с высокой проводимостью.

Но следует заметить, что такие глубоко забуренные системы заземления имеют высокое волновое сопротивление на глубине свыше 20 м. В этом случае следует использовать большое количество горизонтальных проводников или вертикальных стержней с прекрасными взаимными электрическими соединениями.

Системы заземления должны готовиться и укладываться, как описано ниже.
По возможности системы заземления должны быть направлены от зданий.

Примечание. Инструкции по избеганию скачков напряжений приводятся в Приложении D.

6.2 Типы систем заземления

Размеры заземлителей зависят от сопротивления грунта, в котором устанавливается система заземления. Сопротивление может в значительной степени изменяться в зависимости от материала грунта (глина, песок, скальные породы...).

Значения сопротивления грунтов можно взять из таблицы 6 или измерить соответствующим методом с помощью измерителя сопротивления заземления.

Для каждого токоотвода системы заземления могут включать:

Тип А: подразделяется на:

A1. Проводники такого же сорта и площади поперечного сечения, что и токоотводы, кроме алюминиевых, сгруппированных в виде гусиной лапы больших размеров и зарытых на глубине минимум 50 см.

Пример. Три проводника длиной 7-8 м, зарытых горизонтально на глубине минимум 50 см.

A2. Комплекта нескольких вертикальных стержней минимальной длиной 6 м, зарытых горизонтально на глубине минимум 50 см.

- расположены по линии или в виде треугольника и отделены друг от друга расстоянием равным, как минимум, глубине погружения;

- взаимно соединенных зарытым проводником, который идентичен или имеет сходные характеристики, совместимые с токоотводом.

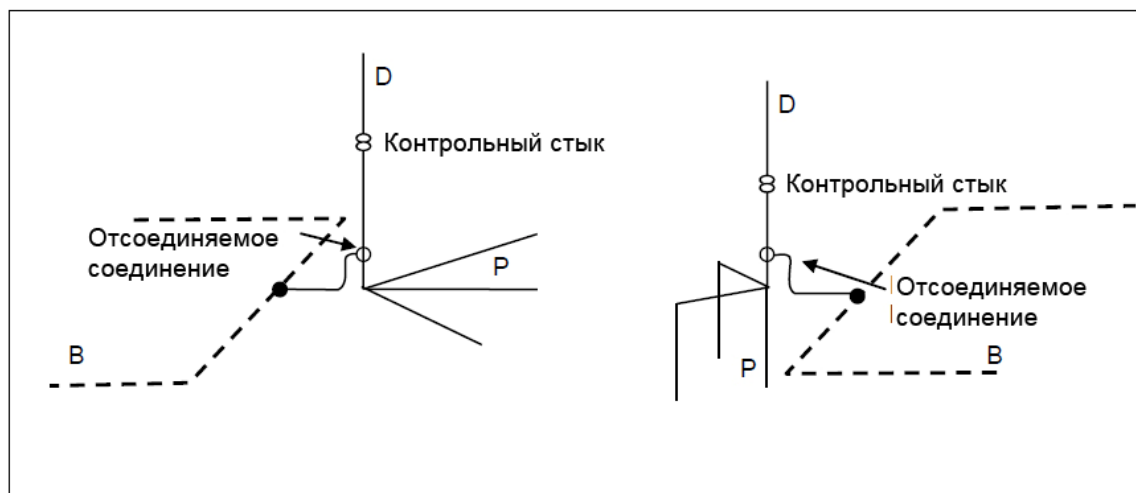
Примечание. Рекомендуется расположение треугольником.

Тип В. Кольцевой заземлитель

Такой тип установки включает или кольцевой проводник, расположенный внешне относительно сооружения, контактирующий с грунтом минимум на 80% своей полной длины, или заземлитель в фундаменте, при условии, что в его основе лежит проводник сечением 50 мм². Нижняя часть каждого токоотвода должна, как минимум, дополнительно подключаться или к 4 м радиальному электроду или к 2 м стержню.

Таблица 6 – Типичное сопротивление грунтов

Тип грунта	Сопротивление (Ом м)
Болотистый грунт	От нескольких единиц до 30
Илистый грунт	20-100
Гумус	10-150
Влажный торф	5-100
Пластичная глина	50
Мергель и уплотненная глина	100-200
Юрский мергель	30-40
Глинистый песок	50-500
Кварцевый песок	200-3000
Голый каменистый грунт	1500-3000
Каменистый грунт, покрытый травой	300-500
Пластичный известняк	100-300
Уплотненный известняк	1000-5000
Трещиноватый известняк	500-1000
Глинистый сланец	50-300
Слюдяной сланец	800
Выветрелый гранит и песчаник	1500-10000
Сильно выветрелый гранит и песчаник	100-600



D: токоотводы

B: кольцо в фундамента здания

P: заземление системы молниезащиты ESESystem

Рисунок 5 – Схема заземления типов А1 и А2

6.3 Дополнительные меры

Когда высокое сопротивление грунта не позволяет достичь сопротивления системы заземления ниже 10 Ом, используя вышеуказанные стандартные защитные меры, тогда могут применяться следующие дополнительные меры:

- добавление некоррозийного улучшителя сопротивления грунта вокруг заземляющих проводников;
- добавление заземляющих стержней к компоновке «гусиная лапа» или подключение их к уже установленным стержням.

Улучшитель грунта наносится в соответствии со стандартом NF EN 50164-7. Когда приняты все вышеуказанные меры, а сопротивление ниже 10 Ом не достигается, можно считать, что система заземления типа А обеспечивает приемлемый уход тока молнии, когда она имеет, как минимум следующее подземное заземление:

- 160 м длиной для уровня защиты I
- 100 м длиной для уровня защиты II, III, IV

В любом случае все вертикальные и горизонтальные элементы не должны быть длиннее 20 м.

Требуемая длина может включать сумму радиальных электродов (суммарная длина L1) и стержней (суммарная длина L2) при соблюдении следующего требования:

$$160 \text{ м (соответственно 100 м)} \leq L1 + 2 \times L2$$

Для системы заземления типа В, когда не может быть достигнуто значение 10 Ом, суммарная длина дополнительных электродов должна составлять:

- 160 м длиной для уровня защиты I (соответственно 100 м для других уровней защиты) для радиальных электродов;
- 80 м длиной для уровня защиты I (соответственно 50 м для других уровней защиты) для стержней;
- или описанная выше комбинация для системы заземления типа А.

6.4 Эквипотенциальность заземления

Когда здание или защищаемый объём имеют фундаментную систему заземления электрической системы, к ней с помощью стандартного проводника (см. стандарт EN 50164-2) должны подключаться системы заземления ESESystem.

Эта мера должна рассматриваться для новых установок с самого начала проектирования, и подключение к схеме заземления фундамента должно выполняться прямо перед каждым токоотводом с помощью устройства, которое может отсоединяться и размещаться перед колодцем заземления с символом ♀.

Для уже существующих установок и зданий предпочтительно выполнять соединения с заглубленными деталями, и должна существовать возможность их отсоединения в целях проверки. В случае подключений внутри здания маршрут прокладки соединительных кабелей должен избегать наводки на кабелях и предметов поблизости.

Когда в защищаемый объём входят несколько отдельных сооружений, система заземления ESEAT должна подсоединяться к подземной эквипотенциальной сети заземления, соединяющей все сооружения.

6.5 Требования к доступности

Компоненты системы заземления ESEAT должны минимум на 2 м отстоять от любой подземной металлической трубы или электропровода, если они не имеют электрического подключения к главному эквипотенциальному соединению сооружения.

Для грунтов с сопротивлением более 500 Ом минимальное расстояние должно составлять 5 м.

6.6 Материалы и размеры

См. стандарт EN 50164-2.

7 Специальные меры

7.1 Антенны

Антенна на крыше здания увеличивает вероятность удара молнии и является первым уязвимым элементом, могущим принять грозовой разряд.

Опорная мачта антенны должна подключаться к системе молниезащиты с соответствующим проводником напрямую или через ОПН или изолированный искровой промежуток, если только антенна не расположена за пределами защищенной зоны или на другой крыше. Коаксиальный кабель должен защищаться ограничителем перенапряжения.

Обычная опорная мачта может использоваться при следующих условиях:

- молниеотвод ESEAT крепится к верхушке мачты;
- верхушка молниеотвода ESEAT должна быть минимум на 2 м выше ближайшей антенны;
- токоотвод крепится зажимом непосредственно на молниеотводе;
- коаксиальный кабель антенны прокладывается внутри антенной мачты.

В случае рамной опорной башенного типа предпочтительней прокладывать коаксиальный кабель внутри металлической трубки.

7.2 Зоны хранения воспламеняемых и взрывчатых материалов

Баки для хранения воспламеняемых жидкостей должны заземляться. Но такое подключение к заземлению не обеспечивает достаточной защиты от атмосферных разрядов. Поэтому необходимо тщательное дополнительное изучение.

Молниеотводы ESEAT должны располагаться за пределами безопасной зоны выше защищаемых установок. По возможности токоотводы должны размещаться за пределами безопасной зоны. Когда это невозможно, особое внимание должно уделяться избеганию электрической дуги. Системы заземления должны ориентироваться против зон хранения.

Примечание. Рекомендуется установка счетчика ударов молнии.

7.3 Религиозные сооружения

Пирамидальные крыши, башни, минареты и колокольни подвержены ударам молнии из-за своего возвышенного положения.

Основной выступающий элемент(ы) должен защищаться молниеотводами ESEAT, подключенными к земле прямым токоотводом, проходящим по основной башне.

Когда основной выступающий элемент(ы) выше 40 м, рекомендуется, чтобы второй специальный токоотвод следовал гребню нефа.

Если на конце нефа установлен неметаллический крест или статуя, то такие объекты оборудуются молниеотводом.

Системы заземления ESESystem и электропроводки должны соединяться заземляющим проводником.

Некоторые религиозные здания имеют электрические колокола. Источник электропитания может быть защищен от перенапряжений с помощью ограничителей перенапряжения в соответствии со стандартами EN 61643-11 и TS 61643-12.

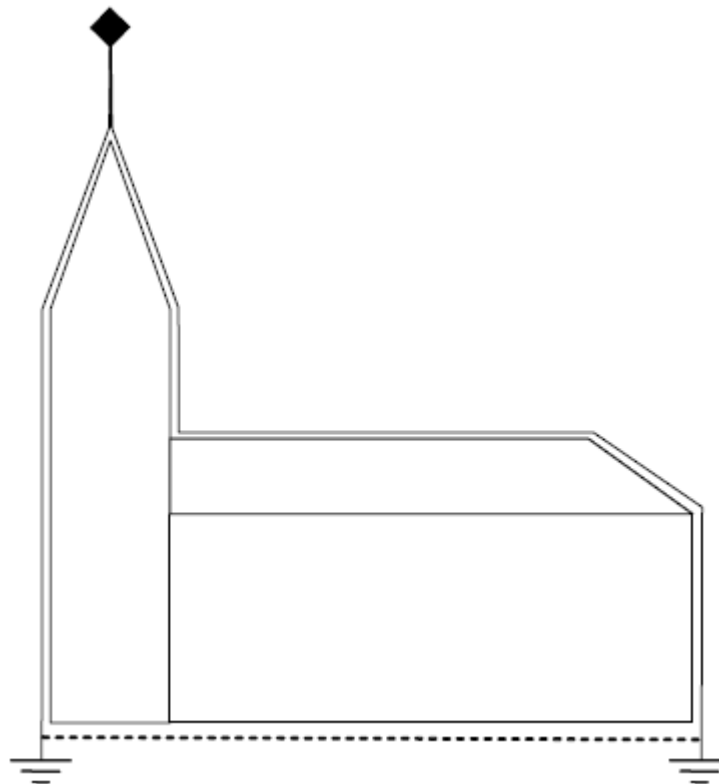


Рисунок 6 – Религиозные здания

8 Файл исполнения, проверка и техническое обслуживание

Схема размещения системы молниезащиты ESESystem и установка ее компонентов должна проверяться в соответствии с существующей документацией и файлом исполнения. Система ESESystem должна поддерживаться в исправном состоянии в течение всего срока ее эксплуатации.

8.1 Файл исполнения

После завершения монтажа системы молниезащиты ESESystem подрядчик должен создать файл исполнения, включающий, как минимум, следующее.

- Резервный уровень защиты
- Обоснование защиты
- Тип молниеотвода ESEAT и его характеристики
- Методика проведения испытаний молниеотвода ESEAT
- Количество токоотводов и их расположение
- Наличие и место расположения счетчика ударов молнии
- Обоснование электрической изоляции
- Обоснование эквипотенциального соединения системы молниезащиты, включая ОПНы
- Тип и значение сопротивления системы заземления
- Обоснование размеров системы заземления, если значение сопротивления превышает 10 Ом.

8.2 Приказы на проведение проверок

Системы молниезащиты должны подвергаться проверкам.

- Сначала после завершения монтажа системы ESESystem;
- Периодически в соответствии с нижеприведенной таблицей 7;
- Всякий раз, когда защищаемое сооружение подвергается изменениям, ремонту, или после удара молнии в сооружение.

Таблица 7 – Периодичность проведения проверок в зависимости от уровня защиты

Уровень защиты	Визуальная проверка (год)	Полная проверка (год)	Полная проверка ответственных систем (год)
1 и II	1	2	1
III и IV	2	4	1

ПРИМЕЧАНИЕ Системы молниезащиты, установленные на сооружениях с угрозой взрыва, должны визуально проверяться каждые 6 месяцев. Электрические испытания установки должны проводится раз в год.

Приемлемое исключение в графике ежегодных испытаний – это проведение испытаний раз в 14-15 месяцев, когда целесообразно проводить испытания сопротивления заземления в различное время года для отслеживания изменения значений в зависимости от сезона.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Удары молнии можно регистрировать счетчиком ударов молнии, установленном на одном из токоотводов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Если государственные организации или институты требуют проведения регулярных испытаний электрических систем сооружения, рекомендуется проводить испытания системы молниезащиты относительно проверки действенности внутренних мер молниезащиты, включая одновременное проведение проверки эквипотенциального соединения системы молниезащиты с электрическими системами.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Периодичность проведения проверок более старых установок должна браться из местных технических условий или другой документации, такой как строительные руководства, технические правила и инструкции, правила по технике безопасности и охране труда.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. Ответственные системы должны определяться законодательством или конечными пользователями.

8.3 Отчет по проверке

Каждая периодическая проверка должна регистрироваться в подробном отчете, содержащем все выводы по проведенной проверке и необходимые к принятию исправительные меры.

8.4 Исходная проверка

Исходная проверка проводится после завершения монтажа системы молниезащиты ESESystem с целью убедиться, что монтаж соответствует положениям данного стандарта и файлу исполнения.

Эта проверка основывается на следующих пунктах:

- Молниеотвод ESEAT возвышается на 2 м или более над любым объектом в защищаемой зоне.
- Характеристики молниеотвода ESEAT соответствуют файлу исполнения.
- Количество токоотводов.

- Элементы системы молниезащиты ESESystem соответствуют данному стандарту и стандартам NF EN 50164 и NF EN 61643 по маркировке, инструкциям или документации.
- Маршрут, расположение и непрерывность электрического контакта токоотводов.
- Крепление различных компонентов.
- Разделительные промежутки и/или эквипотенциальные соединения.
- Система заземления.
- Подключение систем заземления ESESystem к главному эквипотенциальному соединению сооружения.

Всегда проверяется непрерывность электрического контакта, если проводник полностью спрятан.

8.5 Визуальная проверка

Визуальная проверка проводится для выявления, что:

- не отмечается повреждений, связанных с ударами молнии;
- целостность системы молниезащиты ESESystem не изменилась;
- нет необходимости в расширении или изменении защищаемого сооружения, т.е. не требуется установка дополнительного оборудования молниезащиты;
- видимые проводники демонстрируют непрерывность электрического контакта;
- крепеж всех компонентов и механических защитных устройств находится в хорошем состоянии;
- коррозия не затронула никакие части системы;
- разделительный промежуток соблюдается, и имеются достаточные эквипотенциальные соединения в исправном состоянии;
- индикатор окончания срока службы находится в исправном состоянии;
- результаты операций технического обслуживания проверяются и регистрируются (см. пункт 8.7)

8.6 Полная проверка

Полная проверка включает визуальную проверку и выполнения следующих измерений:

- целостность цепи спрятанных проводников;
- значения сопротивления системы заземления (должны анализироваться любые изменения, отличающиеся от исходных значений более чем на 50%);
- проверка соответствующей работы молниеотвода ESEAT по методике изготовителя.

Примечание. Высокочастотные измерения в системе заземления целесообразно проводить во время монтажа или операций технического обслуживания для проверки согласованности между потребностями и установленной системой заземления.

8.7 Техническое обслуживание

Неисправности, обнаруженные в системе молниезащиты ESESystem во время проверки, должны устраняться при первой возможности для поддержания ее оптимальной эффективности. Техническое обслуживание компонентов и системы защиты проводится в соответствии с документацией изготовителя.

Приложение А (нормативное) АНАЛИЗ РИСКОВ

А.1 Пояснение терминов

А.1.1 Повреждения и потери

А.1.1.1 Источник повреждений

Главным источником повреждений является ток молнии. В зависимости от места удара молнии различают следующие источники (см. Таблицу А.1):

- S1. Удар молнии в сооружение;
- S2. Удар молнии вблизи сооружения;
- S3. Удар молнии в систему электроснабжения;
- S4. Удар молнии вблизи системы электроснабжения.

А.1.1.2 Типы повреждений

Удар молнии может вызывать повреждения в зависимости от характеристик защищаемого объекта. Некоторые важные характеристики: тип конструкции, содержание и применение, тип системы электроснабжения и предпринимаемые защитные меры.

Для практического применения такой оценки рисков полезно выделить три основных типа повреждений, возникающих вследствие ударов молнии. Это следующие типы повреждений (см. таблицу А.1):

- D1. Травмы живых существ;
- D2. Физическое повреждение;
- D3. Отказ электрической и электронной систем.

Повреждение сооружения из-за удара молнии может ограничиваться частью сооружения или распространяться на все сооружение. Повреждения могут также затронуть соседние сооружения или окружающую среду (например, химические или радиоактивные выбросы).

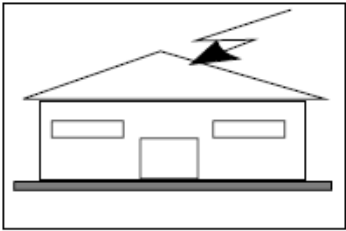
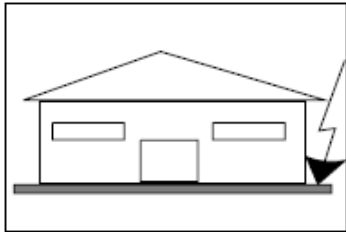
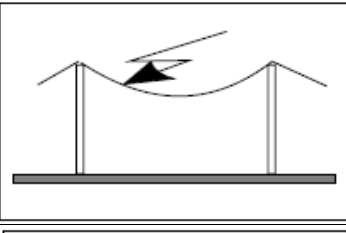
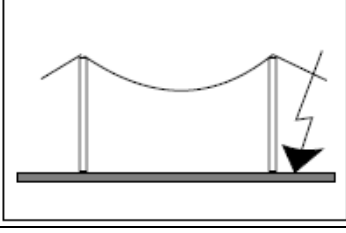
Молния, поражающая систему электроснабжения, может повредить физическое оборудование, такое как линии и трубопроводы, а также связанные с ними электрические и электронные системы. Повреждения могут также затронуть подключенные к системе электроснабжения внутренние системы.

А.1.1.3 Типы повреждений

Каждый тип повреждения сам по себе или в сочетании с другими типами повреждений, приводит к различным потерям в защищаемом объекте. Тип потерь может зависеть от характеристик самого объекта и его содержания. Необходимо учитывать следующие типы потерь (см. таблицу А.1):

- L1. Потери жизни;
- L2. Потери электроснабжения населения;
- L3. Потери культурного наследия
- L4. Потери экономического значения (сооружение и его содержимое).

