

ПИСЬМО от 15.05.2007 г. № 04-05-1-1806

Настоящим информируем о том, что в таблице 9.1 "Среднегодовое количество дней с грозами по метеостанциям Казахстана" СН РК 2.04-29-2005 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений" метеостанции "Алгазы остров", "Сарышаган" и "Бетпак дала" ошибочно отнесены к Восточно-Казахстанской области (должны относиться к Карагандинской области).

Заместитель Председателя

Ж. Хайдаров

ПОПРАВКА к СН РК 2.04-29-2005

Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений

В каком месте	Напечатано	Должно быть
Приложение 9, стр.71, продолжение таблицы 9.1, позиции 138-140	Восточно-Казахстанская область 138 АЛГАЗЫ ОСТРОВ 139 САРЫШАГАН 140 БЕТПАК-ДАЛА	Карагандинская область <...> 138 АЛГАЗЫ ОСТРОВ 139 САРЫШАГАН 140 БЕТПАК-ДАЛА



Сәулет, қала вдрьлысы және вдрьлыс
саласындағы мемлекеттж нормативтер
ҚР ЦУРЫЛЫСТЫҚ; НОРМАЛАРЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ РК

**ГИМАРАТТАРДЫ ЖЭНЕ ИМАРАТТАРДЫ
НАЙЗАГАЙДАН КОРГАУДЫ КУРЫЛГЫЛАУ
ЖОНІНДЕГІ Н*СКАУ**

**ИНСТРУКЦИЯ ПО УСТРОЙСТВУ
МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И
СООРУЖЕНИЙ**

**ҚР кн 2.04-29-2005
СН РК 2.04-29-2005**

Ресми басылым
Издание официальное



Қазақстан Республикасы Индустрия және сауда министрлігінң Қвдылыс және
турғын үй-коммуналдық шаруашылық Істері жешндеп комитет!

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан

Астана2005

КІРІСПЕ

- 1 ЖАСАЛГАН: «Эврен-ЛТД» және ЖШСЧмен, «Қазмұнайкелжбасжобалау институты инжиниринг™ компаниясы» ЖШСЧмен
- 2 КЕЛЮШГЕН: ҚР ТЖМ Тетенше жағдайлар саласындағы мемлекеттік қадағалау және бақылау жөніндегі комитеттің 2005 ж. 16 наурыздағы № 08-19/2-124 шешімімен
- 3 УСЫНЫЛГАН: Қазақстан Республикасы Индустрия және сауда министрлігінің (ҚР ИСМ) Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық (ТҚШ) ютеріндегі комитеттің Құрылыстағы техникалық нормалау және жаңа технологиялар басқармасымен.
- 4 ҚАБЫЛДАНГАН ЖӘНЕ «ОЛДАНЫСҚА» ҚР ИСМ Құрылыс және ТҚШ ютеріндегі комитеттің 21.07.2005 ж. № 175 бұйрығымен
- ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ: 01.01.2006 жылдан бастап.
- 5 ОРНЫНА: «Гимараттар мен имараттарды құрылыс және жөндеу нұсқауы» БҚ, 34.21.122-87.
- 6 БАСЫЛЫМГА 631РЛЕГЕН: «КА2СОК» ЖА-сымен ҚР ҚНЖЕ 1.01-01-2001 талаптарына сәйкес өзгерілгенді.

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАНЫ: ТОО «Эврен-ЛТД» и ТОО «Инжиниринговая компания КазГипроНефтеТранс»
- 2 СОГЛАСОВАНЫ: Комитетом по государственному надзору и контролю в области чрезвычайных ситуаций МЧС РК от 16 марта 2005 г. № 08-19/2-124
- 3 ПРЕДСТАВЛЕНЫ: Управлением технического нормирования и новых технологий в строительстве Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан (МИТ РК).
- 4 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Комитета по делам строительства и ЖКХ МИТ РК от 21.07.2005 г. № 175 с 01.01.2006 г.
- 5 ВЗАМЕН:
- 6 ПОДГОТОВЛЕНЫ К ИЗДАНИЮ: РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству зданий и сооружений».
- ПА «КА2СОК» в соответствии с требованиями СНиП РК 1.01-01-2001.

Осы мемлекеттік нормативі ҚР сәулет, қала құрылысы және құрылыс істеріндегі жәншдегі Уәкшеттік органдарының және өзгертудің — «Эврен-ЛТД» ЖШС-нің рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе жекелей қайта басуға, кәбейтуге және таратуға болмайды.

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Уполномоченного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства РК и разработчика - ТОО «Эврен-ЛТД».

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	39
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	39
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	39
4 МОЛНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	41
4.1 Природа и поведение молнии.....	41
4.2 Виды молний.....	41
4.3 Эффекты молниевых разрядов.....	41
4.4 Параметры токов молнии.....	43
4.5 Меры, принимаемые для защиты от молнии.....	44
5 ВЫБОР УРОВНЕЙ ЗАЩИТЫ.....	46
5.1 Методика выбора уровня защиты по эффективности СЗМ.....	46
6 ВИДЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	47
6.1 Радиоактивная система РСЭ.....	48
6.2 Нерадиоактивные терминалы.....	49
7 МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ.....	50
8 ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ РСЭ.....	52
8.1 Молниеприёмники.....	52
8.2 Молниеотводы.....	53
8.3 Перемычки.....	54
8.4 Заземление.....	54
8.5 Антикоррозийная защита.....	55
9 СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРЫ.....	56
9.1 Антенны.....	56
9.2 Соломенные или тростниковые крыши.....	56
9.3 Заводские трубы.....	56
9.4 Хранилища возгораемых и взрывчатых материалов.....	57
9.5 Религиозные постройки.....	57
9.6 Открытые площадки, зоны отдыха.....	57
9.7 Деревья.....	57
9.8 Дополнительные меры защиты.....	57
10 КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....	58
10.1 Визуальный осмотр.....	58
10.2 График инспекций.....	58
Приложение 1 (справочное) Прямоугольное здание.....	59
Приложение 2 (справочное) Эквивалентная площадь.....	60
Приложение 3 (справочное) Иллюстрация конструирования уровня молниезащиты с использованием МОО.....	61
Приложение 4 (справочное) Устройство молниезащиты системы РСЭ.....	62
Приложение 5 (справочное) Крепление молниеотвода хомуты диам 25-82 мм.....	63
Приложение 6 (справочное) Крепление молниеотвода.....	64
Приложение 7 (справочное) Оборудование для заземления.....	65
Приложение 8 (справочное) Заземляющие соединители.....	66
Приложение 9 (справочное) Карта грозовой активности. Среднегодовое количество дней с грозами по метеостанциям Казахстана.....	69