Таблица А.1 – Источники повреждений, типы повреждений и типы потерь в соответствии с местом удара молнии

Место удара молнии	Источник повреждений	Сооружение	
		Тип повреждений	Тип потерь
	S1	D1 D2 D3	L1, L4²⁾ L1, L2, L3, L4 L1¹⁾, L2, L4
	S2	D3	L1¹⁾, L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4²⁾ L1, L2, L3, L4 L1¹⁾, L2, L4
	S4	D3	L1¹⁾, L2, L4
<p>1) только сооружения с риском взрыва, больницы и другие сооружения, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.</p> <p>2) только для объектов, где есть угроза жизни животных.</p>			

А.1.2 Риск и компоненты риска

А.1.2.1 Риск

Риск R – это значение вероятных среднегодовых потерь. Для каждого типа потерь, которые могут возникнуть в сооружении или системе электроснабжения, должна проводиться оценка соответствующего риска.

В сооружениях выполняется оценка следующих рисков:

R_1 . Риск потери человеческой жизни;

R_2 . Риск потери электроснабжения населения;

R_3 . Риск потери культурного наследия;

R_4 . Риск потери экономического значения.

Для оценки риска R должны быть определены и рассчитаны соответствующие компоненты риска (частичные риски в зависимости от источника и типа повреждений).

Каждый риск R представляет сумму компонентов риска. При расчете риска компоненты риска группируются в соответствии с источником и типом повреждения.

A.1.2.2 Компоненты риска для сооружения из-за ударов молнии в сооружение

R_A . Компонент, связанный с травмами живых существ из-за соприкосновения с высоким напряжением или скачков напряжения в зонах до 3 м за пределами сооружения. Потери типа L1 и если в сооружении содержится домашний скот;

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Компонент риска, создаваемый соприкосновением высоким напряжением или скачками напряжения внутри сооружения из-за ударов молнии в сооружение, в данном стандарте не рассматривается.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. В специальных сооружениях люди могут подвергаться прямым ударам молнии (например, верхний уровень гаражной парковки или стадионы). Эти случаи также могут рассматриваться по принципам данного стандарта.

R_B . Компонент риска, связанный с физическим повреждением, создаваемым опасным искрением внутри сооружения, приводящим к пожару или взрыву, которые также создают угрозу для окружающей среды. Могут возникать все типы потерь (L1, L2, L3).

R_C . Компонент риска, связанный с отказом внутренних систем из-за электромагнитных импульсов грозовых разрядов. Потери типа L2 могут происходить во всех случаях вместе с типом L1 в случае сооружений с риском взрыва, больниц и других сооружений, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.

A.1.2.3 Компоненты риска для сооружения из-за ударов молнии вблизи сооружения

R_M . Компонент риска, связанный с отказом внутренних систем из-за электромагнитных импульсов грозовых разрядов. Потери типа L2 могут происходить во всех случаях вместе с типом L1 в случае сооружений с риском взрыва, больниц и других сооружений, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.

A.1.2.4 Компоненты риска для сооружения из-за ударов молнии в систему электроснабжения, подключенную к сооружению

R_U . Компонент риска, связанный с травмами людей из-за соприкосновения с высоким напряжением внутри сооружения, создаваемым током молнии, поражающим линию, входящую в сооружение. Потери типа L1 и если в сооружении содержится домашний скот;

R_V . Компонент риска, связанный с физическим повреждением (пожар или взрыв, создаваемые опасным искрением между внешней установкой и металлическими частями, как правило, на входе линии в сооружение) из-за тока молнии, передаваемого через входящие линии электроснабжения. Могут возникать все типы потерь (L1, L2, L3).

R_W . Компонент риска, связанный с отказом внутренних систем из-за перенапряжения, создаваемого на входящих линиях, и передаваемого к сооружению. Потери типа L2 могут происходить во всех случаях вместе с типом L1 в случае сооружений с риском взрыва, больниц и других сооружений, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данной оценке учитываются только линии электроснабжения, входящие в сооружение. Удары молнии в трубопроводы или вблизи них не рассматриваются как источник повреждений на основании соединения трубопроводов с эквипотенциальной контактной шиной. Если эквипотенциальная контактная шина не предусмотрена, такая угроза также может рассматриваться.

A.1.2.5 Компоненты риска для сооружения из-за ударов молнии вблизи системы электроснабжения, подключенной к сооружению

R_Z . Компонент риска, связанный с отказом внутренних систем из-за перенапряжения, создаваемого

на входящих линиях, и передаваемого к сооружению. Потери типа L2 могут происходить во всех случаях вместе с типом L1 в случае сооружений с риском взрыва, больниц и других сооружений, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.

ПРИМЕЧАНИЕ. В данной оценке учитываются только линии электроснабжения, входящие в сооружение. Удары молнии в трубопроводы или вблизи них не рассматриваются как источник повреждений на основании соединения трубопроводов с эквипотенциальной контактной шиной. Если эквипотенциальная контактная шина не предусмотрена, такая угроза также может рассматриваться.

A.1.3 Состав компонентов риска, связанных с сооружением

Ниже перечислены компоненты риска, учитываемые для каждого типа потерь в сооружении:

R_1 . Риск потери человеческой жизни:

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{1)} + R_M^{1)} + R_U + R_V + R_W^{1)} + R_Z^{1)} \quad (1)$$

¹⁾ только сооружения с риском взрыва, больницы и другие сооружения с электрооборудованием для спасения жизни и другие сооружения, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.

R_2 . Риск потери электроснабжения населения:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z \quad (2)$$

R_3 . Риск потери культурного наследия:

$$R_3 = R_B + R_V \quad (3)$$

R_4 . Риск потери экономического значения:

$$R_4 = R_A^{2)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{2)} + R_V + R_W + R_Z \quad (4)$$

²⁾ только для объектов, где есть угроза жизни животных.

Компоненты риска, соответствующие каждому типу потерь, перечислены в таблице A.2.

Таблица A.2 – Компоненты риска, учитываемые для каждого типа потерь в сооружении

Источник повреждений	Удар молнии в сооружение S1			Удар молнии вблизи сооружения S2	Удар молнии в линию, подключенную к сооружению, S3			Удар молнии вблизи линии, подключенной к сооружению, S4
	R_A	R_B	R_C		R_U	R_V	R_W	
Компонент риска				R_M				R_Z
Риск для каждого типа потерь								
R_1	*	*	*1)	*1)	*	*	*1)	*1)
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*				*		
R_4	* 2)	*	*	*	* 2)	*	*	*
<p>1) только сооружения с риском взрыва, больницы и другие сооружения, в которых отказ внутренних систем сразу же ставит под угрозу жизнь людей.</p> <p>2) только для объектов, где есть угроза жизни животных.</p>								

А.2 Управление рисками

А.2.1 Основная методика

Необходимо применять следующую методику:

- определение подлежащего защите объекта и его характеристик;
- определение всех типов потерь на объекте и соответствующего сопутствующего риска R (с R_1 по R_4);
- оценка риска R по каждому типу потерь (с R_1 по R_4);
- оценка необходимости защиты путем сравнения рисков R_1 , R_2 и R_3 для сооружения с допустимым уровнем риска R_T ;
- оценка экономической эффективности защиты посредством сравнения стоимости общих потерь с учетом и без учета принятых мер защиты. В этом случае для оценки таких затрат необходимо выполнить оценку компонентов риска R_4 для сооружения.

А.2.2 Состав сооружения, который необходимо принять во внимание при оценке рисков

Состав сооружения, который необходимо принять во внимание, включает:

- само сооружение;
- установки внутри сооружения;
- компоненты, входящие в состав сооружения;
- людей внутри сооружения, либо на расстоянии до 3 метров от внешних границ сооружения;
- окружающую среду, попадающую под воздействие в случае повреждения конструкции.

Меры защиты не распространяются на подключенные линии электропередач за пределами сооружения.

ПРИМЕЧАНИЕ. Рассматриваемое сооружение можно подразделить на несколько зон (см. пункт А.3.7).

А.2.3 Допустимый риск R_T

Определение значения допустимого риска является ответственностью органа, наделенного контрольными полномочиями.

Характерные значения допустимого риска R_T , при которых попадания молнии приводят к гибели людей или утрате социальных или культурных ценностей приведены в таблице А.3.

Таблица А.3. Типичные значения допустимого риска R_T

Тип потерь	$R_T (y^{-1})$
Гибель людей или получение травм с потерей трудоспособности	10^{-5}
Прекращение оказания услуг населению	10^{-3}
Утрата культурного наследия	10^{-3}

A.2.4 Специальная методика для оценки необходимости защиты

При оценке необходимости защиты сооружения от молнии необходимо принять во внимание присущие ему риски R_1 , R_2 и R_3 .

В отношении каждого рассматриваемого риска необходимо выполнить следующие шаги:

- определить компоненты R_x , входящие в состав риска;
- рассчитать выявленные компоненты риска R_x ;
- рассчитать совокупный риск R (см. пункт A.1.2);
- определить допустимый риск R_T ;
- сравнить риск R с допустимым значением R_T .

Если $R \leq R_T$, защита от молнии необязательна.

Если $R > R_T$, необходимо принять меры защиты для снижения $R \leq R_T$ по всем рискам, действующим в отношении объекта.

A.2.5. Методика оценки экономической эффективности защиты

Помимо необходимости защиты сооружения или линии электропередач от молнии, может потребоваться определение экономических преимуществ от реализации защитных мер с целью снижения экономических потерь L_4 .

Оценка компонентов риска R_4 в отношении сооружения позволяет пользователю оценить стоимость экономических потерь с учетом и без учета защитных мер.

Методика оценки экономической эффективности защиты требует:

- определить компоненты R_x , входящие в состав риска R_4 для сооружения;
- рассчитать определенные компоненты R_x при условии отсутствия новых (дополнительных) мер защиты;
- рассчитать годовую стоимость потерь, приходящуюся на каждый компонент риска R_x ;
- рассчитать годовую стоимость C_L совокупных потерь без принятия мер защиты;
- утвердить выбранные меры защиты;
- рассчитать компоненты риска R_x с учетом действия выбранных мер защиты;
- рассчитать годовую стоимость остаточных потерь, приходящихся на каждый компонент риска R_x в защищенной конструкции или на защищенной линии электропередач;
- рассчитать общую годовую стоимость C_{RL} остаточных потерь с учетом действия выбранных мер защиты;
- рассчитать годовые затраты C_{PM} на выбранные меры защиты;
- сравнить затраты.

Если $C_L < C_{RL} + C_{PM}$, защита от молнии не может считаться экономически эффективной.

Если $C_L \geq C_{RL} + C_{PM}$, меры защиты могут обеспечить экономию средств на протяжении срока службы конструкции или линии электропередач.

A.2.6. Выбор мер защиты

Выбор наиболее подходящих мер защиты должен осуществляться планировщиком систем молниезащиты в соответствии с долей каждого компонента риска в общем риске R и в соответствии с техническими и экономическими аспектами разных мер защиты.

Чтобы определить наиболее эффективную меру снижения риска R , необходимо обозначить самые важные параметры.

Для каждого типа потерь имеется ряд мер защиты, которые, отдельно или в совокупности, обеспечивают соблюдение условия $R \leq R_T$. Система должна выбираться с учетом технических и экономических аспектов. Упрощенная методика выбора мер защиты сооружений приведена в блок-схеме на рисунке А.1. В любом случае установщик или планировщик систем молниезащиты должен определить наиболее важные компоненты риска и снизить их, также приняв во внимание экономические аспекты.

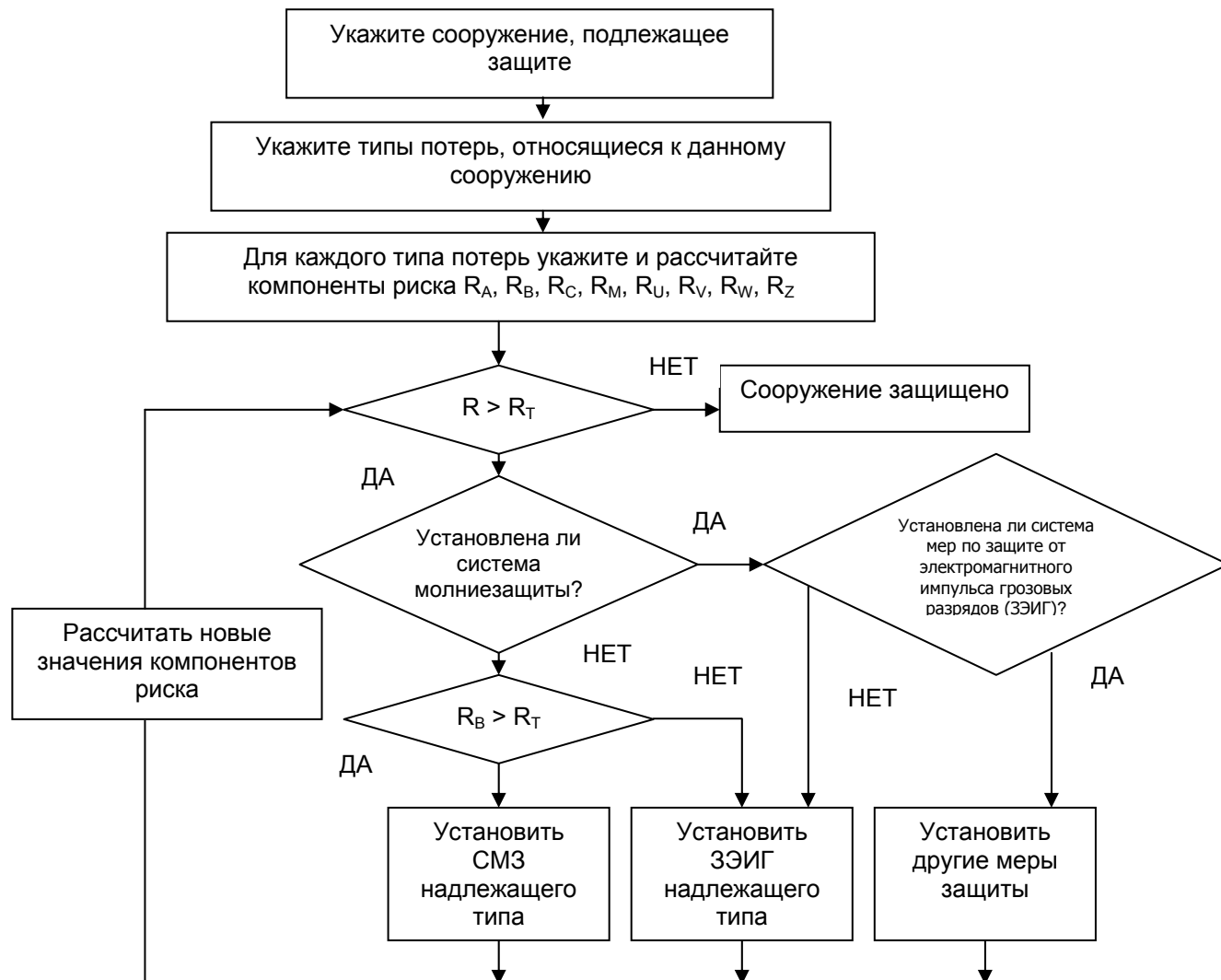


Рисунок А.1. Методика выбора мер защиты сооружений

А.3 Оценка компонентов риска сооружения

А.3.1 Исходное уравнение

Каждый компонент риска R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W и R_Z согласно пункту А.1 может выражаться через следующее общее уравнение:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (20),$$

где

N_X - количество опасных происшествий в год (см. также пункт А.4);

P_X – вероятность причинения ущерба сооружению (см. также пункт А.5);

L_X – вытекающие потери (см. также пункт А.6).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Число N_X опасных происшествий зависит от плотности грозового разряда на землю (N_g) и физических характеристик объекта, подлежащего защите, его окружения и типа грунта.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Вероятность ущерба P_X зависит от характеристик объекта, подлежащего защите, и предусмотренных мер защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Вытекающие потери L_X зависят от назначения, предусмотренного для объекта, наблюдения со стороны персонала, типа услуги, оказываемой, населению, стоимости товаров, на которых повлиял ущерб, а также предусмотренных мер по ограничению объема потерь.

А.3.2. Оценка компонентов риска, возникших в результате поражения сооружения разрядами молнии (S1)

Для оценки компонентов риска, связанных с поражением конструкции разрядами молнии, применяются следующие зависимости:

- компонент, связанный с причинением ущерба людям и животным (D1)

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (21)$$

- компонент, связанный с физическим ущербом (D2)

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (22)$$

- компонент, связанный с поломкой внутренних систем (D3)

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (23)$$

А.3.3 Оценка компонента риска, связанного с разрядами рядом с сооружением (S2)

Для оценки компонента риска, связанного с разрядами молнии рядом с сооружением, применяются следующие закономерности:

- компонент, связанный с поломкой внутренних систем (D3)

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (24)$$

А.3.4. Оценка компонентов риска, связанных с разрядами на линию электропередач, соединенную с сооружением (S3)

Для оценки компонентов риска, связанных с разрядами молнии на линию электропередач, входящую в сооружение, применяются следующие зависимости:

- компонент, связанный с причинением ущерба людям и животным (D1)

$$R_U = (N_L + N_{Da}) \times P_U \times L_U \quad (25)$$

- компонент, связанный с физическим ущербом (D2)

$$R_V = (N_L + N_{DA}) \times P_V \times L_V \quad (26)$$

- компонент, связанный с выходом из строя внутренних систем (D3)

$$R_W = (N_L + N_{DA}) \times P_V \times L_W \quad (27)$$

Если линия электропередач состоит из нескольких секций, значения R_U , R_V и R_W являются суммой значений R_U , R_V и R_W , относящихся к каждой секции этой линии электропередач. Рассмотрению подлежат те секции, которые находятся между сооружением и первым распределительным узлом.

В случае конструкции с более чем одной подсоединенной линией электропередач с различных трасс, расчеты необходимо выполнить для каждой линии электропередач.

А.3.5 Оценка компонента риска, связанного с разрядами молнии рядом с линией электропередач, соединенной с сооружением (S4)

Для оценки компонента риска, связанного с разрядами молнии вблизи линии электропередач, соединенной с сооружением, применяются следующие закономерности:

- компонент, связанный с поломкой внутренних систем (D3)

$$R_Z = (N_L - N_L) \times P_Z \times L_Z \quad (28)$$

Если линия электропередач имеет больше одной секции, значение R_Z является суммой компонентов R_Z , относящихся к каждой секции этой линии электропередач. Рассмотрению подлежат секции, находящиеся между сооружением и первым распределительным узлом.

В случае строения с более чем одной подсоединенной линией электропередач с различных трасс, расчеты необходимо выполнить для каждой линии электропередач.

Для целей настоящей оценки, если $(N_I - N_L) < 0$, считается, что $(N_I - N_L) = 0$.

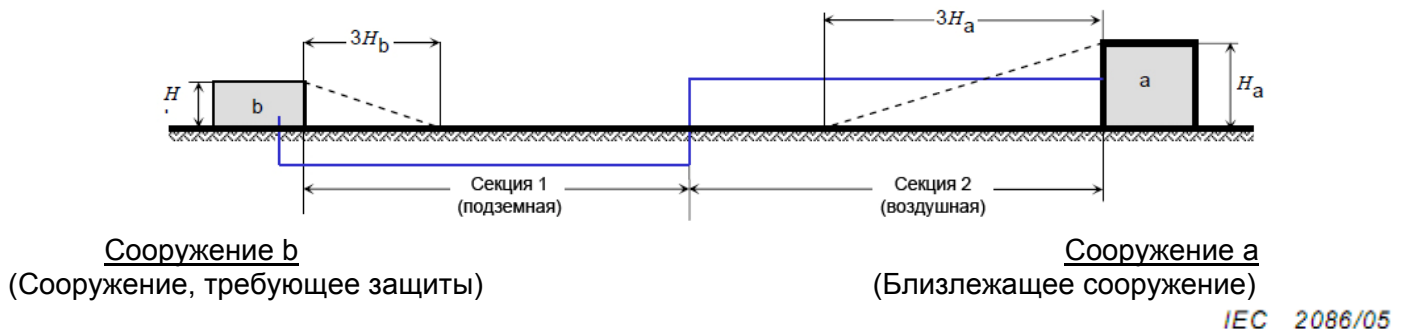


Рисунок А.3. Сооружения на концах линии электропередач: на конце «b» – сооружение, требующее защиты (сооружение b), а на конце «a» – близлежащее сооружение.

А.3.6 Обобщение компонентов риска сооружения

Компоненты риска сооружения обобщены в таблице А.4 в соответствии с различными типами и источниками ущерба.

Таблица А.4. Компоненты риска сооружения для различных типов ущерба, вызванных различными источниками ущерба

Источник ущерба Ущерб	S1 Разряд молнии на сооружение	S2 Разряд молнии рядом с сооружением	S3 Разряд молнии на входящую линию электропередач	S4 Разряд молнии рядом с линией электропередач
D1 Ущерб людям и животным	$R_A = N_D \times P_A \times r_a \times L_t$		$R_U = (N_L + N_{DA}) \times P_U \times r_u \times L_t$	
D2 Физический ущерб	$R_B = N_D \times P_B \times r_p \times h_z \times r_f \times L_f$		$R_V = (N_L + N_{DA}) \times P_V \times r_p \times h_z \times r_f \times L_f$	
D3 Выход из строя электрических и электронных систем	$R_C = N_D \times P_C \times L_o$	$R_M = N_M \times P_M \times L_o$	$R_W = (N_L + N_{DA}) \times P_w \times L_o$	$R_Z = (N_I - N_L) \times P_Z \times L_o$

Если конструкция поделена на зоны Z_S (см. пункт А.3.7), для каждой зоны Z_S необходимо оценить каждый компонент риска.

Совокупный риск R сооружения является суммой компонентов рисков, присущих зонам Z_S , входящих в сооружение.

А.3.7 Подразделение сооружения на зоны Z_S

Для оценки каждого компонента риска сооружение может быть поделено на зоны Z_S , каждая из которых обладает своими характеристиками. При этом конструкция может быть единой зоной или предполагаемой единой зоной.

Зоны Z_S главным образом определяются:

- типом грунта или настила (компоненты риска R_A и R_U),
- наличием огнестойких ограждений (компоненты риска R_B и R_V),
- наличием пространственных перегородок (компоненты риска R_C и R_M).

Кроме того, зоны могут определяться в соответствии с:

- планировкой расположения внутренних систем (компоненты риска R_C и R_M),
- принятыми или планируемыми мерами защиты (все компоненты риска),
- значениями потерь L_X (все компоненты риска).

При разделении сооружения на зоны Z_S необходимо также принимать во внимание возможность реализации наиболее подходящих мер защиты.

А.3.8. Оценка компонентов риска сооружения, разделенного на зоны Z_S

Правила оценки компонентов риска зависят от типа риска.

А.3.8.1 Риски R_1 , R_2 , R_3 и R_4

А.3.8.1.1 Сооружения с одной зоной

В этом случае определяется только одна зона Z_S , образующая все сооружение. В соответствии с пунктом А.3.7 риск R является суммой компонентов риска R_x в сооружении. Для оценки компонентов риска и выбора соответствующих задействованных параметров применяются следующие правила:

- параметры, относящиеся к числу N опасных происшествий, подлежат оценке в соответствии с пунктом А.4;
- параметры, относящиеся к вероятности P ущерба, подлежат оценке в соответствии с пунктом А.5.

Кроме того:

- Для компонентов R_A , R_B , R_U , R_V , R_W и R_Z для каждого задействованного параметра необходимо установить только одно значение. В случаях, когда имеется более одного значения, необходимо выбрать максимальное.
- Для компонентов R_C и R_M , в случаях, когда в зоне имеется несколько внутренних систем, значения P_C и P_M определяются следующим образом:

$$P_C = 1 (1 - P_{C1}) \times (1 - P_{C2}) \times (1 - P_{C3}) \quad (29),$$

$$P_M = 1 (1 - P_{M1}) \times (1 - P_{M2}) \times (1 - P_{M3}) \quad (30),$$

где P_{Ci} и P_{Mi} – являются параметрами, относящимися к внутренней системе i .

- Параметры, относящиеся к значению L потерь, подлежат оценке в соответствии с пунктом А.6.

Характерные средние значения, полученные в соответствии с пунктом А.6, могут приниматься для зоны в соответствии с назначением сооружения.

За исключением параметров P_C и P_M , в случаях, когда в зоне действует более одного значения других параметров, необходимо принять то значение параметра, которое приводит к максимальному значению риска.

Определение конструкции с одной зоной может привести к дорогостоящим средствам защиты, поскольку каждое из средств должно будет оказывать свое защитное действие на все сооружение.

А.3.8.1.2 Сооружение с несколькими зонами

В этом случае сооружение разделяется на несколько зон Z_S . Риском сооружения является сумма рисков, присущих всем зонам в нем; в каждой зоне риск является суммой всех присущих зоне компонентов риска.

Для оценки компонентов риска и выбора соответствующих задействованных параметров применяются правила согласно пункту А.3.8.1.1.

Разделение сооружения на зоны позволяет планировщику систем молниезащиты принять во внимание определенные характеристики каждой части сооружения при оценке компонентов риска и выбрать наиболее подходящие меры защиты, варьирующиеся от зоны к зоне, тем самым, снизив общие затраты на молниезащиту.

А.4 Оценка годового числа N опасных происшествий

А.4.1 Общие положения

Среднегодовое число N опасных происшествий, наступивших в результате разряда молнии и поразивших объект, подлежащий защите, зависит от грозовой активности в регионе размещения объекта и физических характеристик объекта. Чтобы рассчитать число N, общепринятой практикой является умножение плотности грозового разряда на землю N_g на эквивалентную площадь стягивания молний объекта с учетом корректировочных коэффициентов, применимых к физическим характеристикам объекта.

Плотность грозового разряда на землю N_g – это число разрядов молнии на 1 км^2 поверхности земли в год. Это значение можно получить в сетях сбора данных о грозовых разрядах во многих регионах мира.

ПРИМЕЧАНИЕ. Если карта N_g недоступна, в регионах с умеренным климатом, это значение можно рассчитать по формуле:

$$N_g \approx 0.1 T_d (31),$$

где T_d – это число грозовых дней в году (которое можно узнать по картам грозовой активности).

Происшествия, которые можно считать опасными для сооружения, подлежащего защите, включают:

- разряды на сооружение,
- разряды рядом с сооружением,
- разряды на линию электропередач, входящую в сооружение,
- разряды рядом с линией электропередач, входящей в сооружение,
- разряды на сооружение, к которому подсоединена линия электропередач.

Упрощенный метод расчета можно применять только для сооружений, которые:

- имеют низкий или обычный риск возникновения пожара,
- имеют высокий риск возникновения пожара, но низкий риск возникновения паники,
- не имеют риска взрыва,
- не имеют риска нанесения ущерба окружающей среде,
- не являются больницами.

А.4.2 Оценка среднегодового числа опасных происшествий, возникших в результате разрядов на сооружение N_D и на сооружение, находящееся на конце «а» линии электропередач N_{Da}

А.4.2.1 Определение площади стягивания молний A_d

Для отдельно стоящих зданий на плоской местности площадь стягивания молний A_d является площадью, определяемой пересечением между поверхностью земли и прямой с углом наклона $1/3$, которая проходит от верхних частей сооружения (касаясь его в этой части) и окружностью, проложенную вокруг здания. Значение A_d можно определить графическим или математическим способом.

А.4.2.1.1 Сооружение прямоугольной формы

Для отдельно стоящего на плоской местности сооружения прямоугольной формы, имеющего длину L , ширину W и высоту H , площадь стягивания молний равна:

$$A_d = L \times W + 6 \times H \times (L + W) + \pi \times (H)^2 \quad (32),$$

при этом L , W и H выражаются в метрах (см. рисунок А.4).

ПРИМЕЧАНИЕ. Можно получить более точную оценку, приняв во внимание относительную высоту сооружения по отношению к окружающим объектам или к земле на расстоянии $3H$ от сооружения.

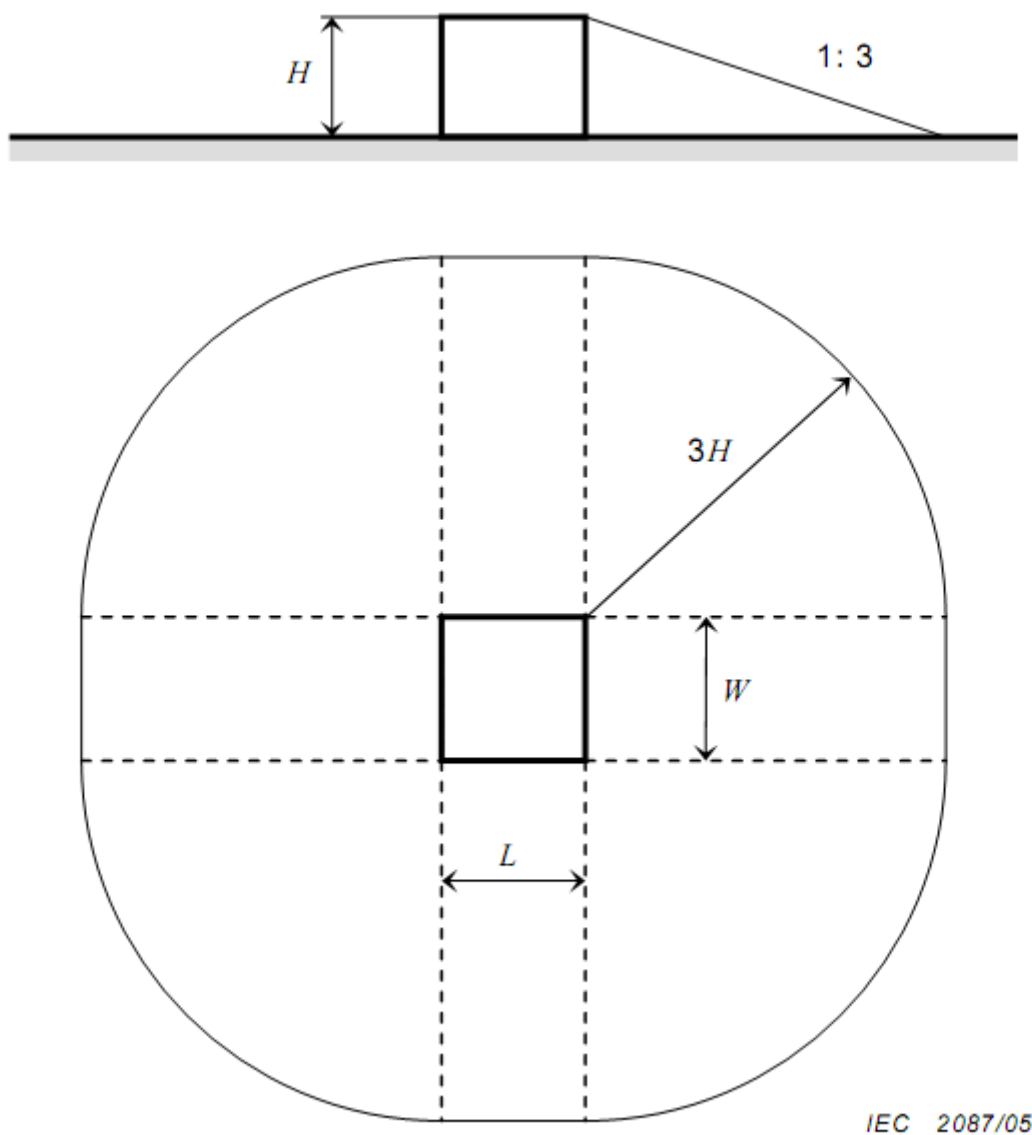


Рисунок А.4. Площадь стягивания молний A_d отдельно стоящего сооружения

А.4.2.1.2 Сооружение сложной формы

Если сооружение имеет сложную форму, как например, направленные вверх выступы крыши (см. рисунок А.5), для оценки A_d необходимо использовать графический способ расчета (см. рисунок А.6), поскольку при использовании максимальных (A_{dmax}) или минимальных (A_{dmin}) геометрических размеров различия могут быть слишком большими.

Приемлемой приближительной величиной площади стягивания молний является максимальное значение между A_{dmin} и площадью стягивания молний, относящейся к направленному вверх выступу крыши $A_{d'}$. Значение $A_{d'}$ может быть рассчитано по формуле:

$$A_{d'} = 9_{\pi} \times (H_p)^2 (33),$$

где H_p – это высота выступа.

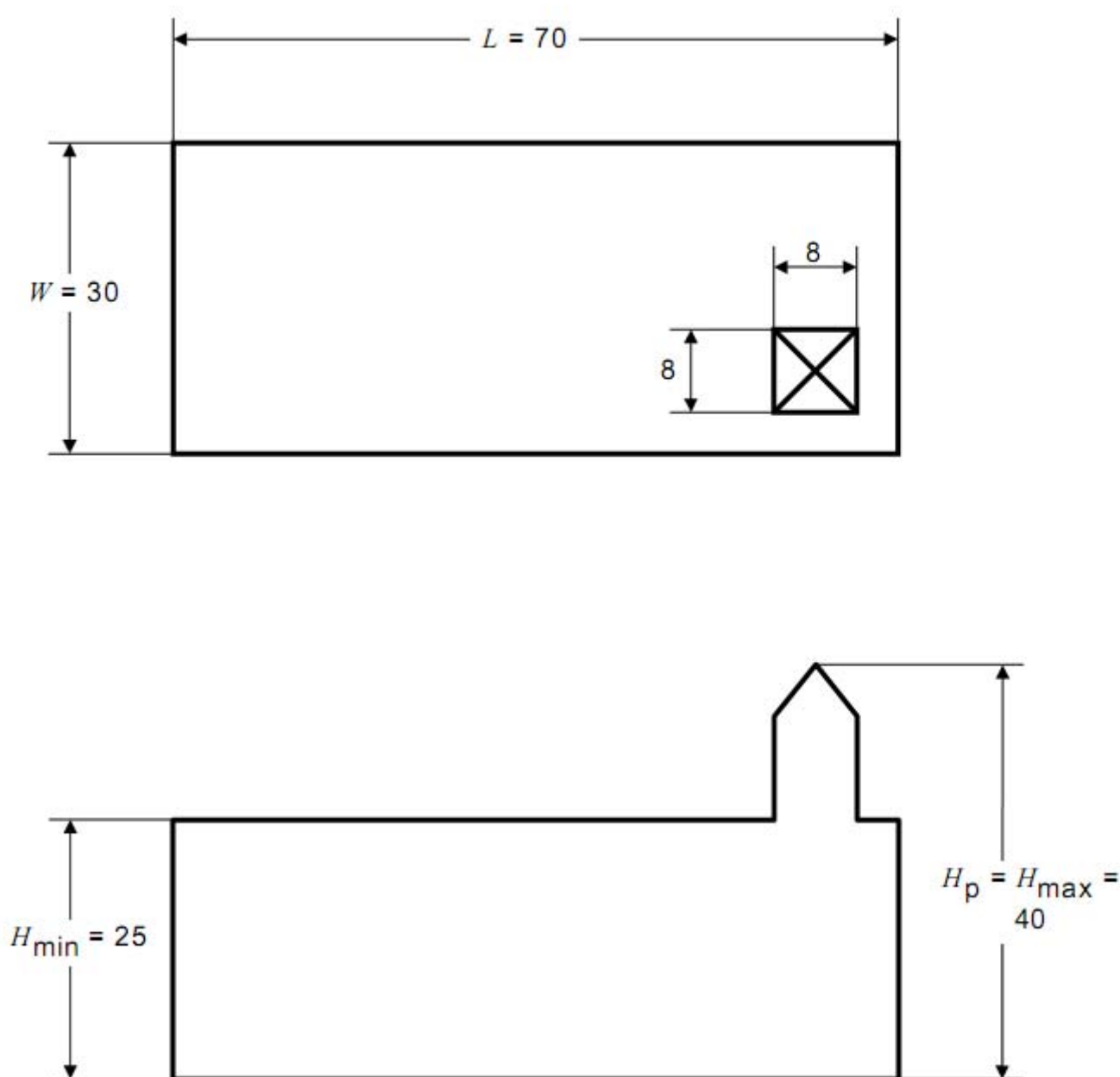


Рисунок А.5. Сооружение сложной формы

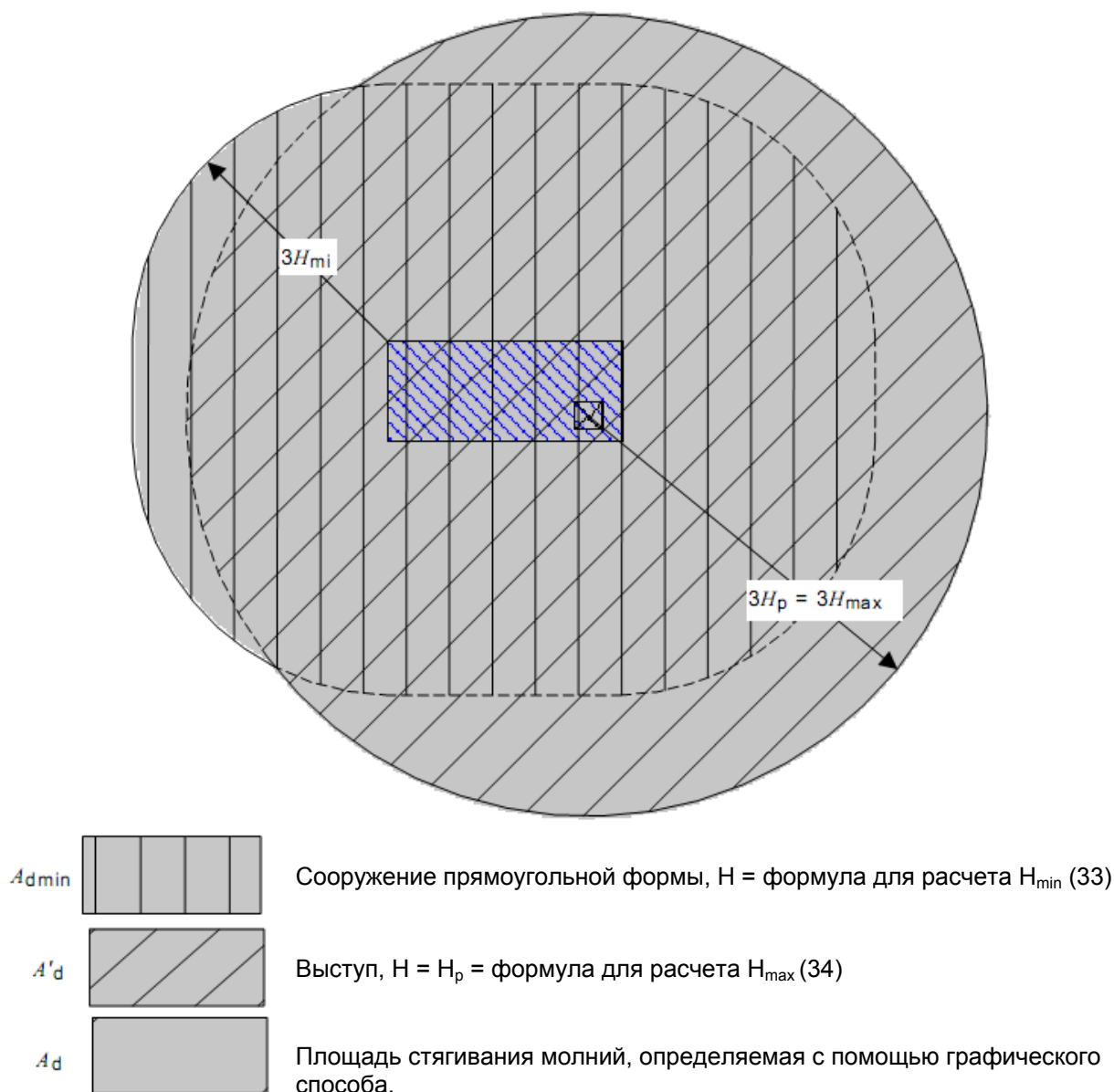


Рисунок А.6. Различные методы определения площади стягивания молний для сооружения на рисунке А.5