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

ИНСТРУКЦИЯ по УСТРОЙСТВУ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ЫБТҚІСТЫБЫ ОЫ ВІЛЮЫЫСЗ А № 8ТКІНУТІЖЕЗ ІСНТЫС - СОЫОЦСТОК
ЫБҒТАІ БАҒЫБЫ

Дата введения 01.01.2006

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Требования настоящих норм обязательны для выполнения всеми министерствами, ведомствами, организациями, акционерными обществами и частными фирмами, осуществляющими проектирование, строительно-монтажные работы и эксплуатацию объектов, а также для органов государственного надзора и экспертизы.

Нормы устанавливают необходимый комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения внешней и внутренней молниезащиты и предохранения от взрыва, пожаров и разрушений строений (зданий, сооружений, оборудования и материалов) и открытых мест (спортивных и туристических площадок, открытых складов) и обеспечения безопасности людей и животных при воздействиях молнии.

Инструкция не распространяется на проектирование и установку молниезащиты линий электропередач, электрической части электростанций и подстанций, контактных сетей, радио- и телевизионных антенн, телеграфных, телефонных и радиотрансляционных линий.

Настоящая инструкция не исключает использования дополнительных средств молниезащиты внутри зданий и сооружений в соответствии со спецификой применяемого оборудования, устройств и приборов.

Молниезащита, разработанная и установленная в соответствии с настоящими нормами, не может обеспечить абсолютную защиту строений, людей или объектов, но значительно сократит риск, связанный с разрушением молнией строений, защищенных в соответствии с настоящими нормами.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

При разработке настоящих норм были использованы следующие нормативные документы:

СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»

СНиП РК 4.04-10-2002 «Электротехнические устройства»

Правила устройства электроустановок Республики Казахстан (ПУЭ), Астана, 2003 г.

ЫРС 17-100 Национальный стандарт Франции «Система молниезащиты. Защита объектов/конструкций от грозового разряда»

ЫРС 17-102 Национальный стандарт Франции «Система молниезащиты. Защита структур и открытых площадей от молнии с использованием ранней стримерной эмиссии (РСЭ) молниеприёмников».

IEC 61024-1-1 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 1: Общие принципы. Раздел 1: Руководство А - Выбор уровней защиты для систем защиты от молний (СЗМ)».

IEC 61024-1-2 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 2: Общие принципы.

Руководство В - Дизайн, установка, содержание и техническое обслуживание, проверка СЗМ».

IEC 1662 Международный стандарт «Оценка риска повреждения вследствие молнии».

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Прямой удар молнии (поражение молнией) - непосредственный контакт канала молнии с зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии.

Вторичное проявление молнии - наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванное близкими разрядами молнии и создающее опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Занос высокого потенциала - перенесение в защищаемое здание или сооружение по протяженным металлическим коммуникациям (подземным, наземным и надземным трубопроводам, кабелям и т.п.) электрических потенциалов, возникающих при прямых и близких ударах молнии и создающих опасность искрения внутри защищаемого объекта.

Активные системы молниезащиты - системы, использующие ранний стримерный эмиттер (IEC 61024-1-1 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 1: Общие принципы. Раздел 1: Руководство А - Выбор уровней защиты для систем защиты от молний (СЗМ)»).

Ранний стримерный эмиттер является молниеприёмником (молниевым стержнем), который оснащён устройством или сформирован таким образом, что предположительно создаёт верхний размножающийся стример быстрее, чем стандартный (пассивный) молниеприёмник (ЫРС 17-102 Национальный стандарт Франции «Система молниезащиты. Защита структур и открытых площадей от молнии с использованием ранней стримерной эмиссии (РСЭ) молниеприёмников»).

Стример и лидер — стример находится на кончике лидера и является холодным разрядом, который образует основу для последующего горячего (лидерного) разряда. Также, существует промежуточное состояние, где стример превращается из холодного в полугорячий и далее в полностью горячий лидер, размножающийся внутри окружающего поля достаточной напряжённости (ЫРС 17-102 Национальный стандарт Франции «Система молниезащиты. Защита структур и открытых площадей от молнии с использованием ранней стримерной эмиссии (РСЭ) молниеприёмников»).

Молниеприёмник - устройство, воспринимающее удар молнии. (IEC 61024-1-1 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 1: Общие принципы. Раздел 1: Руководство А - Выбор уровней защиты для систем защиты от молний (СЗМ)»).

Молниеотвод - устройство, отводящее ток молнии в землю (IEC 61024-1-1 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 1: Общие принципы. Раздел 1: Руководство А - Выбор уровней защиты для систем защиты от молний (СЗМ)»).

Уровень защиты - Классификация системы молниевой защиты, которая выражает её эффективность (IEC 61024-1-1 Международный стандарт «Защита конструкций от молний. Часть 1: Общие принципы. Раздел 1: Руководство А - Выбор уровней защиты для систем защиты от молний (СЗМ)»)

Зона защиты молниеотвода - пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надёжностью не ниже определенного значения.

Отдельно стоящие молниеотводы - это те, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта .

Заземлитель молниезащиты - один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, оборудовании, коммуникациях при близких разрядах молнии. Заземлители делятся на естественные и искусственные .

Естественные заземлители - заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений .

Искусственные заземлители - специально проложенные в земле контуры из полосовой или круглой стали; сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

Таблица 1 - Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты

Здания и сооружения	Категория молниезащиты
1	2
Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-1 и В-И	I
То же классов В-1а, В-1б, В-1в	II
Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-1г	II
Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-1, П-11, П-Ма	III
Расположенные в сельской местности небольшие строения III - V степеней огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-1, П-И, П-На	III
Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-111	III
Здания и сооружения III, Ша, 1МБ, IV, V степеней огнестойкости, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	III
Здания и сооружения из легких металлических конструкций со сгораемым утеплителем (1Va степени огнестойкости), в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	III
Небольшие строения Ш-V степеней огнестойкости, расположенные в сельской местности, в которых отсутствуют помещения, относимые по ПУЭ к зонам взрыво- и пожароопасных классов	III
Здания вычислительных центров, в том числе расположенные в городской застройке	II
Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения Ш-V степеней огнестойкости: для крупного рогатого скота и сайней на 100 голов и более, для овец на 500 голов и более, для птицы на 1000 голов и более, для лошадей на 40 голов и более	III
Дымовые и прочие трубы предприятий и котельных, башни и вышки всех назначений высотой 15 м и более	III
Жилые и общественные здания, высота которых более чем на 25 м превышает среднюю высоту окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м	III
Отдельно стоящие жилые и общественные здания в сельской местности высотой более 30 м	III
Общественные здания Ш-V степеней огнестойкости следующего назначения: детские дошкольные учреждения, школы и школы-интернаты, стационары лечебных учреждений, спальные корпуса и столовые учреждений здравоохранения и отдыха, культурно-просветительные и зрелищные учреждения, административные здания, вокзалы, гостиницы, мотели и кемпинги	III
Открытые зрелищные учреждения (зрительные залы открытых кинотеатров, трибуны открытых стадионов и т.п.)	III
Здания и сооружения, являющиеся памятниками истории, архитектуры и культуры (скульптуры, обелиски и т. п.)	III

4 МОЛНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Природа и поведение молнии

В образовании молний одну из ключевых ролей играют высокоэнергетические заряженные частицы космических лучей, которые производят колонную ионизацию воздуха. При наличии в грозовом облаке достаточно сильного электрического поля $\sim 3\text{кВ/см}$ в ионизованных следах этих частиц происходит электрический пробой воздуха и следы становятся электропроводящими. Через систему следов, обладающую минимальным сопротивлением, проходит лидер или предзаряд молнии. За ним немедленно следует возвратный удар - основной молниевый разряд, который переносит отрицательный, реже положительный заряд из облака на землю или с поверхности земли в облако.

Молния обладает мощным поражающим фактором, в результате которого разрушаются здания и гибнут люди и животные.

Характеристики молнии включают уровни токов, достигающих 400 кА с 50 % средним значением около 25 кА, температуры до 15000 °С и напряжений в сотни миллионов вольт. Около 10 внутри облачных молний приходится на одну молнию между облаком и землёй. Глобально, около 2000 происходящих гроз вызывают около 50-100 разрядов на землю каждую секунду. Молния - это явление, которое поддерживает электрический баланс земли. По современным представлениям процесс развития молнии между облаком и землёй является процессом развития канала плазмы нисходящего лидера (стрелы), продвигающегося ступенями от грозового облака к земле. Расположенные на земле наружные терминалы как изгороди, деревья, трава, углы зданий, люди, громоотводы, столбы электропередач и т.д. вызывают разную степень индукционной электрической активности. При напряжении электрического пробоя на этих терминалах могут формироваться восходящие стримеры. При усиливающемся электрическом поле некоторые нисходящие лидеры придут в контакт с восходящими стримерами. В результате этого контакта происходит молниевый разряд на землю, обычно с серией последующих возвратных ударов.

Абсолютная защита от молнии может существовать только в полностью замкнутой и толсто-стенной клетке Фарадея и то только гипотетически, да и к тому же такое решение в большинстве случаев непрактично.

Предотвратить возникновение молнии в настоящее время не представляется возможным.

Около 40 % молний на землю раздваиваются, то есть имеют два или более каналов на землю одновременно. Радиальные горизонтальные дуговые разряды длиной более 20 метров от базовой точки контакта молнии с землёй увеличивают размеры зоны повреждения.

Когда молния поражает объект или сооружение, ток возвратного удара разветвляется между всеми параллельными цепями, существующими между точкой контакта и землёй.

Разделение тока происходит обратно пропорционально импедансу соответствующей цепи 2:

$$I = I_K + (X_c - X_L) I_A \quad (1)$$

где K - активное сопротивление цепи,

X_L - реактивное (индуктивное) сопротивление цепи,

X_c - реактивное (емкостное) сопротивление цепи.

Активное сопротивление будет малым в предположении эффективных связей между металлическими проводниками. Индуктивное сопротивление определяется комбинацией параллельных индуктивных цепей, переменное магнитное поле которых может создавать значительный ток при низкочастотном разряде в цепях с малой индуктивностью в близлежащих проводниках. Емкостное сопротивление характерно для диэлектрических цепей, переменное электрическое поле которых может создавать значительный ток при высокочастотном разряде в цепях с большой ёмкостью. По существу, молния представляет собой источник тока.

4.2 Виды молний

В природе к настоящему времени известны такие виды молний, как линейная, которая подразделяется на отрицательную молнию, несущую отрицательный заряд (до 90 % молний во всём мире), и положительную (до 10 % молний во всём мире), и шаровая.

Шаровая молния представляет собой довольно редкое уникальное явление природы, которое еще мало изучено и пока ещё никто не смог измерить её параметры в естественном виде. Она представляет собой метастабильное состояние проявления сгустка энергии с большим электрическим полем с глубоко возбуждёнными состояниями многоэлектронных атомов и возникает вблизи проводников электрического тока при грозе, может двигаться и завестись, не касаясь электропроводящих предметов, при этом часто ветер не оказывает на неё никакого влияния.

4.3 Эффекты молниевых разрядов

Воздействие молнии на здания, сооружения и персонал производит следующие эффекты:

- термические (плавление, нагрев, возгорание, искрение);
- электродинамические (возникновение индукционного тока);
- оптические (вспышки);
- акустические (гром, хлопки);
- электрохимические (химические реакции в проводниках при прохождении) тока, наведённого молнией);
- электромагнитные (электромагнитная индукция в приборах и устройствах);
- радиационные (появление радиоактивных изотопов);
- механические (разрушения, повреждения);
- электростатические (наведение электрических зарядов в диэлектрике).