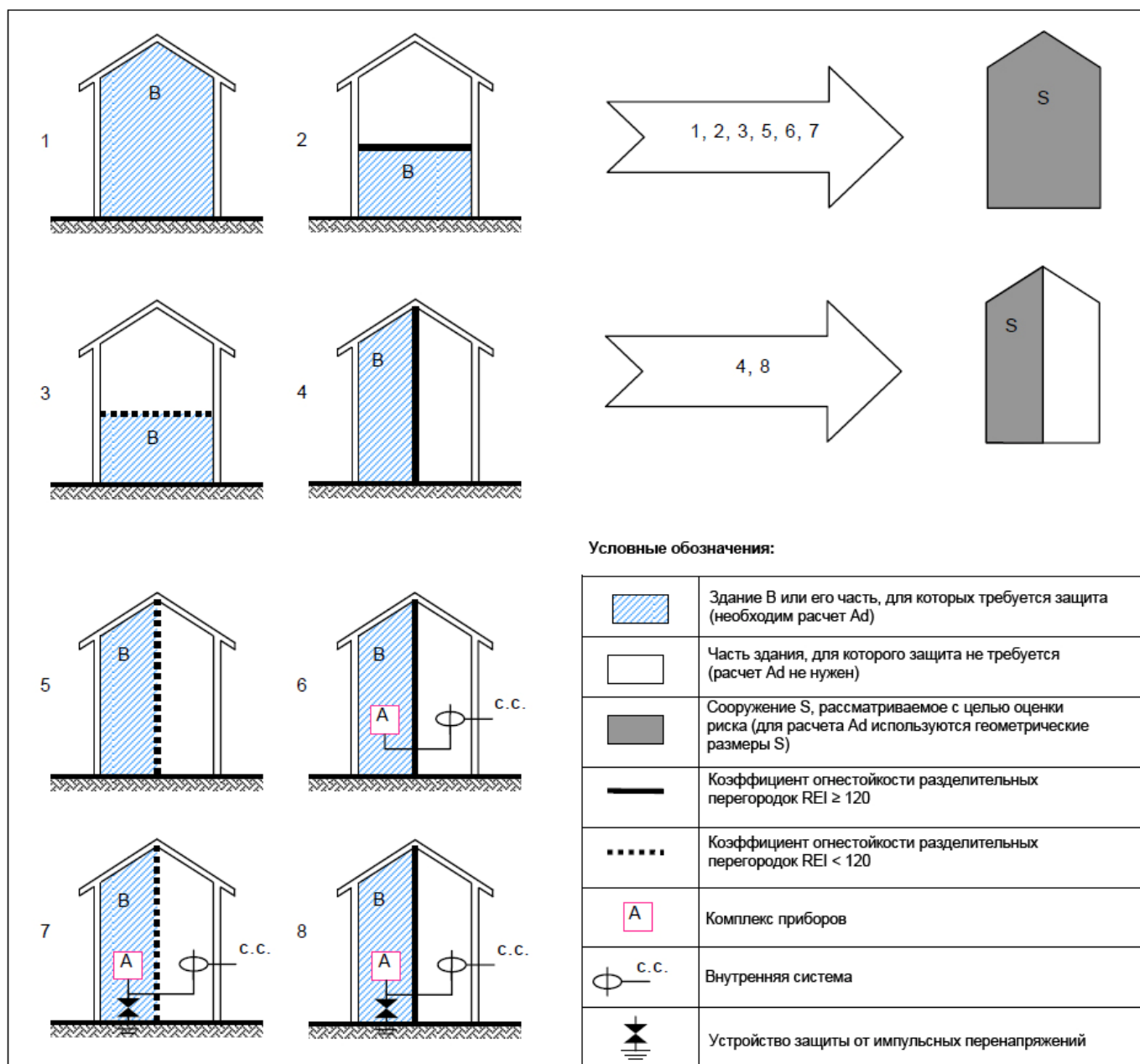
А.4.2.1.3. Сооружение, являющееся частью здания

В случаях, когда рассматриваемое сооружение S состоит только из одной части здания B , при определении A_d могут использоваться геометрические размеры сооружения S , при условии что выполняются следующие требования (см. рисунок А.7):

- сооружение S является частью здания B , отделенным вертикальной прямой;
- здание B не имеет риска взрыва;
- распространение пожара между сооружением S и другими частями здания B предотвращается с помощью стен с огнестойкостью 120 мин. (REI 120), либо с помощью других эквивалентных мер защиты;
- распространение высокого напряжения по общим линиям электропередач, если таковые имеются, предотвращено с помощью устройства защиты от импульсных перенапряжений, установленного на точке ввода таких линий электропередач в сооружение, либо с помощью других эквивалентных мер защиты.

ПРИМЕЧАНИЕ. Определение REI и информацию об этом показателе можно найти в «Официальном журнале Европейского Союза», 1994/28/02, № С 62/63.

В случаях, когда данные требования не выполняются, необходимо использовать геометрические размеры здания B в целом.



IEC 2090/05

Рисунок А.7. Сооружение, рассматриваемое для оценки площади стягивания молний A_d

А.4.2.2. Относительное местонахождение сооружения

Относительное местонахождение сооружения с поправкой на окружающие объекты или открытую площадь будет приниматься во внимание с помощью коэффициента местонахождения C_d (см. таблицу А.5).

Таблица А.5. Коэффициент местонахождения C_d

Относительное местонахождение	C_d
Объект, окруженный более высокими объектами или деревьями	0,25
Объект, окруженный объектами или деревьями такой же или более низкой высоты	0,5
Отдельно стоящий объект: других объектов поблизости нет	1
Отдельно стоящий объект на вершине холма или возвышенности	2

А.4.2.3 Число опасных происшествий N_D для сооружения (на конце «б» линии электропередач)

N_D можно рассчитать как произведение:

$$N_D = N_g \times A_{d/b} \times C_{d/b} \times 10^{-6} \quad (34),$$

где

N_g – плотность грозовых разрядов на землю ($1/\text{км}^2/\text{год}$);

$A_{d/b}$ – площадь стягивания молний отдельно стоящего сооружения (м^2) (см. рисунок А.4);

$C_{d/b}$ – коэффициент местоположения сооружения (см. таблицу А.5).

А.4.2.3 Число опасных происшествий N_{Da} для близлежащих сооружений (на конце «а» линии электропередач)

Среднегодовое число опасных происшествий, наступивших в результате разрядов на сооружение на конце «а» линии электропередач N_{Da} (см. пункт А.3.5 и рисунок А.3) можно рассчитать как произведение:

$$N_{Da} = N_g \times A_{d/a} \times C_{d/a} \times C_t \times 10^{-6} \quad (35),$$

где

N_g – плотность грозовых разрядов на землю ($1/\text{км}^2/\text{год}$);

$A_{d/a}$ – площадь стягивания молний отдельно стоящего близлежащего сооружения (м^2) (см. рисунок А.4);

$C_{d/a}$ – коэффициент местоположения близлежащего сооружения (см. таблицу А.2);

C_t – коэффициент поправки на наличие трансформатора низкого/высокого напряжения на линии электропередач, к которой подключено сооружение, расположенный между точкой удара молнии и сооружением (см. таблицу А.4). Этот коэффициент применяется в отношении участков линии электропередач, находящихся между трансформатором и сооружением.

А.4.3 Оценка среднегодового числа опасных происшествий, наступивших в результате разрядов рядом с сооружением N_M

N_M можно рассчитать как произведение:

$$N_M = N_g \times (A_m - A_{d/b} C_{d/b}) \times 10^{-6} \quad (36),$$

где

N_g – плотность грозовых разрядов на землю ($1/\text{км}^2/\text{год}$);

A_m – площадь стягивания молний для разрядов, попадающих в зону рядом с сооружением (м^2).

Площадь стягивания молний A_m простирается до границы, расположенной на расстоянии 250 м от периметра сооружения (см. рисунок А.8).

Если $N_M < 0$, при расчете необходимо принимать $N_M = 0$.

А.4.4 Расчет среднегодового числа опасных происшествий, наступивших в результате разрядов на линию электропередач N_L

Для линии электропередач, состоящей из одной секции, N_L можно рассчитать по следующей формуле:

$$N_L = N_g \times A_l \times C_d \times C_t \times 10^{-6} \quad (37),$$

где

N_g – плотность грозовых разрядов на землю ($1/\text{км}^2/\text{год}$);

A_l – площадь стягивания молний для разрядов, попадающих в линию электропередач (м^2) (см. таблицу А.3 и рисунок А.8);

C_d – коэффициент местонахождения линии электропередач (см. таблицу А.2);

C_t – коэффициент поправки на наличие трансформатора низкого/высокого напряжения на линии электропередач, к которой подключено сооружение, расположенный между точкой удара молнии и сооружением (см. таблицу А.4). Этот коэффициент применяется в отношении участков линии электропередач, находящихся между трансформатором и сооружением.

Таблица А.6. Площади стягивания молний A_l и A_i в зависимости от характеристик линии электропередач

	Воздушная линия электропередач	Подземная линия электропередач
A_l	$(L_c - 3(H_a - H_b)) \cdot 6 H_c$	$(L_c - 3(H_a - H_b)) \sqrt{\rho}$
A_i	$1\,000 L_o$	$25 L_o \sqrt{\rho}$

где

A_l – площадь стягивания молний для разрядов, попадающих в линию электропередач (м^2);

A_i – площадь стягивания молний для разрядов, попадающих на землю рядом с линией электропередач (м^2);

H_c – высота проводов линии электропередач над землей (м);

L_c – длина секции линии электропередач от сооружения до первого распределительного узла (м). В качестве максимального значения необходимо принимать $L_c = 1000$ м;

H_a – высота сооружения, соединенного с линией электропередач на конце «а» (м);

H_b – высота сооружения, соединенного с линией электропередач на конце «b» (м);

ρ – удельное сопротивление земли для подземных линий электропередач ($\Omega\text{м}$). В качестве максимального значения необходимо принимать $\rho = 500 \Omega\text{м}$.

Для целей настоящего расчета:

- в случаях, когда значение L_c неизвестно, необходимо принимать $L_c = 1000$ м;
- в случаях, когда значение удельного сопротивления земли неизвестно, необходимо принимать $\rho = 500 \Omega\text{м}$;
- для подземных кабелей, полностью проложенных в пределах сетчатого заземления с частыми ячейками, для эквивалентной площади стягивания молний можно принимать $A_i = A_l = 0$;
- сооружение, подлежащее защите, должно приниматься как сооружение, соединенное с линией электропередач на конце «b».

ПРИМЕЧАНИЕ. Более подробную информацию о площадях стягивания молний A_l и A_i можно найти в «Рекомендациях Международного союза электросвязи (ITU)» К.46 и К.47.

Таблица А.7. Коэффициент трансформатора C_t

Трансформатор	C_t
Линия электропередач с двухобмоточным трансформатором	0,2
Только линия электропередач	1

А.4.5 Оценка среднегодового числа опасных происшествий, наступающих в результате разрядов рядом с линией электропередач N_I

Для односекционной линии электропередач (воздушной, подземной, экранированной, неэкранированной и т.д.) значение N_I можно рассчитать по формуле:

$$N_I = N_g \times A_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6} \quad (38),$$

Где

N_g – плотность грозовых разрядов на землю ($1/\text{км}^2/\text{год}$);

A_i – площадь стягивания молний для разрядов, попадающих в землю рядом с линией электропередач (м^2) (см. таблицу А.3 и рисунок А.8);

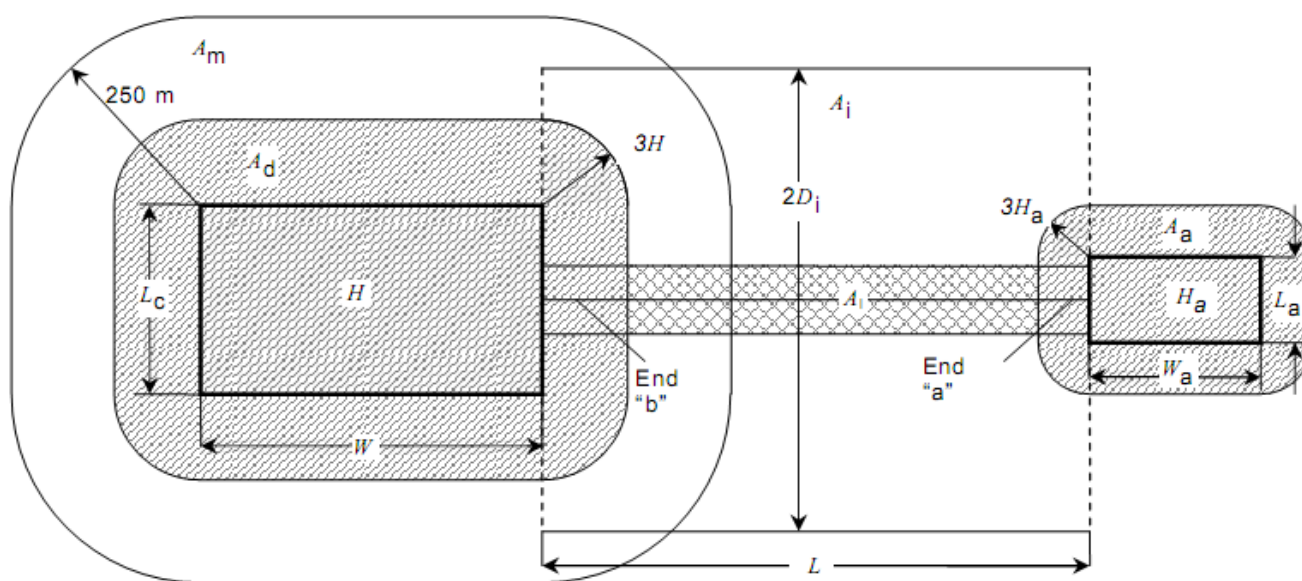
C_e – коэффициент воздействия на окружающую среду (см. таблицу А.8);

C_t – коэффициент поправки на наличие трансформатора низкого/высокого напряжения на линии электропередач, к которой подключено сооружение, расположенный между точкой удара молнии и сооружением (см. таблицу А.4). Этот коэффициент применяется в отношении участков линии электропередач, находящихся между трансформатором и сооружением.

Таблица А.8. Коэффициент воздействия на окружающую среду C_e

Окружающая среда	C_e
Городская среда с высокими зданиями ¹⁾	0
Городская среда ²⁾	0,1
Пригород ³⁾	0,5
Сельская местность	1
1) Высота зданий более 20 м. 2) Высота зданий от 10 до 20 м. 3) Высота зданий менее 10 м.	

ПРИМЕЧАНИЕ. Площадь стягивания молний A_i линии электропередач определяется её длиной L_c и горизонтальным расстоянием D_i (см. рисунок А.8), на котором разряд рядом с линией электропередач способен вызвать индуцированное перенапряжение не менее 1,5 кВ.



IEC 2081/05

Рисунок А.8. Площади стягивания молний (A_d , A_m , A_i , A_a)

А.5 Оценка вероятности P_x причинения ущерба сооружению

Коэффициенты вероятности, приведенные в настоящем приложении, являются действительными, если меры защиты соответствуют применимым к ним стандартам.

Значения коэффициентов вероятности P_x менее 1 можно выбирать только, если мера или характеристика действует в отношении всего сооружения или зоны сооружения (Z_s), подлежащих защите, и в отношении всего оборудования в пределах такого сооружения или зоны.

А.5.1 Вероятность P_A причинения разрядом молнии на сооружение ущерба людям и животным

Значения вероятности P_A поражения молнией людей и животных в результате напряжения прикосновения и шага от разряда молнии на сооружение в зависимости от типичных мер защиты приведены в таблице А.9.

Таблица А.9. Значения вероятности P_A поражения электрическим током людей и животных при разряде на сооружение в результате опасных величин контактного и шагового напряжения

Мера защиты	P_A
Меры защиты отсутствуют	1
Электрическая изоляция токоотвода (например, сетчатый полиэтилен толщиной минимум 3 мм)	10^{-2}
Эффективное уравнивание потенциалов грунта	10^{-2}
Предупредительные надписи	10^{-1}

Если предпринято более одной меры, значение P_A является произведением соответствующих значений P_A .

ПРИМЕЧАНИЕ 2. В случаях, когда элементы или конструкция для упрочнения сооружения используются в качестве токоотводов, а также в случаях, когда используются физические ограждения, значением коэффициента вероятности P_A можно пренебречь.

А.5.2 Вероятность P_B причинения физического ущерба в результате разряда на сооружение

Значения вероятности P_B причинения физического ущерба разрядом на сооружение в зависимости от уровня молниезащиты (УМ) приведены в таблице А.10.

Таблица А.10. Значения P_B в зависимости от мер защиты

в целях снижения физического ущерба

Характеристики сооружения	Класс системы с формированием восходящего лидера (ФВЛ)	P_B
Сооружение не защищено системой с ФВЛ	-	1
Сооружение защищено системой с ФВЛ	VI	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Уровень I+		0,01
Уровень I++		0,001

А.5.3 Вероятность P_C выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии на сооружение

Вероятность того, что разряд на сооружение приведет к выходу из строя внутренних систем, зависит от используемого согласованного устройства защиты от импульсных перенапряжений:

$$P_C = P_{SPD} \quad (39)$$

Значения P_{SPD} зависят от уровня молниезащиты (УМ), для которого предназначено устройство защиты от перенапряжений, как показано в таблице А.11.

Таблица А.11. Значение вероятности P_{SPD} в зависимости от УМ, для которых предназначены устройства защиты от импульсных перенапряжений

Уровни молниезащиты (УМ)	P_{SPD}
Устройства согласованной защиты от импульсных перенапряжений отсутствуют	1
III-IV	0,03
II	0,02
I	0,01
ПРИМЕЧАНИЕ 3	0,005 – 0,001

ПРИМЕЧАНИЕ 1. В качестве меры защиты с целью снижения P_C подходит только устройство согласованной защиты от импульсных перенапряжений. Устройство согласованной защиты от импульсных перенапряжений эффективно для снижения P_C только в сооружениях, защищенных системами с формированием восходящего лидера (ФВЛ) или в сооружениях с непрерывным металлической или железобетонной арматурой, выступающей в качестве естественной системы ФВЛ, при условии, что в них выполнены требования к соединениям и заземлению электрических кабелей.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Для экранированных внутренних систем, подключенных к внешним линиям электропередач, состоящим из молниезащитного кабеля или систем с прокладкой электрических проводов в молниезащитных кабелепроводах, металлическом кабелепроводе или металлических трубах, может не требоваться установка согласованного устройства защиты от импульсных перенапряжений.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Возможно получение более низких значений P_{SPD} в случае, если у устройства защиты от импульсных перенапряжений повышенные защитные характеристики (защита от более высоких значений тока, более низкий уровень защиты и т.д.) по сравнению с требованиями, установленными для уровня молниезащиты I в соответствующих местах установки.

А.5.4 Вероятность P_M выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии рядом с сооружением

Вероятность P_M того, что разряд молнии рядом с сооружением приведет к выходу из строя внутренних систем, зависит от применимых мер молниезащиты (ММ) в соответствии с коэффициентом K_{MS} .

В случаях, когда устройство защиты от импульсных перенапряжений, соответствующее требованиям стандартов EN 61643-11 и TS 61643-12, не предусмотрено, значение P_M равно значению P_{MS} .

Значения P_{MS} в зависимости от K_{MS} приведены в таблице А.12, где K_{MS} является коэффициентом, относящимся к характеристикам используемых мер защиты.

В случаях, когда устройство защиты от импульсных перенапряжений согласно стандартам EN 61643-11 и TS 61643-12 предусмотрено, значение P_M является минимальным значением в диапазоне между P_{SPD} и P_M .

Таблица А.12. Значение вероятности P_{MS} в зависимости от коэффициента K_{MS}

K_{MS}	P_{MS}
$\geq 0,4$	1
0,15	0,9
0,07	0,5
0,035	0,1
0,021	0,01
0,016	0,005
0,015	0,003
0,014	0,001
$\leq 0,013$	0,0001

Для внутренних систем, включающих оборудование, не соответствующее значению сопротивления, диэлектрической прочности или устойчивости к перепадам напряжения, приведенному в соответствующих стандартах на изделие, необходимо принимать $P_{MS} = 1$.