Термические и электродинамические эффекты принимаются в расчёт при определении размеров различных компонентов системы молниезащиты. Электромагнитные эффекты в основном оказывают влияние на приборы и устройства, находящиеся внутри зданий, поэтому в этой части они не рассматриваются. Механические эффекты тесно связаны с термическими и электродинамическими. Остальные эффекты не имеют существенного влияния на конструкцию зданий и сооружений.

4.3.1 Термические (плавление, нагрев, возгорание, искрение).

Эти эффекты наблюдаются в устройствах молниевой защиты, особенно если молниеприёмники

имеют острые концы, на которых иногда наблюдается плавление максимум на несколько миллиметров. В случае плоских поверхностей (металлические листы) свидетельство плавления обнаруживается, что может явиться результатом полного пробоя.

Удар молнии может пробить металлический лист толщиной 2-3 мм. Это определяет минимальную требуемую толщину при использовании металлических листов или молниевых коллектора толщиной 4мм для железа или 5 мм для меди.

Разряды низкой интенсивности с большим периодом могут служить причиной возгорания. Поскольку молниевые разряды обычно сопровождаются током удара молнии, удары молнии бывают редко холодными. Даже сухое дерево может загореться от молнии с длительным воздействием тока.

Плохие контакты являются особо опасными точками на пути протекания тока молнии. Значения сопротивления контактов нескольких тысячных Ом уже генерируют достаточное количество теплоты для плавления металла и искрения. Если возгораемый материал располагается вблизи таких плохих контактов, может возникнуть не прямое возгорание. Этот вид искрения особенно опасен в помещениях, подверженных риску взрывов, и на заводах, выпускающих взрывчатые вещества.

При попадании тока молнии в металлический проводник, по которому он может распространяться, выделяется количество теплоты, Q , согласно закону Джоуля - Ленца:

$$Q = I^2 K t \quad (2)$$

где I - ток, протекающий по проводнику;

K - сопротивление проводника;

t - время прохождения тока через проводник.

Поэтому значительный термический эффект проявляется в точках с высоким сопротивлением.

Прямое сопротивление току, измеренное на проводнике, не должно, однако, приниматься как значение сопротивления R . Токи молнии - это короткие удары волн, которые распространяются в приповерхностном слое, как и в случае токов высокой частоты, толщиной несколько десятых миллиметра, поэтому фактическое сопротивление будет несколько меньше измеренного R .

Видимых последствий такого нагревания нет, несмотря на поверхностный эффект (малое сопротивление, большой ток), если размеры проводника довольно велики (большое сопротивление, малый ток). Температура проводника поднимается до температуры плавления только в проводниках небольших размеров с высоким сопротивлением. Эффект плавления часто наблюдается, например, в антенных кабелях и проводах. С другой стороны, случаи плавления редко наблюдаются на проводах с большими размерами с малым поперечным сечением (такие, как колючая проволока).

Поэтому вода, заключенная в дереве, бетоне и аналогичных материалах нагревается и испаряется ввиду высокого сопротивления полости, в которой она находится. В целом, явление продолжается очень короткое время и как следствие возникающего подъема давления разрывает деревья, деревянные мачты, балки и стены и другие предметы. Эффект взрыва такого рода, в частности, происходит в местах скопления влаги (щели, сосуды) или в местах

резкого увеличения плотности тока, то есть в точках входа или выхода тока между материалами, имеющими низкую проводимость (например, цемент) и материалами, имеющими высокую проводимость (присоединенные зажимы молниеотводов, хомуты проводников, стальные крепления водяных и газовых труб), то есть в тех местах, где происходит накопление зарядов.

Обилие трасс искрения наблюдалось после мощного удара молнии иногда даже в зданиях, имеющих системы молниезащиты, что может быть объяснено 2 эффектами:

1) возрастанием потенциала заземления U :

$$U = U_0 - I R \quad (3)$$

где U_0 - разность потенциалов между молниеотводом и отдаленным нетронутым грунтом с нулевым потенциалом;

R - суммарное сопротивление заземлителей и грунта;

I - дренируемый ток, проходящий через это сопротивление.

Как видно из (3) потенциал заземления пропорционален амплитуде дренируемого тока.

2) наличием явления индукции:

$$U_{II} = L \cdot \frac{dI}{dt} \quad (4)$$

где U_{II} - разность потенциалов на индуктивном элементе цепи;

L - его индуктивность;

I - переменный ток, проходящий через этот элемент.

Чем быстрее меняется ток, тем большая по абсолютной величине разность потенциалов возникает на индуктивном элементе.

В диэлектрических материалах, где также наблюдается искрение

$$I_c = C \cdot \frac{dU}{dt} \quad (5)$$

где I_c - ток, проходящий через емкостной элемент цепи;

C - его ёмкость;

U - переменная разность потенциалов на этом элементе.

Чем быстрее меняется разность потенциалов, тем больший ток будет проходить через емкостной элемент.

4.3.2 Электродинамические (возникновение индукционного тока).

Значительные механические нагрузки могут возникнуть только в том случае, если секции пути тока молнии проложены одна по отношению к другой таким образом, что одна из них размещена в магнитном поле, генерируемом другой. В этом случае увеличение нагрузки обратно пропорционально расстоянию между этими секциями, причём сила P , действующая со стороны одного параллельного проводника с током I_1 , на другой проводник с током I_2 определяется из формулы:

$$P = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r} \quad (6)$$

где μ_0 - абсолютная магнитная проницаемость вещества, находящегося между проводниками.

$$P = \mu_0 \cdot I_1 I_2 \quad (7)$$

где $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м - магнитная постоянная;
 μ - относительная магнитная проницаемость вещества, находящегося между проводниками, для воздуха $\mu \ll 1$;

l - длина первого или второго проводника,

z - расстояние между проводниками

Если токи в проводниках текут в одном направлении, то сила взаимодействия между ними есть сила притяжения, а если - в противоположных, то это сила есть сила отталкивания. Таким образом, вышеуказанные силы могут при определённых условиях деформировать проводники.

4.4 Параметры токов молнии

Параметры токов молнии необходимы для расчета механических и термических воздействий, а также для нормирования средств защиты от электромагнитных воздействий.

4.4.1 Классификация воздействий токов молнии.

Для каждого уровня молниезащиты должны быть определены предельно допустимые параметры тока молнии. Данные, приведенные в нормативе, относятся к нисходящим и восходящим молниям.

Соотношение полярностей разрядов молнии зависит от географического положения местности. В отсутствие местных данных принимают это соотношение равным 10 % для разрядов с положительными токами и 90 % для разрядов с отрицательными токами.

Механические и термические действия молнии обусловлены пиковым значением тока I , полным зарядом $Q_{полн}$, зарядом в импульсе $Q_{гшп}$ и удельной энергией $U//Я$. Наибольшие значения этих параметров наблюдаются при положительных разрядах.

Повреждения, вызванные индуцированными перенапряжениями, обусловлены крутизной фронта тока молнии. Крутизна оценивается в пределах 30 %-ного и 90 %-ного уровней от наибольшего значения тока. Наибольшее значение этого параметра наблюдается в последующих импульсах отрицательных разрядов.

4.4.2 Параметры токов молнии, предлагаемые для нормирования средств защиты от прямых ударов молнии.

Значения расчетных параметров для принятых в таблице 1 уровней защищенности (при соотношении 10 % к 90 % между долями положительных и отрицательных разрядов) приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Соответствие параметров тока молнии и уровней защиты

Параметр молнии	Уровень защиты		
	I	II	III
Пиковое значение тока I , кА	200	150	100
Полный заряд $Q_{полн}$, Кл	300	225	150
Заряд в импульсе $Q_{имп}$, Кл	100	75	50
Удельная энергия W/K , кДж/Ом	10000	5600	2500
Средняя крутизна $сИ/сИ$ 30/90 %, кА/мкс	200	75	50

4.4.3 Плотность ударов молнии в землю.

Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 кв. км земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта.

Если же плотность ударов молнии в землю неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле, $1/(кв. км \times год)$:

$$N8 = 6,7 \cdot T_{\#}/100, \quad (8)$$

где $T_{\#}$ - средняя продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности.

4.4.4 Параметры токов молнии, предлагаемые для нормирования средств защиты от электромагнитных воздействий молнии.

Кроме механических и термических воздействий ток молнии создает мощные импульсы электромагнитного излучения, которые могут быть причиной повреждения систем, включающих оборудование связи, управления, автоматики, вычислительные и информационные устройства и т.п. Эти сложные и дорогостоящие системы используются во многих отраслях производства и бизнеса. Их повреждение в результате удара молнии крайне нежелательно по соображениям безопасности, а также по экономическим соображениям.

Удар молнии может содержать либо единственный импульс тока, либо состоять из последовательности импульсов, разделенных промежутками времени, за которые протекает слабый сопровождающий ток. Параметры импульса тока первого компонента существенно отличаются от характеристик импульсов последующих компонентов. Ниже приводятся данные, характеризующие расчетные параметры импульсов тока первого и последующих импульсов (табл.3 и 4), а также длительного тока (табл.5) в паузах между импульсами для обычных объектов при различных уровнях защиты.

Таблица 3 - Параметры первого импульса тока молнии

Параметр тока	Уровень защиты		
	I	II	III
Максимум тока I , кА	200	150	100
Длительность фронта T_4 , мкс	10	10	10
Время полуспада T_2 , мкс	350	350	350
Заряд в импульсе $Q_{сум} <*>$, Кл	100	75	50
Удельная энергия в импульсе $IV/K <***>$, МДж/Ом	10	5.6	2.5

$<*>$ Поскольку значительная часть общего заряда $Q_{сум}$ приходится на первый импульс, полагается, что общий заряд всех коротких импульсов равен приведенной величине.

$<***>$ Поскольку значительная часть общей удельной энергии IV/K приходится на первый импульс, полагается, что общий заряд всех коротких импульсов равен приведенной величине.

Таблица 4 - Параметры последующего импульса тока молнии

Параметр тока	Уровень защиты		
	I	II	III
Максимум тока I , кА	50	37.5	25
Длительность фронта T_4 , мкс	0,25	0,25	0,25
Время полуспада T_2 , мкс	100	100	100
Средняя крутизна a , кА/мкс	200	150	100

Таблица 5 - Параметры длительного тока молнии в промежутке между импульсами

Параметр тока	Уровень защиты		
	1	II	III
Заряд $Q_{dl} <*>$, Кл	200	150	100
Длительность T , с	0,5	0,5	0,5

$<*>$ (Q_{dl}) - заряд, обусловленный длительным протеканием тока в период между двумя импульсами тока молнии.

Средний ток приблизительно равен $(Q_{dl}) / T$.

Форма импульсов тока определяется следующим выражением:

$$I(t) = [I(1/\tau_1) \times \exp(-t/\tau_1) + I(1/\tau_2) \times \exp(-t/\tau_2)] / k \times [1 + (t/\tau_1)] \quad (9)$$

где I - максимум тока;

k - коэффициент, корректирующий значение максимума тока;

t - время;

τ_1 - постоянная времени для фронта;

τ_2 - постоянная времени для спада.

Значения параметров, входящих в формулу (9), описывающую изменение тока молнии во времени, приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Значения параметров для расчета формы импульса тока молнии

Параметр	Первый импульс			Последующий импульс		
	уровень защиты			уровень защиты		
	I	II	III	I	II	III
I , кА	200	150	100	50	37.5	25
k	0.93	0.93	0.93	0.993	0.993	0.993
τ_1 , мкс	19.0	19.0	19.0	0.454	0.454	0.454
τ_2 , мкс	485	485	485	143	143	143

Длительный импульс может быть принят прямоугольным со средним током I и длительностью T , соответствующими данным таблицы 5.

4.5 Меры, принимаемые для защиты от молнии

Эти меры включают в себя последовательность действий по защите зданий, сооружений и персонала от попаданий молнии

4.5.1 Захват прямого удара молнии в предпочтительной точке на сконструированных для этих целей молниеприёмниках.

В основном, наиболее уязвимая точка для прямого удара расположена на самой высокой точке или угле здания, где некоторая интенсификация электрического поля будет иметь место при грозе. Спутниковые или микроволновые тарелки и коммуникационные антенные системы и их контрольное оборудование уязвимы к прямым ударам.