Значения коэффициента K_{MS} получаются как произведения следующих значений:

$$K_{MS} = K_{S1} \times K_{S2} \times K_{S3} \times K_{S4} \quad (40),$$

где

K_{S1} принимает во внимание эффективность экранирования сооружения, систему ФВЛ и другие защитные средства на границе зоны молниезащиты 0/1;

K_{S2} принимает во внимание эффективность экранирования внутри сооружения на границе зоны молниезащиты X/Y ($X > 0$, $Y > 1$);

K_{S3} принимает во внимание характеристики внутренней проводки (см. таблицу А.13);

K_{S4} принимает во внимание выдерживаемое импульсное напряжение системы, подлежащей защите.

Внутри зоны молниезащиты на безопасном расстоянии от экранной защиты на границе, по меньшей мере, равном ширине ячейки w , коэффициенты K_{S1} и K_{S2} для системы ФВЛ или пространственной сетчатой экранной защиты могут рассчитываться по формуле:

$$K_{S1} = K_{S2} = 0,12 \times w \quad (41),$$

где $w(m)$ является шириной ячейки пространственной сетчатой экранной защиты или токоотводов системы ФВЛ сетчатого типа, расстоянием между металлическими колоннами сооружения или расстоянием между железобетонными решетками, выступающими в качестве естественной системы ФВЛ.

Для цельнометаллической экранной защиты толщиной от 0,1 мм до 0,5 мм $K_{S1} = K_{S2} =$ от 10^{-4} до 10^{-5} .

В случаях, когда петля индуктивности пролегает рядом с экранными токоотводами на границе зоны молниезащиты на расстоянии от экранного токоотвода менее безопасного расстояния, значения K_{S1} и K_{S2} будут выше. Например, значения K_{S1} и K_{S2} необходимо удваивать в случаях, когда расстояние до экранного токоотвода варьируется от 0,1 w до 0,2 w .

Для последовательно соединенных зон молниезащиты, итоговый коэффициент K_{S2} будет являться произведением соответствующих значений K_{S2} для каждой зоны молниезащиты.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Максимальное значение K_{S1} ограничивается 1.

Таблица А.13. Значение коэффициента K_{S3} в зависимости от типа внутренней проводки

Тип внутренней проводки	K_{S3}
Неэкранированный кабель – защита трассы во избежание замкнутых контуров отсутствует ¹⁾	1
Неэкранированный кабель – имеется защита трассы во избежание больших замкнутых контуров ²⁾	0,2
Неэкранированный кабель – имеется защита трассы во избежание замкнутых контуров ³⁾	0,02
Экранированный кабель с сопротивляемостью экранированной защиты ⁴⁾ $5 < R_s \leq 20 \text{ } \Omega / \text{km}$	0,001
Экранированный кабель с сопротивляемостью экранированной защиты ⁴⁾ $1 < R_s \leq 5 \text{ } \Omega / \text{km}$	0,0002
Экранированный кабель с сопротивляемостью экранированной защиты ⁴⁾ $R_s \leq 1 \text{ } \Omega / \text{km}$	0,0001
¹⁾ Токоотводы с замкнутым контуром и разными кабельными трассами в больших зданиях (площадь замкнутого контура в пределах 50 м ²). ²⁾ Токоотводы с замкнутым контуром в одном и том же кабельном проводе, либо токоотводы с замкнутым контуром в разных кабельных трассах в небольших зданиях (площадь замкнутого контура в пределах 10 м ²). ³⁾ Токоотводы с замкнутым контуром с прокладкой в одном и том же кабеле (площадь замкнутого контура в пределах 0,5 м ²). ⁴⁾ Кабель с экранированной защитой, обладающей сопротивлением R_s (Ω/km), связанной с шиной для выравнивания потенциалов (замыкателем) на обоих концах, при этом оборудование подключено к этой же шине.	

Для проводки, продолженной в цельном металлическом трубопроводе, связанном с шинами для выравнивания потенциалов на обоих концах, значения K_{S3} необходимо умножать на 0,1.

Коэффициент K_{S4} рассчитывается по формуле:

$$K_{S4} = 1,5/U_w \text{ (42)},$$

где U_w – это нормативное выдерживаемое импульсное напряжение системы, подлежащей защите, в кВ.

В случае наличия во внутренней системе оборудования с другими уровнями выдерживаемого импульсного напряжения, необходимо выбирать коэффициент K_{S4} , соответствующий самому низкому значению выдерживаемого импульсного напряжения.

А.5.5 Вероятность P_U причинения ущерба людям и животным в результате разряда на линию электропередач

Значения вероятности P_U причинения ущерба людям и животным напряжением прикосновения в результате разряда молнии на линию электропередач, входящую в сооружение, зависит от характеристик экранированной защиты линии электропередач, выдерживаемого импульсного напряжения внутренней системы, подсоединенной к линии электропередач, стандартных мер защиты (физических ограждений, предупредительных надписей и т. д. (см. таблицу А.9) и наличия устройства (устройств) защиты от импульсных перенапряжений на входе линии электропередач в сооружение.

В случаях, когда устройство (устройства) защиты от импульсных перенапряжений не предусмотрено для уравнивания потенциалов, значение P_U является минимальным значением в диапазоне между P_{SPD} (таблица А.11) и P_{LD} .

ПРИМЕЧАНИЕ. Защита при помощи согласованного устройства защиты от импульсных перенапряжений в соответствии со стандартами EN 61643-11 и TS 61643-12 для снижения P_U в этом случае не требуется. Достаточно устройства (устройств) защиты от импульсных перенапряжений.

Таблица А.14. Значения вероятности P_{LD} в зависимости от сопротивления R_s экранной защиты кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_w оборудования

U_w kV	$5 < R_s \leq 20$ Ω/km	$1 < R_s \leq 5$ Ω/km	$R_s \leq 1$ Ω/km
1,5	1	0,8	0,4
2,5	0,95	0,6	0,2
4	0,9	0,3	0,04
6	0,8	0,1	0,02
R_s (Ω/km): сопротивление экранной защиты кабеля.			

Для линий электропередач без экранной защиты необходимо принимать $P_{LD} = 1$.

При наличии мер физической защиты, таких как физические ограждения, предупредительные надписи и т. д., вероятность P_U необходимо дополнительно снизить, умножив ее на значения вероятности P_A , приведенные в таблице А.9.

А.5.6 Вероятность P_V причинения физического ущерба в результате разряда на линию электропередач

Значения вероятности P_V причинения физического ущерба в результате разряда на линию электропередач, входящую в сооружение, зависит от характеристик экранной защиты линии электропередач, выдерживаемого импульсного напряжения внутренних систем, соединенных с линией электропередач и имеющих устройств защиты от импульсных перенапряжений.

В случаях, когда устройство (устройства) защиты от импульсных перенапряжений не предусмотрено для уравнивания потенциалов, значение P_V равно значению P_{LD} , где P_{LD} является вероятностью выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии на подключенную линию электропередач.

Значения P_{LD} приведены в таблице А.14.

В случаях, когда для уравнивания потенциалов предусмотрено устройство (устройства) защиты от импульсных перенапряжений, значение P_V является минимальным значением в диапазоне от P_{SPD} (см. таблицу А.11) и P_{LD} .

ПРИМЕЧАНИЕ. Защита при помощи согласованного устройства защиты от импульсных перенапряжений в соответствии со стандартами EN 61643-11 и TS 61643-12 не требуется для снижения P_U в этом случае. Достаточно устройства (устройств) защиты от импульсных перенапряжений.

А.5.7 Вероятность P_W выхода из строя внутренних систем в результате разряда на линию электропередач

Значения вероятности P_W выхода из строя внутренних систем в результате разряда на линию электропередач, входящую в сооружение, зависит от характеристик экранной защиты линии электропередач, выдерживаемого импульсного напряжения внутренних систем, соединенных с линией электропередач и установленных устройств защиты от импульсных перенапряжений.

В случаях, когда согласованное устройство защиты от импульсных перенапряжений, соответствующее стандартам EN 61643-11 и TS 61643-12 не предусмотрено, значение P_W равно значению P_{LD} , где P_{LD} является вероятностью выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии на подключенную линию электропередач.

Значения P_{LD} приведены в таблице А.14.

В случаях, когда согласованное устройство защиты от импульсных перенапряжений в соответствии со стандартами EN 61643-11 и TS 61643-12 предусмотрено, значение P_W является минимальным значением в диапазоне между P_{SPD} (см. таблицу А.11) и P_{LD} .

А.5.8 Вероятность P_Z выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии рядом с линией электропередач, входящей в сооружение

Значения вероятности P_Z выхода из строя внутренних систем в результате разряда рядом с линией электропередач, входящей в сооружение, зависит от характеристик экранной защиты линии электропередач, выдерживаемого импульсного напряжения внутренних систем, соединенных с линией электропередач и предусмотренных мер защиты.

В случаях, когда согласованное устройство защиты от импульсных перенапряжений, соответствующее стандартам EN 61643-11 и TS 61643-12 не предусмотрено, значение P_Z равно значению P_{LI} , где P_{LI} является вероятностью выхода из строя внутренних систем в результате разряда молнии на подключенную линию электропередач.

Значения P_{LI} приведены в таблице А.15.

В случаях, когда согласованное устройство защиты от импульсных перенапряжений в соответствии со стандартами EN 61643-11 и TS 61643-12 предусмотрено, значение P_Z является минимальным значением в диапазоне между P_{SPD} (см. таблицу А.11) и P_{LI} .

Таблица А.15. Значения вероятности P_{LI} в зависимости от сопротивления R_S экранной защиты кабеля и выдерживаемого импульсного напряжения U_W оборудования

U_W kV	Экранная защита отсутствует	Экранная защита не соединена с шиной уравнивания потенциалов, к которой подсоединено оборудование	Экранная защита подсоединена к шине уравнивания потенциалов, оборудование подключено к этой же шине		
			$5 < R_S \leq 20$ Ω/km	$1 < R_S \leq 5$ Ω/km	$R_S \leq 1$ Ω/km
1,5	1	0,5	0,15	0,04	0,02
2,5	0,4	0,2	0,06	0,02	0,008
4	0,2	0,1	0,03	0,008	0,004
6	0,1	0,05	0,02	0,004	0,002

R_S (Ω/km): погонное сопротивление экранной защиты кабеля.

ПРИМЕЧАНИЕ. Более точная оценка K_S для экранированных и неэкранированных участков приведена в «Рекомендациях Международного союза электросвязи (ITU)» К.46

А.6. Оценка объема потерь L_X в сооружении

А.6.1 Средний относительный объем потерь в год

Потери L_X подразумевают средний относительный объем определенного типа ущерба, который может быть вызван разрядом молнии с учетом масштаба и последствий такого ущерба.

Значение этого показателя зависит от:

- числа людей и времени их нахождения в опасном месте;
- типа и значимости услуги, оказываемой населению;
- стоимости товаров, пострадавших в результате причинения ущерба.

Потери L_X варьируются в зависимости от рассматриваемого типа потерь (L_1 , L_2 , L_3 , L_4) и в зависимости от типа ущерба (D_1 , D_2 и D_3), повлекшего за собой потери. Используются следующие символы:

L_t – потери в результате причинения физического ущерба действием напряжения прикосновения и шага;

L_f – потери в результате причинения физического ущерба;

L_o – потери в результате выхода из строя внутренних систем.

А.6.2. Гибель людей

Значение L_t , L_f и L_o может быть определено с точки зрения относительного числа жертв с помощью следующего приближенного соотношения:

$$L_x = (n_p / n_t) \times (t_p / 8760) \quad (43),$$

где

n_p – возможное число людей, подвергающихся опасности (жертв);

n_t – общее планируемое число людей (в сооружении);

t_p – время в часах в год, в течение которого люди находятся в опасном месте за пределами сооружения (только L_t) или внутри сооружения (L_t , L_f и L_o).

Типичные средние значения L_t , L_f и L_o для использования в случаях, когда определение n_p , n_t и t_p недостоверно или затруднено, приведены в таблице А.16.

Таблица А.16. Типичные средние значения L_t , L_f и L_o

Тип сооружения	L_t
Все типы (люди внутри здания)	10^{-4}
Все типы (люди снаружи здания)	10^{-2}

Тип сооружения	L_f
Больницы, отели, гражданские здания	10^{-1}
Промышленные, торговые здания, школы	5×10^{-2}
Публичные развлекательные учреждения, церкви, музеи	2×10^{-2}
Прочие	10^{-2}

Тип сооружения	L_o
Сооружения с риском взрыва	10^{-1}
Больницы	10^{-3}

На показатель гибели людей влияют характеристики сооружения. Они принимаются во внимание с помощью применения повышающего коэффициента (h_z) и понижающих коэффициентов (r_f , r_p , r_a , r_u) следующим образом:

$$L_A = r_a \times L_t \quad (44),$$

$$L_U = r_u \times L_t \quad (45),$$

$$L_B = L_V = r_p \times h_z \times r_f \times L_f \quad (46),$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (47),$$

где

r_a – коэффициент, снижающий показатель гибели людей в зависимости от типа грунта (см. таблицу А.17);

r_u – коэффициент, снижающий показатель гибели людей в зависимости от типа настила (см. таблицу А.17);

r_p – коэффициент, снижающий показатель гибели людей в результате физического повреждения в зависимости от мер, принятых с целью снижения последствий пожара (см. таблицу А.18);

r_f – коэффициент, снижающий показатель гибели людей в результате физического ущерба в зависимости от риска возникновения пожара в сооружении (см. таблицу А.19);

h_z – коэффициент, повышающий показатель гибели людей в результате физического ущерба при наличии особого типа опасности (см. таблицу А.20).

Таблица А.17. Значения понижающих коэффициентов r_a и r_u в зависимости от типа поверхности грунта или настила

Тип поверхности	Контактное сопротивление $k\Omega^{1)}$	r_a и r_u
Пахотная почва, бетон	≤ 1	10^{-2}
Мрамор, керамика	1 – 10	10^{-3}
Гравий, ковровое покрытие, ковры	10 – 100	10^{-4}
Асфальт, линолеум, дерево	≥ 100	10^{-5}
¹⁾ Значения, измеренные между электродами площадью 400 см^2 , сжатыми с усилием 500 Н в точке на воображаемой плоскости.		

Таблица А.18. Значения понижающего коэффициента r_p в зависимости мер, предпринятых для снижения последствий пожара

Предпринятые меры	r_p
Меры не предпринимались	1
Предпринята одна из следующих мер: огнетушители, стационарные установки пожаротушения ручного управления, ручные пожарные извещатели, гидранты, огнестойкие перегородки, защищенные пути эвакуации.	0,5
Предпринята одна из следующих мер: стационарные установки пожаротушения автоматического управления, устройства автоматической пожарной сигнализации ¹⁾	0,2
¹⁾ Только если эти устройства защищены от перенапряжения и прочих повреждений и если пожарная команда способна прибыть на место менее чем через 10 минут.	

Если предпринято более одной меры, значение r_p принимается равным минимальному соответствующему значению.

В сооружениях с риском взрыва $r_p = 1$ для всех случаев.

Таблица А.19. Значения понижающего коэффициента r_f в зависимости от риска возникновения пожара сооружения

Риск возникновения пожара	r_f
В результате взрыва	1
Высокий	10^{-1}
Обычный	10^{-2}
Низкий	10^{-3}
Отсутствует	0

ПРИМЕЧАНИЕ 1. В случаях, когда сооружение имеет риск взрыва и когда в сооружении хранятся взрывоопасные вещества, может потребоваться более подробный расчет коэффициента r_f .

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Сооружения с высоким риском возникновения пожара могут рассматриваться как сооружения, построенные из горючих материалов, сооружения с крышей из горючих материалов или сооружения с удельной пожарной нагрузкой выше 800 МДж/м^2 .

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Сооружения с обычным риском возникновения пожара могут рассматриваться как сооружения с удельной пожарной нагрузкой от 800 МДж/м^2 до 400 МДж/м^2 .

ПРИМЕЧАНИЕ 4. Сооружения с низким уровнем возникновения пожара могут рассматриваться как сооружения с удельной пожарной нагрузкой менее 400 МДж/м^2 или как сооружения, в которых горючие материалы встречаются лишь в отдельных местах.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. Удельная пожарная нагрузка – это соотношение энергии всего объема горючих материалов в сооружении и общей площади поверхности сооружения.

Таблица А.20. Значения коэффициента h_z , повышающего относительный объем потерь при наличии особого типа опасности

Разновидность особой опасности	h_z
Особые виды опасности отсутствуют	1
Низкий уровень возникновения паники (например, сооружение ограничено двумя этажами, число людей не превышает 100)	2
Средний уровень возникновения паники (например, сооружения, предназначенные для культурных и спортивных мероприятий, в которых число участников варьируется от 100 до 1000 человек)	5
Сложности при эвакуации (например, сооружения, в которых присутствуют люди с ограниченной подвижностью, больницы)	5
Высокий уровень возникновения паники (например, сооружения, предназначенные для культурных и спортивных мероприятий, в которых число участников превышает 1000 человек)	10
Загрязнение близлежащей территории или окружающей среды	50

А.6.3. Приемлемое значение прекращения обслуживания населения

Значения L_f и L_o могут быть определены с точки зрения относительного объема возможных потерь с помощью следующего приближенного соотношения:

$$L_x = n_p / n_t \times t / 8760 \quad (48),$$

Где

n_p – возможное число людей, подвергающихся опасности (абоненты, не получившие услугу);

n_t – общее число людей (обслуживаемых абонентов);

t – время остановки обслуживания в год (в часах).

Типичные средние значения L_f и L_o для использования в случаях, когда определение n_p , n_t и t недостоверно или затруднено, приведены в таблице 21.

Таблица А.21. Типичные средние значения L_f и L_o

Тип услуги	L_f	L_o
Газ, вода	10^{-1}	10^{-2}
Телевидение, телекоммуникации, электроэнергия	10^{-2}	10^{-3}

Показатель прекращения обслуживания населения зависит от характеристик сооружения и понижающего коэффициента (r_p) следующим образом:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_f \quad (49),$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (50).$$

Значения коэффициентов r_p и r_f приведены в таблицах А.18 и А.19 соответственно.

А.6.4 Потеря незаменяемого культурного наследия

Значение L_f можно определить с точки зрения относительного объема возможных потерь с помощью следующего приближенного соотношения:

$$L_x = c / c_t \quad (51),$$

где

c – среднее значение возможных потерь сооружения (например, страховая стоимость возможной потери изделий) в денежном выражении;

c_t – общая стоимость сооружения (например, полная страховая стоимость всех изделий, находящихся внутри сооружения) в денежном выражении.

Типичное среднее значение L_f в случаях, когда определение c и c_t недостоверно или затруднено, следующее:

$$L_f = 10^{-1}$$

Показатель потерь невозстановимого культурного наследия зависит от характеристик сооружения и понижающего коэффициента g_p следующим образом:

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times L_f \quad (52)$$

Значения коэффициентов r_p и r_f приведены в таблицах А.18 и А.19 соответственно.

А.6.5. Экономический ущерб

Значение L_t , L_f и L_o можно определить с точки зрения относительного объема возможных потерь с помощью следующего приближенного соотношения:

$$L_x = c / c_t \quad (53),$$

Где

c – среднее значение возможных потерь сооружения (включая его содержимое и соответствующие виды деятельности и их последствия) в денежном выражении;

c_t – общая стоимость сооружения (включая его содержимое и соответствующие виды деятельности) в денежном выражении.

Типичные средние значения L_t , L_f и L_o для всех типов сооружений, которые необходимо использовать, когда определение c и c_t недостоверно или затруднено, приведены в таблице А.22.