К правильно установленному молниеприёмнику, сконструированному для этих целей, на вершине сооружения прямые удары молнии могут притягиваться в предпочтительную точку, которая находится вдали от антенн и кабелей для минимизации риска повреждения оборудования от прямой силы и энергии молниевых разрядов.

4.5.2 Отвод тока молнии в землю через сконструированную для этих целей молниеводную систему для минимизации опасностей сторонней вспышки.

Когда молния перехвачена в предпочтительной точке, необходимо направить ток разряда по безопасному пути к земле и минимизировать прохождение молниевых токов на вспомогательных проводниках, таких как коаксиальные кабели питания, так как они могут нести опасную молниевую энергию прямо к стеллажам с оборудованием.

Для этого необходимо экранировать кабель молниеводы, чтобы уменьшить риск сторонней вспышки и задержать разряд на центральной жиле кабеля проводника во время удара. В ситуации, связанной с радио, этот молниевод, сконструированный для этих целей, имеет способность уменьшить риски, связанные с передающими токами, входящими в помещения с оборудованием через радиочастотные фидерные кабели.

4.5.3 Рассеяние энергии в землю с минимальным увеличением потенциала заземления через систему заземления с низким импедансом.

4.5.4 Исключение петель заземления и различий путём создания эквипотенциальной заземляющей плоскости при ударе молнии.

Когда энергия подведена к уровню земли, то земля с низким импедансом является существенным фактором для рассеивания энергии молнии в массу земли с такой эффективностью, с какой это возможно. Системы заземления для предназначенных терминалов молниезащиты, башенных опор и помещений с электронным оборудованием или центров управления являются критическими элементами конструкций.

Атрибуты идеального устройства заземления должны быть следующими:

- каждая система заземления (молниевая, электрическая, коммуникационная и для помещения с оборудованием) должна быть индивидуальна с высокой степенью интеграции так же, как и рассматриваемый компонент общей сети заземления. Там, где существует отдельная система заземления, должна существовать связь между ними, особенно при кратковременных воздействиях;

- так как молния является высокочастотным явлением, то она обладает высокочастотным импедансом, который является критическим элементом конструкции;

- кольцо заземления должно окружать помещения с чувствительным электронным оборудованием, промышленные предприятия и телекоммуникационное оборудование. Оно будет уменьшать риск градиентов потенциалов на оборудовании;

- заземление молниезащиты должно быть напрямую связано с кольцом заземления оборудования;

- должно существовать одно точечное соединение для подключения к сети заземления от всего оборудования в пределах данных устройств.

- использование «вороньего котля» в методе Радиального заземления для заземления молниезащиты позволяет энергии молнии разделяться по каждому проводнику. Это может снизить импеданс и означать, что градиенты напряжения, исходящие из точки ввода будут ниже и будет уменьшена опасность «шаговых потенциалов», влияющих на оборудование или на людей;

- стержнями заземления из электролитически покрытой медью стали, гальванизированной стали или из нержавеющей стали, снабжают высокоэффектив-

ные анкерные точки заземления и электроды для большинства стандартных применений. Твёрдые пластины для заземления, стальные решётки, коврики безопасности, сетки (ячейки) заземления, терминалы, сконструированные потребителем, оплётки и мостики используются в приложениях к заземлителям и соединителям в окружении больших напряжений и токов, вблизи промышленных печей или вокруг электрических подстанций;

- могут быть использованы специальные соединения для уменьшения импедансов заземления в местах, где удельное сопротивление заземления значительно, как в скалистых, песчаных или горных областях с большими размерами частиц грунта. Импедансы земли могут быть уменьшены более чем на 50 %, когда используются улучшенный заземляющий материал или улучшенные заземляющие соединения для образования проводящих масс или нерастворимых гелей вокруг стержней заземления и лент. Проявившие себя невыщелаченные смеси, которые не загрязняют грунтовые воды или окружающую почву путем высвобождения проводящих ионов (солей), являются приемлемыми для того, чтобы удовлетворить стандартам окружающей обстановки;

- использование предварительно изготовленной сети заземления с низкоимпедансной сигнальной эталонной сеткой внутри специального укрытия настоятельно рекомендуется для создания эквипотенциальной плоскости для цифровых сигнальных установок низкого напряжения и высокой частоты. Типичные примеры таких применений включают мощный компьютер, оборудование для телеметрии и телекоммуникаций. Так как цифровые сигнальные напряжения в линиях очень низкие, то их чувствительность к кратковременному шуму очень высокая: 1 В для некоторых цифровых систем является типичным. Сигнальная эталонная сетка должна обеспечить связь между внутренними соединениями компьютера, рубильника, оборудованием подачи питания и его передачи для обеспечения эквипотенциальной «земли» на частотах от постоянного тока до частоты более 30 МГц. Все соединения этой сетки должны быть сварными, так как даже ментальное ослабление или разъединение механического соединения может создать напряжения значительного шума, которые могут внести ложные данные или разрушить цепи.

4.5.5 Защита оборудования от перенапряжений и избыточных токов в линиях питания.

Даже, если структура снабжена интегрированной системой защиты от прямого удара, остаётся риск, что перенапряжения и избыточные токи могут пройти по внешним кабелям. Высокоэнергетические переходы перенапряжений могут возникнуть из-за емкостной и индуктивной связи с ближайшими ударами молнии в дополнение к отключениям энергии и её нерегулярному распределению. Значительное подавление и фильтрация энергетических переходов в точке ввода линий питания в оборудование является существенным фактором для минимизации риска физического повреждения оборудования, потери работоспособности и экономичности.

Простые ответвители перенапряжений, установленные на распределительном щитке, не могут обеспечить адекватную защиту. Для того чтобы защитить чувствительное оборудование, необходимо ограничить остаточные напряжения в пределах уровня невосприимчивости внутреннего оборудова-

ния. Для оборудования, работающего в 230 В системе, повреждение компонентов может являться результатом переходов с пиковыми величинами ниже 700 В. Множество производителей аккумуляторных батарей и выпрямителей дают пиковый допуск ниже 800 В.