Таблица А.22. Типичные средние значения L_t , L_f и L_o

Тип сооружения	L_t
Все типы (внутри здания)	10^{-4}
Все типы (снаружи здания)	10^{-2}

Тип сооружения	L_f
Больницы, промышленные здания, музеи, сельскохозяйственные здания	0,5
Отели, школы, офисные здания, церкви, публичные развлекательные учреждения, хозяйственные учреждения	0,2
Прочие	0,1

Тип сооружения	L_o
Сооружения с риском взрыва	10^{-1}
Больницы, промышленные и офисные здания, отели, хозяйственные здания	10^{-2}
Музеи, сельскохозяйственные здания, школы, церкви, публичные развлекательные учреждения	10^{-3}
Прочие	10^{-4}

Потеря экономической стоимости зависит от характеристик сооружения, которые принимаются во внимание с помощью повышающего (h_z) и понижающих (r_p, r_a, r_f, r_u) коэффициентов следующим образом:

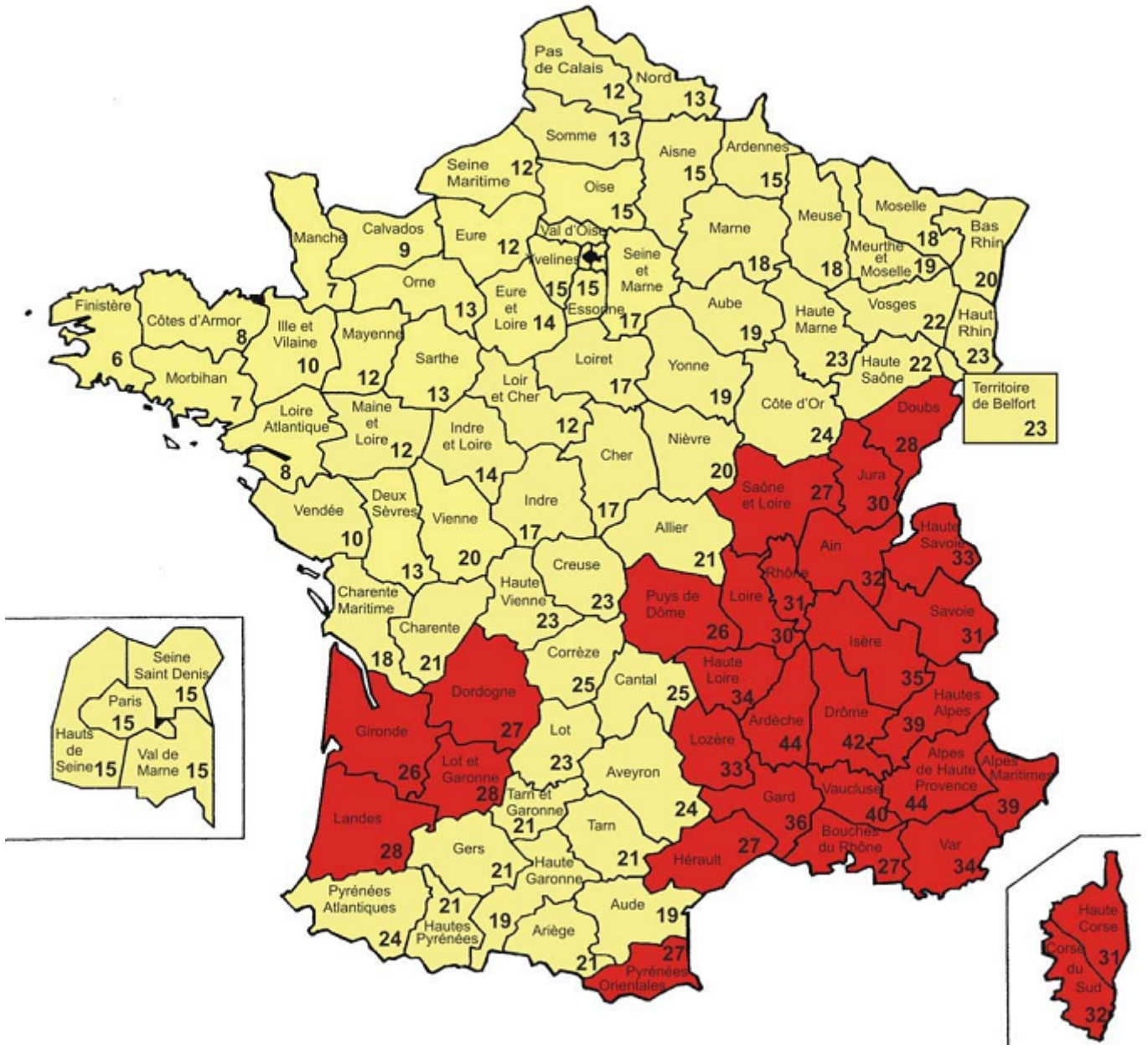
$$L_A = r_a \times L_t \quad (54),$$

$$L_U = r_u \times L_t \quad (55),$$

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_z \times L_f \quad (56),$$

$$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_o \quad (57).$$

Приложение В. Карты плотности грозового разряда на землю (N_g)



Реюньон: $N_k = 20$

Гайана, Мартиника, Гваделупа: $N_k = 40$

Сен-Пьер и Микелон: $N_k = 1$

Рисунок В.1. Карта уровней N_k ($N_k = 10 \times N_g$) во Франции

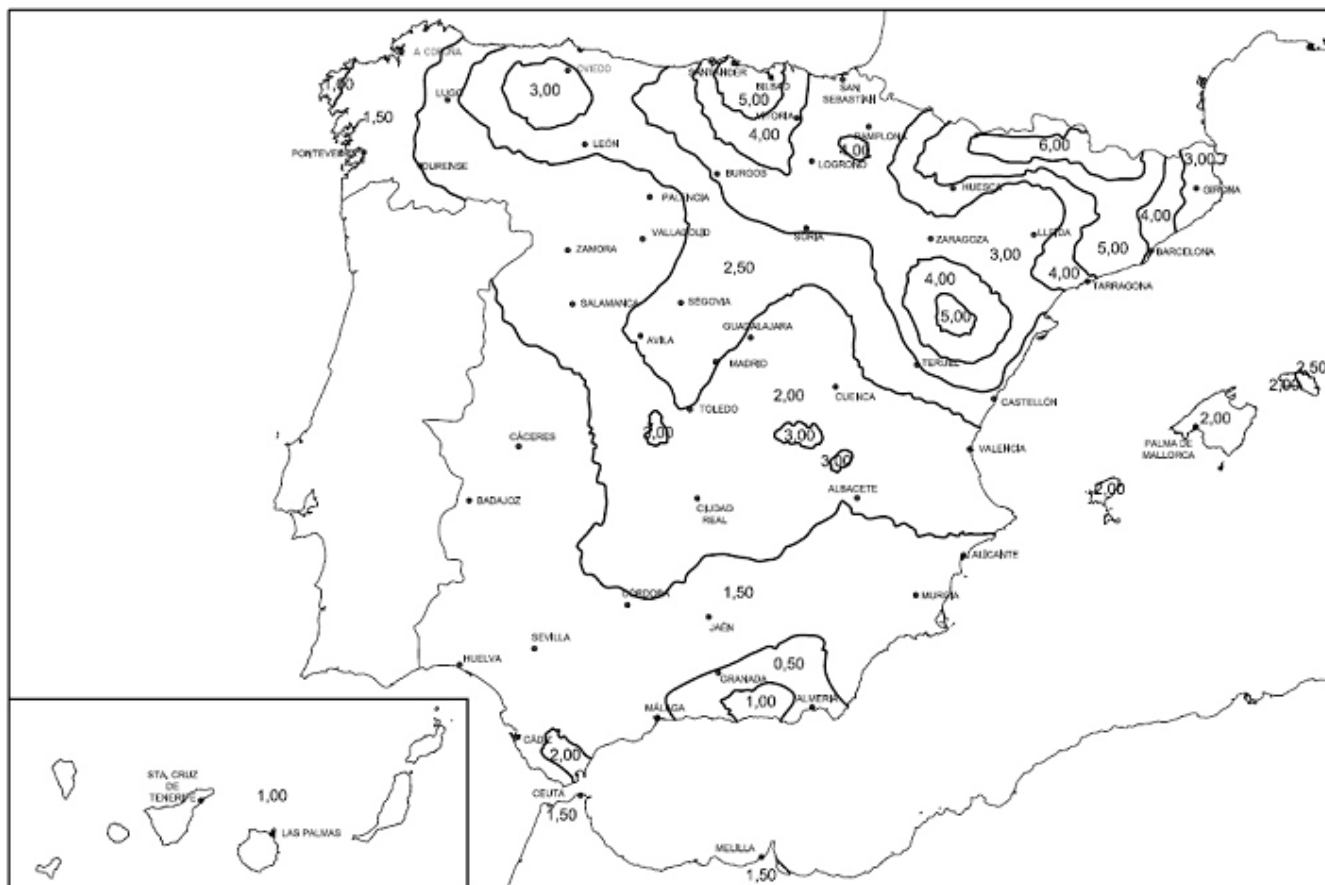


Рисунок В.2. Карта уровней N_p в Испании

Приложение С. Методики испытаний молниеотводов с формированием восходящего лидера (МФВЛ) и требования к ним (нормативное)

С.1 Условия эксплуатации

С.1.1 Штатные условия эксплуатации

Штатные условия эксплуатации:

- температура эксплуатации: от - 20°C до +60°C,
- скорость ветра ниже 122 км/ч.

С.1.2 Аномальные условия эксплуатации

Аномальные условия эксплуатации:

- температура эксплуатации ниже - 20°C или выше +60°C,
- скорость ветра выше 122 км/ч,
- снег и обледенение,
- территория с высокой степенью загрязнения атмосферы.

С.2 Требования

С.2.1 Общие требования

С.2.1.1 Идентификационные обозначения и документация

МФВЛ обозначается следующими данными, указанными на изделии (маркировка):

- название, логотип или товарный знак производителя,
- регистрационный номер изделия,
- эффективность действия формирователя восходящего лидера: ΔT (в мкс),
- серийный номер.

С.2.1.2 Маркировка

Информация должна быть читаемой и несмываемой и включать, по меньшей мере, название, логотип или товарный знак производителя, регистрационный номер изделия и серийный номер. Обозначения о проверке в соответствии с испытаниями, описанными в пункте С.3.1.2.

С.2.2 Требования к формирователю восходящего лидера

Формирование восходящего лидера МФВЛ (ΔT) должно определяться в соответствии с методикой, изложенной в пункте С.3.5.

Оно должна варьироваться между 10 мкс и 60 мкс.

Если полученный показатель ΔT ниже 10 мкс, то молниеотвод не будет считаться молниеотводом с формирователем восходящего лидера.

Если полученный показатель ΔT выше 10 мкс, то все расчеты будут производиться для значения $\Delta = 60$ мкс.

С.2.3 Требования к электрическим свойствам

МФВЛ должен иметь сопротивление, выдерживающее грозовой импульс 100 кА (с формой волны 10/350 мкс). Этот показатель проверяется испытаниями, описанными в пункте С.3.4.

С.2.4. Требования к механическим свойствам

Детали МФВЛ, через которые проходит ток молнии, должны иметь участок, соответствующий стандарту ЕМ 50164-2 (возможные искровые зазоры, используемые в конструкции МФВЛ, проходят испытания в ходе испытаний на стойкость к воздействию тока, и не предусматривают требований к механическим свойствам).

Детали МФВЛ, которые должны улавливать молнию, должны иметь размерные характеристики в соответствии с таблицей ниже.

Таблица С.1. Материал, установка и минимальная площадь поверхности детали, на которую приходится удар молнии

Материал	Установка	Минимальная площадь	Комментарии
Медь, алюминий, алюминиевый сплав, гальванизированная сталь, оцинкованная горячим способом (примечание 1), нержавеющая сталь (примечание 2)	Полностью монолитная	200 мм ²	диаметр 16 мм

Примечание 1. Покрытие должно быть гладким и непрерывным и не должно иметь окисления в местах плавки.

Минимальная толщина должна быть 50 мкм.

Примечание 2. Хром – 16 %, никель – 8 %, углерод – 0,07 %.

С.2.5 Требования к окружающей среде

С.2.5.1 Климатические условия

МФВЛ должен выдерживать ограничения окружающей среды, такие как соляной туман и атмосферу с содержанием сернистых соединений, характерные для загрязненной атмосферы на морском побережье и в промышленных зонах. Это проверяется посредством проведения испытаний, описанных в пункте С.3.3.

С.2.6 Электромагнитная совместимость

С.2.6.1 Устойчивость к электромагнитному воздействию

МФВЛ без электронной системы, либо МФВЛ, в котором все компоненты являются пассивными (например, диоды, резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, реостаты и другие защитные компоненты), нечувствительны к электромагнитным волнам производственной среды. Таким образом, испытания на устойчивость к электромагнитному воздействию не требуются.

Другие МФВЛ должны пройти испытания. Такие МФВЛ должны соответствовать показателям устойчивости по стандарту EN 61000-6-2 для производственной среды, стандартным для соответствующих испытаний. Работа устройства с формирователем восходящего лидера и испытательного устройства, которое может быть встроено в МФВЛ, не должна быть нарушена во время испытаний. Это проверяется отсутствием искрения, определяемого визуально.

С.2.6.2 Электромагнитное излучение

МФВЛ без электронной системы или МФВЛ, в котором все компоненты являются пассивными (например, диоды, резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, реостаты и другие защитные компоненты) не производят сигналов в отсутствие штормовых условий. Таким образом, испытания на излучение не требуются.

МФВЛ с электронными схемами должны соответствовать стандартному показателю излучения EN 61000-6-3 для жилой зоны.

МФВЛ, которые соответствуют перечисленным выше условиям, но при этом содержат радиомодули, должны соответствовать всем требованиям, описанным в директиве по терминальному радиооборудованию и телекоммуникационному оборудованию RTTE 1999/5/CE.

С.3 Типовые испытания

Данные испытания должны проводиться на образце в соответствии с блок-схемой на рисунке С.1.

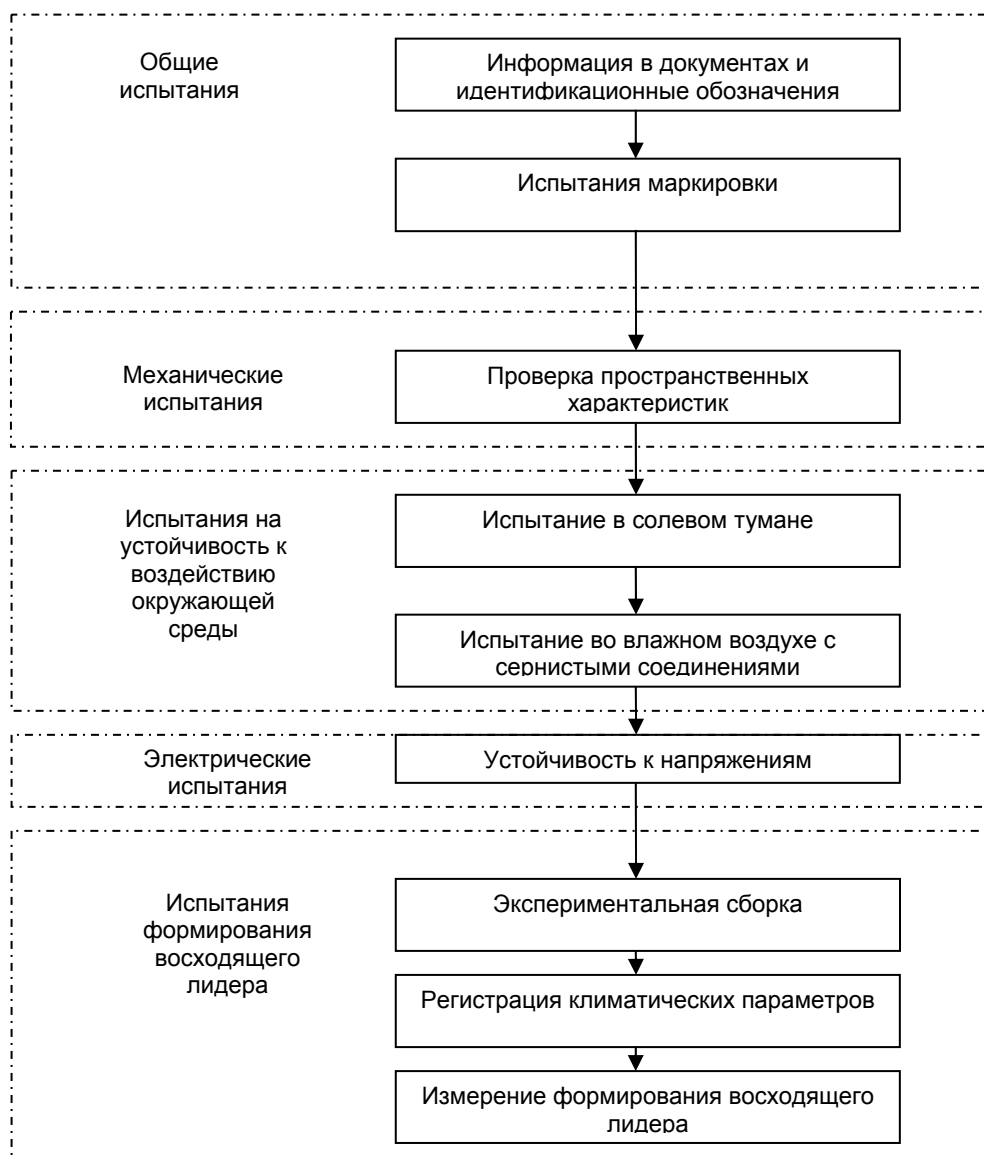


Рисунок С.1. Последовательность проведения испытаний

С.3.1 Общие испытания

С.3.1.1 Информация в документах и идентификационные обозначения

Проверка посредством осмотра нанесения маркировки должна выполняться в соответствии с требованиями пункта С.2.1.2. Соответствие требованиям проверяется визуальной проверкой.

С.3.1.2 Маркировка

Испытание должно проводиться на всех типах маркировки, за исключением маркировки, выполненной посредством литья под давлением или гравировки.

Испытания включают стирание маркировки вручную в течение 15 секунд с помощью хлопчатобумажного лоскутка ткани, промоченного водой, и еще в течение 15 секунд - с помощью хлопчатобумажного лоскутка ткани, промоченного алифатическим гексаном.

Примечание 1. Алифатический гексан определяется максимальным содержанием углеводородов ароматического ряда 0,1% по объему, каури-бутанольным показателем 29, начальной точкой кипения приблизительно 65°C, конечной точкой кипения приблизительно 69°C и плотностью 0,68 г/см³.

После проведения испытания маркировка должна быть читаемой.

С.3.2 Механические испытания

Проверка размерных характеристик с учетом допусков осуществляется в соответствии с чертежами и данными производителя:

- определение размеров сенсорной части,
- расчет диаметра тела сенсорной части,
- расчет диаметра деталей, через которые должен проходить ток.

С.3.3 Испытания на устойчивость к условиям окружающей среды

С.3.3.1 Испытание в солевом тумане

Испытание в солевом тумане проводится в соответствии со стандартом EN 60068-2-52, за исключением статей 7, 10 и 11, которые не применимы.

Испытание проводится в соответствии с уровнем серьезности 2.

С.3.3.2 Испытание во влажном воздухе с сернистыми соединениями

Испытание во влажном воздухе с сернистыми соединениями проводится в соответствии со стандартом EN ISO 6988 в семь циклов при концентрации диоксида серы 667 частей на миллион (по объему).

Каждый цикл длится 24 часа и включает 8-часовой период нагрева при температуре 40°C ± 3°C в насыщенной влажной среде, после чего наступает 16-часовой период простоя. После периода простоя, влажный воздух с сернистыми соединениями восстанавливается.

С.3.4 Испытания на устойчивость к воздействию тока

После испытаний на устойчивость к воздействию окружающей среды без очистки образца МФВЛ должен пройти следующие испытания.

Испытание на устойчивость к импульсному току I_{imp} .

Испытательный импульс I_{imp} определяется значениями I_{peak} , Q и W/R. Однополярный импульс тока должен достичь этих значений за 10 мс.

Типичная форма волны, способная достичь данных значений, — волна с формой 10/350 мкс. Соотношение между I_{peak} , Q и W/R приведено в следующих формулах:

$$Q \text{ (As)} = 0,5 / I_{peak} \text{ (kA)}$$

$$W/R \text{ (кДж/}\Omega\text{)} = Q^2 \text{ (As)}$$

Допустимые отклонения пикового значения тока I_{peak} , нагрузки Q и удельной энергии W/R:

- $I_{peak} \pm 10 \%$
- $Q \pm 20 \%$
- $W/R \pm 35 \%$

Образец должен пройти испытание, описанное в таблице С.2, три раза. Временной интервал между испытаниями должен быть достаточным, чтобы образец мог остыть при комнатной температуре.