Пока некоторые шунтирующие устройства могут захватывать напряжения ниже рекомендуемых, они мало что вносят для ограничения быстрого подъёма волнового фронта энергии ($cИ/Ж$ и $cУ/Л$) перед началом захвата. Скорости подъёма тока могут быть выше 10 кА/мкс ($Ю^{10}$ А/с) от первоначального разряда молнии и порядка величины, большей для последующих ударов молнии с множеством удвров. Эти очень большие величины, $cИ/А$ и $cУ/М$, могут индуцировать деструктивные высокие напряжения на компонентах, приводя к повреждению и разрушению оборудования.

Технологии фильтров низких переходов, следуя первичному шунтирующему ответвителю, будут уменьшать пиковые остаточные напряжения и существенно уменьшать скорость подъёма тока и напряжения при входе в оборудование. Рекомендуется для этих целей использовать фильтры типов 5КР и 01Ы1.1ЫЕ (для меньших токовых нагрузок), которые обеспечивают многоступенчатое затухание перенапряжений путём захвата и затем фильтрации переходов или избыточных токов в линиях питания.

ЗРР-фильтры, производимые компанией «ЕК1СО идМт'пд Тесьпо1од|ез» марки «Моу1ес™» обеспечивают первичную защиту от избыточных токов. «Моу1ес» объединяет ряды варисторов на основе окиси цинка с особыми одноразовыми предохранителями. Постоянный мониторинг на 5-сегментной светодиодной панели показывает время жизни прибора. В ЗРР-фильтрах достаточная фильтрация низких переходов, как и у «Мо^ес», предназначена для модификации скоростей подъёма тока и напряжения при входе в оборудование.

Высокий уровень защиты с помощью ЗНР-фильтров означает улучшенную надёжность в работе для электронного и телекоммуникационного оборудования, соединённого с магистралями подачи питания с фильтров перенапряжений.

4.5.6 Защита оборудования от перенапряжений и избыточных токов на коммуникациях и в сигнальных линиях для предотвращения повреждения оборудования и дорогостоящего простоя в работе.

Коаксиальные протекторы перенапряжений (КПП) являются важными составляющими для защиты от избыточных токов, спускающихся с вышек прямо в передающее и телеметрическое оборудование через радио-фидерные кабели. Хотя целью создания молниеотводов является ограничение громадного большинства токов молний, некоторая индукция в коаксиальных фидерных кабелях будет иметь место при ударах в вышки или в результате магнитной и емкостной связи с компонентами воздушного канала молниевых ударов.

КПП основаны на газоразрядных устройствах, помещённых в блоки из хрома, покрытых латунью. Эти устройства в точности сконструированы под импеданс, соответствующий коаксиальному кабелю. Они обеспечивают защиту при типичной мощности в 50 Вт (в аналоговом режиме) и работают на частотах вплоть до 3 ГГц. Обычно КПП должны быть смонтированы прямо в надстройках на земле или навесах при точке ввода фидерных кабелей в оборудование

для обеспечения максимальной защиты. Но возможны и другие установки.

Защита местности с телефонными и сигнальными (слаботочными) кабелями, кабелями данных при вводе в оборудование может быть также осуществлена для всесторонней защиты. Избыточные токи вплоть до 20 кА (8x20 мкс) в телекоммуникационных и сигнальных линиях могут повредить и вывести из строя чувствительное оконечное оборудование и привести к потере рабочего времени.

Протекторы телекоммуникационных линий (ПТЛ) созданы для защиты оконечного и внутреннего оборудования от избыточных токов, возникающих в телекоммуникационных линиях.

- Одноступенчатые газоразрядные цепи обеспечивают эффективную, с низкой стоимостью защиту для менее чувствительных терминалов с компонентами электромеханического или дискретного типа и дополнительных цепей со встроенной защитой.

- Многоступенчатые протекторы, работающие сначала на газовом разряде, затем на развязанных полупроводниковых ступенях защиты, могут обеспечить более низкие (сквозные) напряжения захвата, чем одноступенчатые протекторы. Эти приборы подходят для более чувствительного аналогового оборудования и для цифровых цепей, работающих на частотах вплоть до 12 МГц или 8 Мбит/с.

5 ВЫБОР УРОВНЕЙ ЗАЩИТЫ

Тяжесть последствий удара молнии зависит прежде всего от взрыво- или пожароопасности здания или сооружения при термических воздействиях молнии. Например, в производствах, постоянно связанных с открытым огнем, процессами горения, применением негорючих материалов и конструкций протекание тока молнии не представляет большой опасности. Напротив, наличие внутри объекта взрывоопасной среды создаст угрозу разрушений, человеческих жертв, больших материальных ущербов.

При таком разнообразии технологических условий, предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или вкладывать в ее выполнение чрезмерные средства, или мириться с неизбежностью значительных ущербов, вызванных молнией. Поэтому принят дифференцированный подход к выполнению молниезащиты различных объектов, при котором здания и сооружения разделены на три уровня, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией.

К I уровню отнесены производственные помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пыли, волокон. Любое поражение молнией, вызывая взрыв, создает повышенную опасность разрушений и жертв не только для данного объекта, но и для близко расположенных.

Во II уровень попадают производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или срабатыванием дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках. Благодаря умеренной продолжительности гроз на территории Республики Казахстан вероятность совпадения этих событий достаточно мала.

К III уровню отнесены объекты, последствия поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде. Сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости, причем для них требования к молниезащите ужесточаются с увеличением вероятности поражения объекта (ожидаемого количества поражений молнией). Кроме того, к III уровню отнесены объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных: большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов. К III уровню также отнесены мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции. Согласно статистическим данным, на эти объекты приходится значительная доля пожаров, вызванных грозой. Из-за небольшой стоимости этих строений их молниезащита выполняется упрощенными способами, не требующими значительных материальных затрат.

Целью выбора уровня защиты является снижение ниже максимально допустимого уровня риска повреждения от прямого удара молнии в здание или сооружение. Выбор уровня защиты может быть сделан либо по классификации зданий и сооружений, описанной выше, что является приблизительной оценкой, либо по характеристическим параметрам молнии (табл.7), что более сложно, так как связано с непосредственными измерениями этих параметров, либо по эффективности системы молниезащиты (табл.8), где статистические параметры молнии сравниваются с расчетными.