Таблица С.2. Значение тока I_{imp}

I_{peak} (кА)	Q (Ас)	W/R (кДж/Ω)
100	50	2500

Прохождение теста

Образец проходит тест, если зарегистрированные значения напряжения/тока и внешний осмотр не выявили разрушения или пробивания образца, за исключением деталей, которые отводят ток молнии, на которых допускается появление следов формирования восходящего лидера и расплавленной поверхности.

С.3.5 Испытания формирователя восходящего лидера

Справочным стандартом по методике проведения испытаний является EN 61180-1.

МФВЛ должен быть установлен и электрически подключен в соответствии с инструкциями производителя.

В ходе испытаний запрещается осуществлять техническое обслуживание или разборку МФВЛ.

Необходимо отметить, что для испытаний на ударную прочность и измерений необходимо применение надлежащих методов испытаний для регистрации достоверных значений испытаний.

С.3.5.1 Экспериментальная установка

С.3.5.1.1 Изучение характеристик эталонной модели одностержневого молниеотвода

Эталонная модель одностержневого молниеотвода (ОМ) должна соответствовать геометрическим размерам, указанным на рисунке ниже.

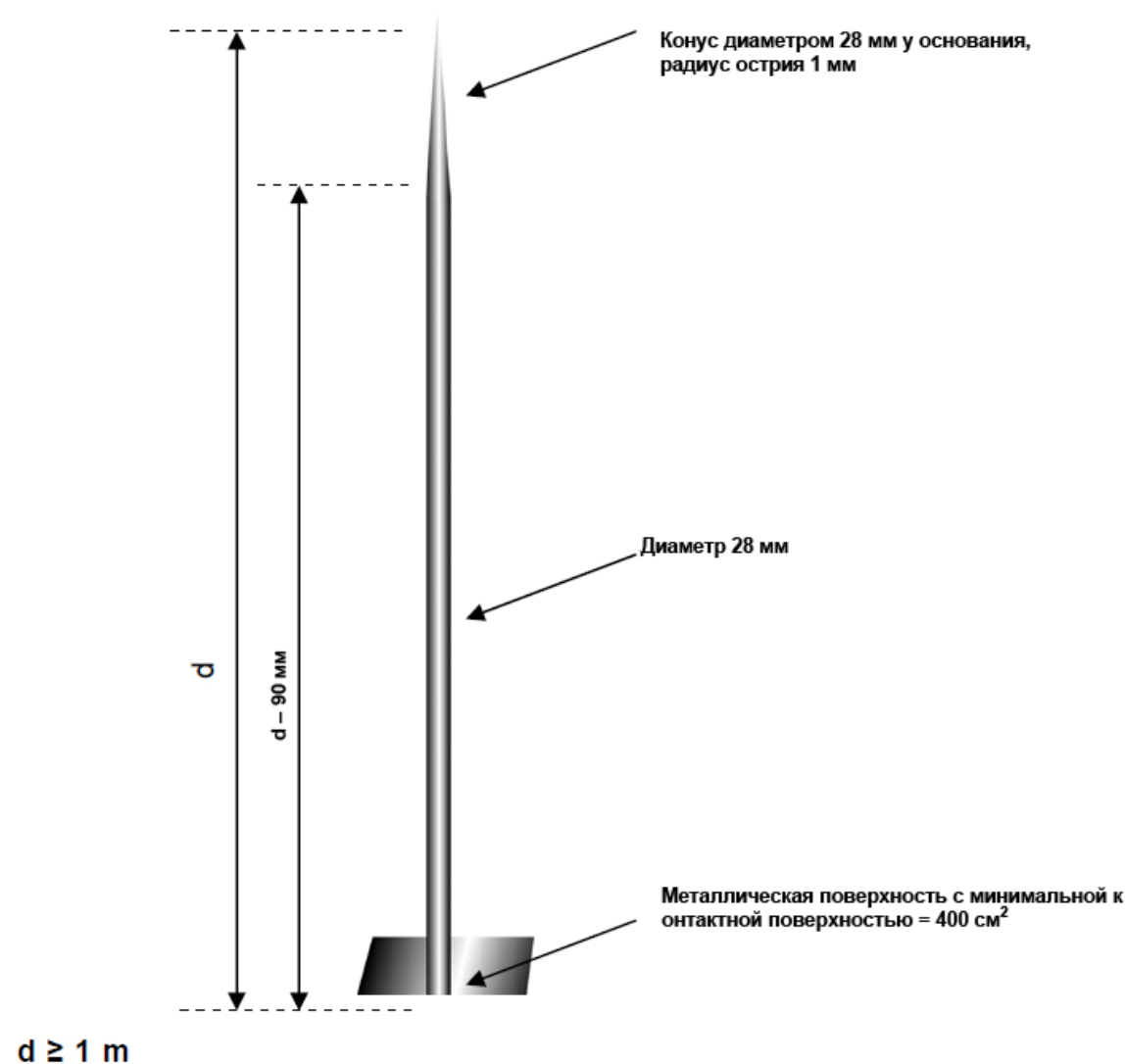


Рисунок С.2. Эталонная модель одностержневого молниеотвода

С.3.5.1.2 Геометрические размеры испытательной конструкции

Размеры испытательной конструкции:

- Высота молниеотводов (h) больше или равна 1 м. Разница по высоте между двумя молниеотводами должна быть менее 1 %.
- Расстояние между верхней пластиной и землей (H) должна превышать 2 м. Отношение h/H должно варьироваться между 0,25 и 0,5.
- Наименьшая горизонтальная длина верхней пластины равна расстоянию между пластиной и землей (H).
- Стержень диаметром 28 мм, опорная стойка молниеотвода, установлена на квадратной опоре с длиной грани 0,2 м.

На следующих рисунках показаны две испытательные конфигурации, которые соотносятся с испытанием модели одностержневого молниеотвода (показанного на рисунке С.2) и испытанием молниеотвода с формированием восходящего лидера.

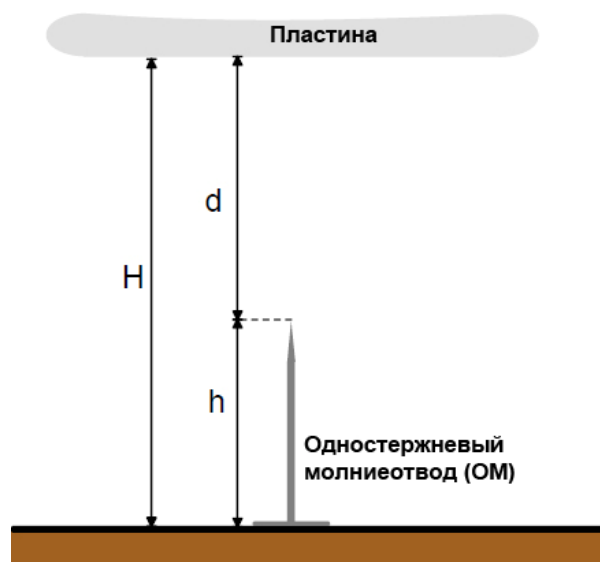


Рисунок С.3. Экспериментальная установка ОМ

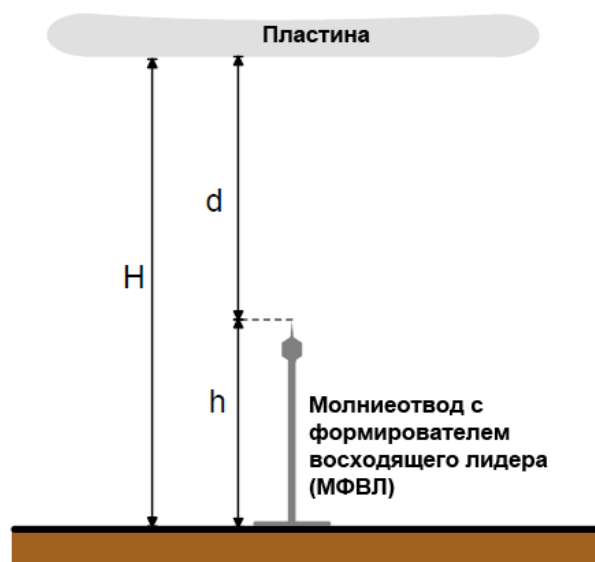


Рисунок С.4. Экспериментальная установка МФВЛ

С.3.5.2 Условия эксперимента

Эффективность МФВЛ оценивается сравнением в высоковольтной лаборатории времени формирования восходящего лидера с временем формирования восходящего лидера с помощью ОМ.

Для выполнения этого условия, ОМ и МФВЛ оцениваются один за другим при одних и тех же электрических и геометрических условиях в ходе лабораторных испытаний, при которых воспроизводятся условия срабатывания устройства при естественном стягивании разряда (восходящего положительного лидера).

С.3.5.2.1 Симуляция волн

Естественная волна, существующая до удара молнии, оказывает влияние на формирующиеся условия коронного разряда и ранее присутствующий объемный заряд. Таким образом, необходимо симулировать волну посредством приложения прямого тока, образующего электрические поля между пластиной и землей от -20 кВ/м до -25 кВ/м.

С.3.5.2.2 Симуляция импульсного поля

Импульсное поле может быть создано посредством включения импульса со временем нарастания от 100 мкс до 1000 мкс. Падение формы волны при возрастании импульса должно быть между $2 \cdot 10^8$ и $2 \cdot 10^9$ В/м/с. Типичная форма волны по стандарту IEC 60060-1 – 250/2500 мкс (значение имеет только допуск передней части волны).

С.3.5.2.3 Параметры, подлежащие проверке. Необходимые измерения

С.3.5.2.3.1 Электрические параметры

Электрические параметры, подлежащие проверке и регистрации, включают форму и величину прилагаемого напряжения (определение напряженности окружающего поля, волны импульсного напряжения, сопутствующего тока) для одностержневого молниеотвода и молниеотвода с формированием восходящего лидера.

Чтобы выполнить это условие, необходимо скорректировать следующие значения:

- непрерывное поляризационное напряжение,
- импульсная волна, инициирующая формирование восходящего лидера на одностержневом молниеотводе: приложенное напряжение определяется с использованием упрощенного метода «вверх и вниз» с тем, чтобы получить значение U_{100} с окончательной точностью 1%.

С.3.5.2.3.2 Геометрические условия

Расстояние d должно строго совпадать (± 1 мм) для всех испытательных конфигураций, оно проверяется до установки каждой конфигурации (см. рисунок С.3).

С.3.5.2.3.3 Климатические параметры

Климатические условия (давление, температура, относительная влажность) должны регистрироваться в начале и в середине каждой серии испытаний, а также в конце испытаний для каждой испытательной конфигурации.

Для того, чтобы испытательные конфигурации ОМ и МФВЛ рассматривались как идентичные (имеющие одинаковое напряжение U_{100}), изменения климатических параметров должны соответствовать значениям, установленным в таблице ниже. В противном случае, необходимо заново измерить напряжение U_{100} до испытания следующей конфигурации.

Таблица С.3. Изменение климатических параметров в ходе испытаний

Параметр	Изменение для обеих испытательных конфигураций
Давление	$\pm 2 \%$
Температура	$\pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность	$\pm 20 \%$

Данные значения регистрируются в протоколе испытаний, но не используются для поправок.

С.3.5.2.3.4 Число воздействий на конфигурацию

Для каждой конфигурации необходимо зарегистрировать первые 50 используемых воздействий. (Пример неиспользуемого воздействия: предварительный запуск генератора). Время простоя между двумя воздействиями – 2 минуты. Это значение необходимо соблюдать на протяжении испытаний.

С.3.5.2.3.5 Измерение формирования восходящего лидера на МФВЛ

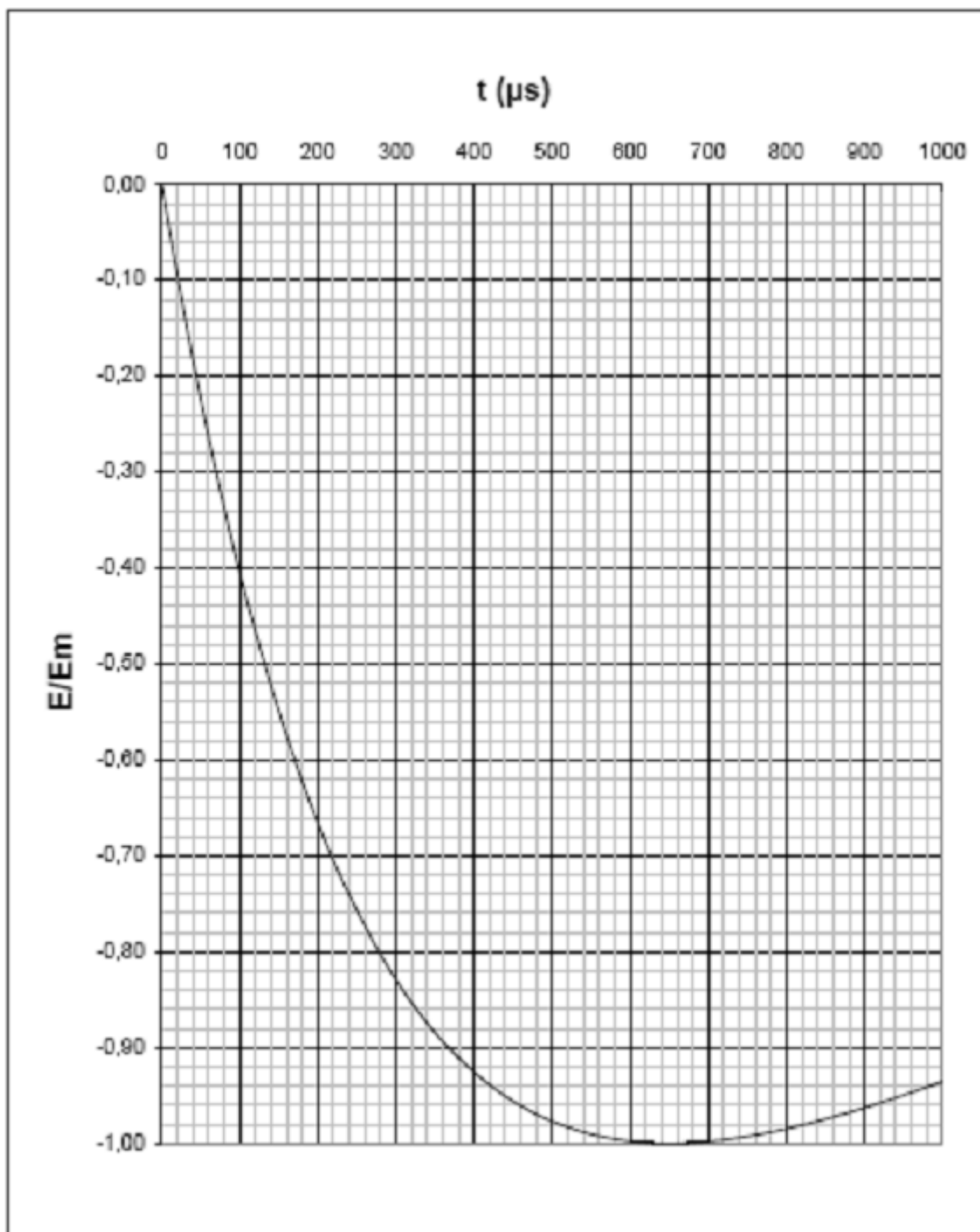
Выбранный параметр оценки эффективности МФВЛ – его способность многократно формировать восходящий лидер до тех пор, пока ОМ не будет поставлен в те же условия. Для каждого используемого воздействия на ОМ и МФВЛ мы измеряем значение T времени формирования восходящего лидера. Время T измеряется между точкой пересечения временной оси и кривой импульсного напряжения и временем резкого изменения угла направления импульсного напряжения, соответствующего формированию лидера.

На основании измерений времени формирования восходящего лидера для ОМ и МФВЛ, рассчитываются средние значения времени формирования $T_{\text{ moy'OM}}$ и $T_{\text{ moy'МФВЛ}}$ с учетом используемых воздействий и действующих параметров). Также рассчитывается стандартное отклонение двух диапазонов значений (Q_{OM} и $Q_{\text{МФВЛ}}$).

С.3.5.2.4 Определение формирования восходящего лидера МФВЛ

Формирование восходящего лидера определяется по отношению к опорной волне, определенной для времени $T_m = 650$ мкс и для формы волны, заданной на рисунке С.5.

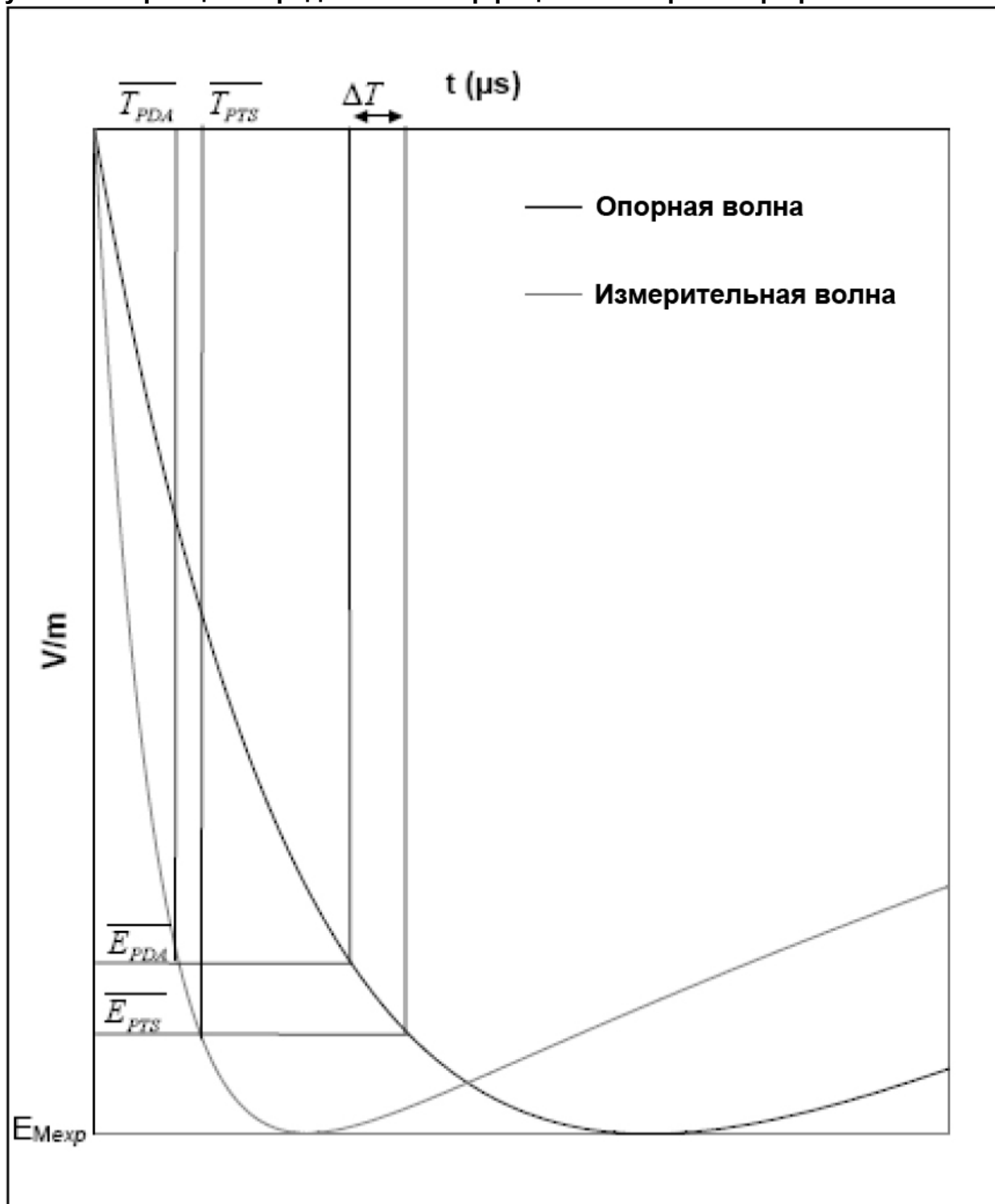
Рисунок С.5. Опорная волна



На вершине формы волны, для которой установлено значение поля E_m по отношению к максимальному экспериментальному значению поля $E_{\text{Мехр}}$, проводится экспериментальная кривая для противопоставления.

Значения $T_{\text{моу}}'_{\text{МФВЛ}}$ и $T_{\text{моу}}'_{\text{ОМ}}$ соотносятся с полями E с помощью экспериментальной кривой. По этим полям E с помощью профиля опорной волны мы выводим время формирования лидера, соответствующее опорной кривой $T_{\text{ОМ}}$ и $T_{\text{МФВЛ}}$, используемые для расчета формирования восходящего лидера ΔT (мкс) = $T_{\text{ОМ}} - T_{\text{МФВЛ}}$.

Рисунок С.6. Принцип определения коэффициента поправки графическим способом



С.3.5.2.5 Проверка работы МФВЛ

Рассчитываются средние значения $T_{МФВЛ}$ и $T_{ОМ}$ и стандартные отклонения $Q_{МФВЛ}$ и $Q_{ОМ}$.

Испытываемый молниеотвод является молниеотводом с формированием восходящего лидера, если удовлетворены все далее перечисленные условия:

- $T_{МФВЛ} < T_{ОМ}$
- $\sum_{МФВЛ} < 0,8 Q_{ОМ}$
- $T_{PTS} - T_{PDA} > 10 \text{ мкс}$

С.4. Структура и содержание протокола испытаний

Цель настоящей инструкции – изложить общие требования к протоколам лабораторных испытаний. Настоящий документ призван описать понятные и полные процедуры подготовки отчетности для лабораторий, предоставляющих отчеты об испытаниях.

Результаты всех испытаний, выполненных в лаборатории, необходимо оформлять в виде корректного, понятного, недвусмысленного и объективного отчета в соответствии с инструкциями методик проведения испытаний. Результаты должны включаться в протокол испытаний и включать всю информацию, необходимую для толкования результатов испытаний, а также всю информацию, необходимую для использованной методики.

Особое внимание необходимо уделять организации протокола испытаний, в особенности в отношении представления данных испытаний и простоты понимания для читателя. Формат протокола должен быть специально и тщательно разработан для каждого выполняемого испытания, при этом заголовки должны быть стандартными, как перечислено ниже.

Структура каждого протокола испытаний должна включать, по меньшей мере, следующее:

- Название протокола испытаний.
- Название или предмет протокола испытаний.
- Наименование, адрес и номер телефона испытательной лаборатории.
- Наименование, адрес и номер телефона подразделения испытательной лаборатории, в котором проводились испытания, если оно отличается от компании, которой было поручено выполнение испытаний.
- Уникальный идентификационный номер (или порядковый номер) протокола испытаний.
- Наименование и адрес поставщика (производителя).
- Протокол испытаний должен быть пронумерован, и должно быть указано общее число страниц.
- Дата оформления протокола.
- Дата (даты) выполнения испытания (испытаний).
- Подпись и должность, либо эквивалентные данные о лице (лицах), имеющем полномочия для подписания содержимого протокола испытаний от лица испытательной лаборатории.
- Подпись и должность лица (лиц), проводившего испытания.
- Описание образца.
- Описание выборки.
- Подробное описание и однозначный идентификационный номер испытательного образца и/или испытательной конструкции.
- Характеристика и состояние испытательного образца и(или) испытательной конструкции.
- Фотографии, чертежи или иная визуальная документация, если таковая имеется.
- Стандарты и нормативные документы.
- Указание используемого стандарта испытаний и даты публикации стандарта.
- Прочая сопутствующая документация с датами выпуска.
- Методика проведения испытаний.
- Описание методики проведения испытаний.
- Обоснование отклонений от упомянутого стандарта, дополнений к нему или исключений из него.
- Прочая информация, имеющая отношения к определенным испытаниям, как например, условия окружающей среды.
- Конфигурация испытательной конструкции.
- Местонахождение конструкции в зоне испытаний и методы измерений.
- Испытательное оборудование, описание.
- Описание оборудования, использованного для каждого проведенного испытания, например, генератор и т. д.
- Описание измерительных приборов.
- Характеристики и дата калибровки всех приборов, использованных для измерения значений, указанных в стандарте.
- Зарегистрированные результаты и параметры.
- Необходимо четко изложить измеренные, полученные и вычисленные результаты. *Такие результаты должны быть представлены в виде таблиц, графиков, чертежей, фотографий или другой документации, подтверждающей визуальные наблюдения, по мере возможности.*
- Заключение об успешном/неуспешном прохождении испытаний с указанием той части испытаний, в которой образец не соответствовал требованиям, а также описание несоответствия. Это должно быть проиллюстрировано чертежами, фотографиями или иной документацией, подтверждающей визуальные наблюдения, по мере возможности.

С.5 Содержание и техническое обслуживание МФВЛ

Чтобы обеспечить правильное функционирование МФВЛ, производитель обязан описать меры в инструкции о периодических проверках и техническом обслуживании, которые необходимо предпринимать, чтобы гарантировать поддержание исправного состояния и выполнение технического обслуживания изделия.

В данной инструкции должна содержаться, как минимум, следующая информация:

- Процедуры, которые необходимо выполнять во время зрительного осмотра системы молниезащиты.
- Процедуры, которые необходимо выполнять во время полной проверки системы молниезащиты.
- Испытательное оборудование, которое может потребоваться для выполнения проверки изделия.
- Критерии правильности работы изделия.
- Порядок работы в случае нарушений в работе изделия.

В случаях, когда МФВЛ требует проведения особых периодических работ по техническому обслуживанию (например, замену батареи), это необходимо указать в инструкции, поставляемой вместе с изделием.

Приложение D. ЗАЩИТА ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ УДАРА МОЛНИЕЙ (нормативное)

D.1 Меры защиты людей и животных от ущерба в результате воздействия напряжения прикосновения и шага

D.1.1 Меры защиты от воздействия напряжения прикосновения

В определенных условиях близость токоотводов системы ФВЛ, снаружи сооружения, может представлять опасность для жизни людей, даже если система ФВЛ была спроектирована и сооружена в соответствии с перечисленными выше требованиями.

Уровень опасности снижается до допустимого при выполнении одного из следующих условий:

- a) вероятность приближения людей к системе или время их нахождения снаружи сооружения рядом с токоотводами очень низкие;
- b) естественная система токоотводов состоит, как правило, более чем из десяти колонн масштабной металлоконструкции сооружения или из нескольких связанных между собой стальных стержней сооружения, обладающих электропроводимостью;
- c) контактное сопротивление поверхностного слоя грунта на расстоянии 3 м от токоотвода не менее 100 кΩ.

ПРИМЕЧАНИЕ. Слой изолирующего материала, например, асфальт, толщиной 5 см (или слой гравия толщиной 15 см), как правило, снижает уровень опасности до допустимого значения.

Если ни одно из этих условий не выполнено, необходимо внедрить следующие меры защиты от причинения ущерба людям и животным в результате воздействия контактного напряжения:

- обеспечение изоляции открытого токоотвода с выдерживаемым импульсным напряжением 100 кВ, 1,2/50 мкс, например, сетчатый полиэтилен толщиной минимум 3 мм;
- установка физических ограждений и/или предупредительных надписей с целью снижения вероятности контакта с токоотводами.

D.1.2 Меры защиты от воздействия напряжения шага

В определенных условиях близость токоотводов системы ФВЛ, снаружи сооружения, может представлять опасность для жизни людей, даже если система ФВЛ была спроектирована и сооружена в соответствии с перечисленными выше требованиями.

Уровень опасности снижается до допустимого при выполнении одного из следующих условий:

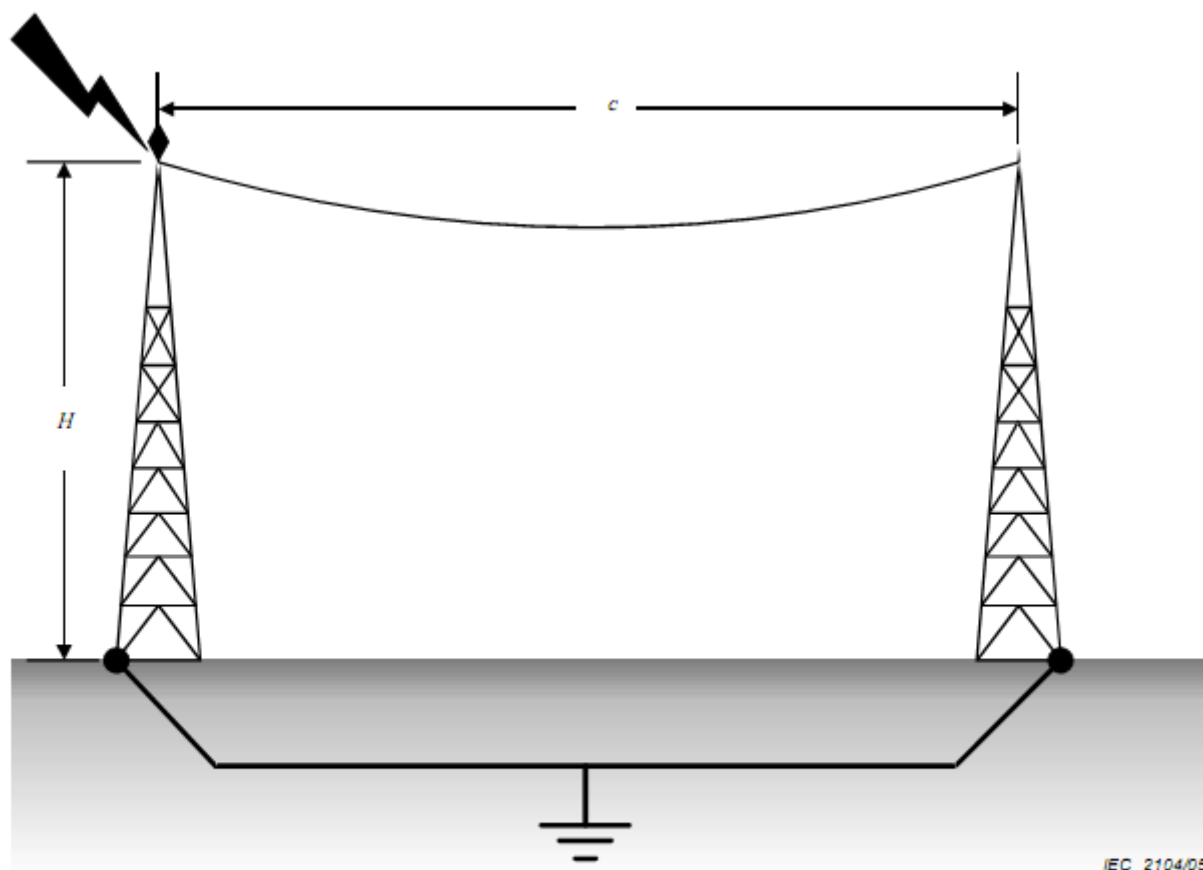
- a) вероятность приближения людей к системе или время их нахождения в опасной зоне на расстоянии 3 м от токоотводов очень низкие;
- b) естественная система токоотводов состоит, как правило, более чем из десяти колонн масштабной металлоконструкции сооружения или из нескольких связанных между собой стальных стержней сооружения, обладающих электропроводимостью;
- c) контактное сопротивление поверхностного слоя грунта на расстоянии 3 м от токоотвода не менее 100 кΩ.

ПРИМЕЧАНИЕ. Слой изолирующего материала, например, асфальт, толщиной 5 см (или слой гравия толщиной 15 см), как правило, снижает уровень опасности до допустимого значения.

Если ни одно из этих условий не выполнено, необходимо внедрить следующие меры защиты от причинения ущерба людям и животным в результате воздействия шагового напряжения:

- уравнивание потенциалов с помощью заземляющей системы;
- установка физических ограждений и/или предупредительных надписей с целью снижения вероятности попадания в опасную зону на расстояние 3 м от токоотводов.

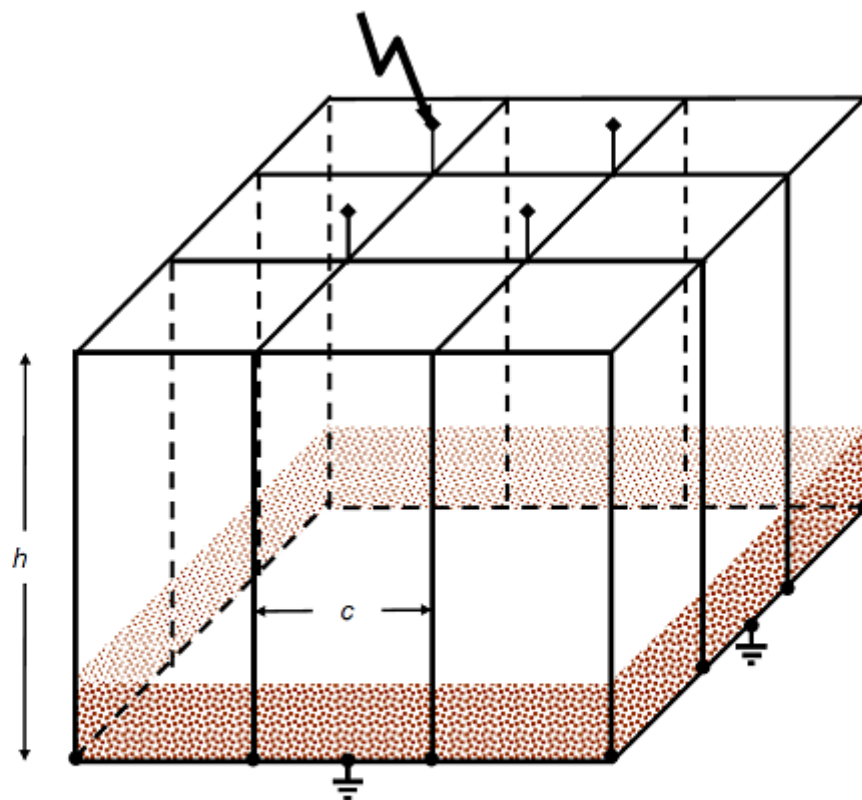
Приложение Е. Пример значений коэффициента k_c (Справочное)



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

ПРИМЕЧАНИЕ. $H = h$.

Рисунок Е.1. Для случаев защиты с системой ФВЛ с 2 токоотводами и системой заземления типа В



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

Условные обозначения:

n – общее число токоотводов;

c – расстояние от одного молниеотвода до следующего молниеотвода;

h – промежуточное расстояние (или габаритная высота) между кольцевыми молниеотводами.

Рисунок Е.2. В случае применения нескольких систем ФВЛ, соединенных между собой на уровне крыши, и системы заземления типа В

В случаях, когда используются промежуточные дополнительные кольца для улучшения уравнивания тока молнии или в качестве дополнительных элементов, принимающих удар молнии, расстояние между ступенями системы рационализируется (уменьшается, см. рисунок Е.3). Однако в отношении очень высоких сооружений соблюдение такого расстояния между ступенями системы в реальности невозможно.

ПРИМЕЧАНИЕ. В последнем случае необходимо соединить систему молниезащиты с металлической конструкцией зданий на уровне крыши.

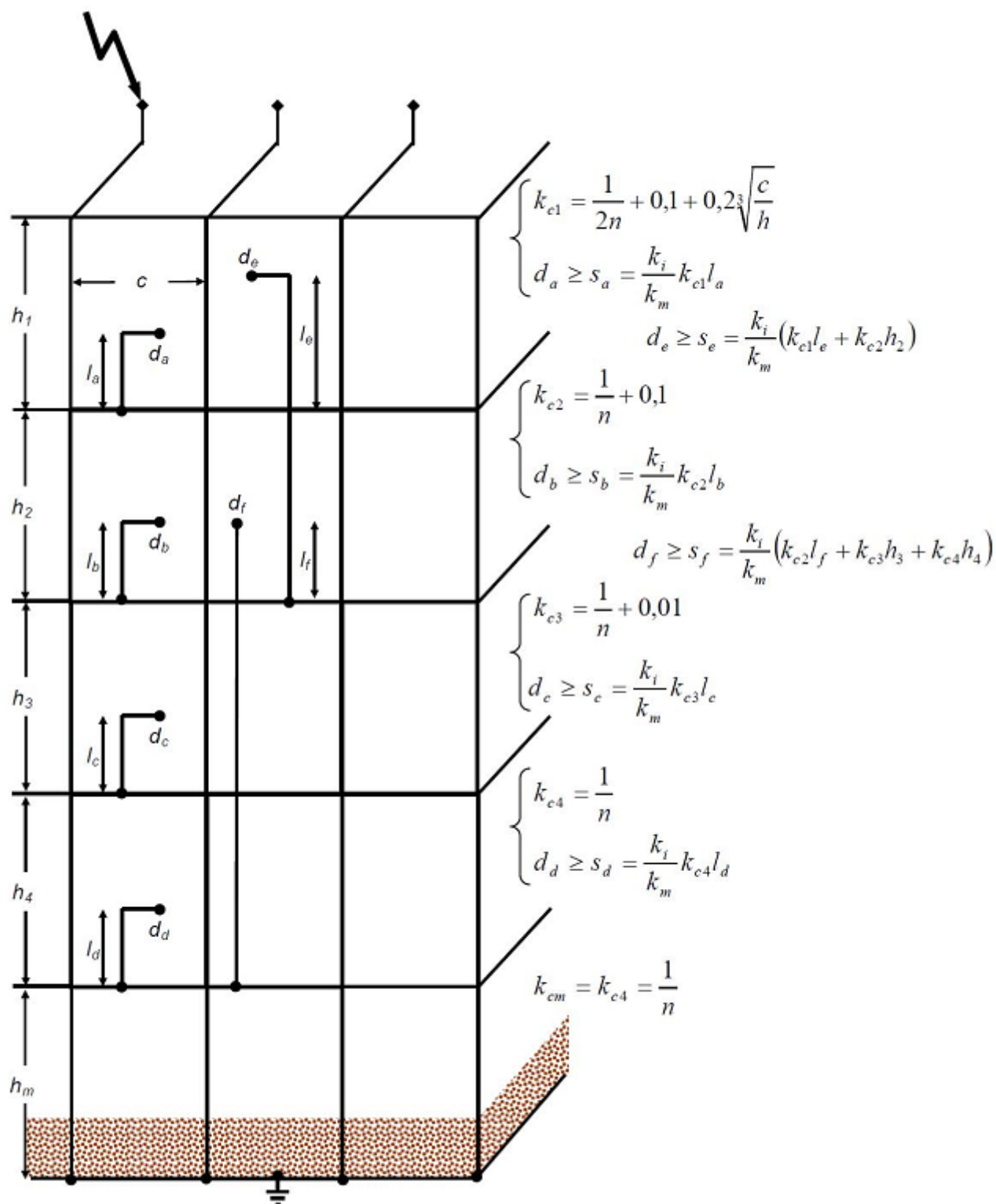


Рисунок Е.3. Примеры расчета безопасного расстояния между отдельными секциями для случая, когда токоотводы соединены между собой кольцами.

БИБЛИОГРАФИЯ

- EN 501164-1 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к компонентам соединений.*
- EN 501164-2 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к токоотводам и заземляющим электродам.*
- EN 501164-3 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к изолирующим искровым разрядникам.*
- EN 501164-4 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к крепежам.*
- EN 501164-5 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к кожухам и гидроизолирующему покрытию заземляющих электродов в смотровых отверстиях.*
- EN 501164-6 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к счетчикам ударов молнии.*
- EN 501164-7 *Компоненты системы молниезащиты. Требования к составам, улучшающим свойства грунта.*
- EN 61643-21 *Низковольтные устройства защиты от перенапряжений. Часть 21. Устройства защиты от перенапряжений, подключенные к телекоммуникационным и сигнальным сетям. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний.*
- EN 61643-12 *Низковольтные устройства защиты от перенапряжений. Часть 12. Устройства защиты от перенапряжений, подключенные к телекоммуникационным и сигнальным сетям. Принципы выбора и применения.*