5.1 Методика выбора уровня защиты по эффективности СЗМ

Плотность разрядов молнии для участка земли выражается числом ударов молнии на квадратный километр за год. Если фактических данных о плотности ударов молнии для участка земли (Лу не имеется, эта плотность может быть оценена с использованием следующей зависимости:

$$0,04 \cdot T^{2,5} \quad (10)$$

где T_a - количество грозовых дней в году, полученное из карты грозовой активности для данной области (см. Приложение 10). Эта зависимость меняется с изменением климатических условий.

Таблица 7 - Теоретическая зависимость между параметрами тока молнии и уровнями защиты

Параметры молнии	Уровень защиты		
	I	II	III
Пиковое значение тока, $I_{\text{макс.}} (кА)$	200 (2,8)	150 (9,5)	100 (14,7)
Суммарный заряд, $\Lambda_{\text{общ}} (К)$	300	225	150
Заряд импульса, $(К)$	100	75	50
Удельная энергия, $E, (кДж/Ом)$	10000	5600.	2500
Средняя крутизна, $a_{1\text{мм}}/Л [30/90 \%] (кА/мкс)$	200	150	100

Примечание - Данные в скобках указывают на практические значения, полученные при испытании оборудования.

Таблица 8 - Эффективность систем молниезащиты и соответствующие им уровни защиты

Уровень защиты	Эффективность (E) СЗМ
I	$0,95 < E < 0,98$
II	$0,80 < E < 0,95$
III	$0 < E < 0,80$

Для определения грозовой активности в поле объекта предлагается метод постоянного градиента 3 точек: прямыми линиями соединяются 3 ближайшие метеостанции так, чтобы искомый объект попал в данный треугольник, затем из этого объекта проводятся перпендикуляры к сторонам треугольника и определяются 3 соответствующих значения грозовой активности в точках пересечения. Среднее арифметическое этих значений и будет являться искомым значением грозовой активности (количества грозовых дней в году) для данного объекта (Таблица 10.1).

Ожидаемая частота N4 прямого попадания молнии в сооружение за год оценивается при использовании следующего уравнения:

$$bla = bl_e - A_e - C, \cdot 10^6 \quad (11)$$

где A_e - эквивалентная площадь отбора молний для изолированного сооружения в квадратных метрах.

C_2 коэффициент окружающей среды (табл. 9)

Таблица 9 - Относительное размещение структуры C_2 ;

Структура размещена в пространстве, содержащем сооружения или деревья той же самой высоты или выше	0,25
Структура окружена более низкими структурами	0,5
Изолированная структура: никаких структур на расстоянии утроенной высоты не имеется	1
Изолированная структура на вершине холма или на мысе	2

Эквивалентная площадь отбора молний для сооружений определяется как площадь поверхности земли, которая имеет такую же годовую частоту прямых разрядов молнии, что и сооружение. Если эквивалентная площадь отбора молний полностью перекрывает другую структуру, то последняя не учитывается (Приложение 1). Если эквивалентные площади отбора нескольких структур частично перекрывают друг друга, то соответствующая общая площадь отбора считается как единая коллективная площадь (Приложение 2).

Примечание - Могут быть использованы другие более сложные методы для оценки эквивалентной площади отбора, дающие большую точность.

Принятая частота прямого попадания молнии в сооружение за год определяется:

$$N < \bullet = 5,5 \cdot N_0^3 / C \quad (12)$$

где $C = C_2 - C_3 - C_4 - C_5$, (13)
значения C_2, C_3, C_4, C_5 определяются из таблиц 10, 11, 12, 13.

Таблица 10 - Структуральный коэффициент C_2

Структура	Крыша	Металл	Общая	Возгораемая
Металл		0,5	1	2
Общая		1	1	2,5
Возгораемая		2	2,5	3

Таблица 11 - Содержание структуры C_3

Незначительная и невозгораемая	0,5
Стандартная ценность или нормальная возгораемость	1
Высокая ценность или особенная возгораемость	2
Исключительное значение, незаменимость или высокая возгораемость, взрывоопасность	3

Таблица 12 - Заселённость структуры C_4

Незаселённая	0,5
Нормально заселённая	1
Затруднённая эвакуация или риск паники	3

Таблица 13 - Последствия удара молнии C_5

Непрерывность обслуживания не требуется и отсутствуют последствия для окружающей среды	1
Непрерывность обслуживания требуется и отсутствуют последствия для окружающей среды	5
Последствия для окружающей среды	10

Примечание - В отдельных случаях значения bl_e можно устанавливать, согласно местных инструкций (постановлений).

Далее допустимая частота молний bl_c сравнивается с ожидаемой частотой молнии N4:

- если $N < l < l^{\wedge}$ то СЗМ систематически не требуется;

- если $N_4 >$ то СЗМ необходима и необходимый уровень защиты определяется по эффективности (табл.3):

(14)

6 ВИДЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

В настоящее время молниезащита разделяется на пассивную (старые системы) и активную (новые системы).

Пассивная молниезащита подразделяется на стержневую (стержни Франклина), тросовую и молниеприемную сетку (клетка Фарадея). Кроме того, к ней относятся всевозможные системы диссипации (рассеиватели зарядов) и системы диэлектрического экранирования. Системы диссипации основаны на множестве маленьких металлических стрелок для создания мощного ионизированного поля, которое непрерывно разряжает электрическое поле, создаваемое грозой.

Благодаря этому, молния никогда не достигает поля в области вокруг рассеивателя. Каждая стрелка разряжает небольшое количество разности потенциалов между облаком и землёй. Это действие создаёт непрерывный поток незначительного тока и в результате предотвращает появление удара молнии. Все эти системы пассивной молниезащиты уже давно являются общепризнанными и подробно описаны в соответствующей литературе. Эффективность этих систем довольно низкая в большинстве случаев, а громоздкость и себестоимость высокая.

В настоящей инструкции описаны системы активной молниезащиты, как более новой и эффективной, а так же метод защиты молниеприемной сеткой (клетка Фарадея), так как применение данных систем, целесообразно на протяженных объектах, с низким уровнем защиты (II, III).

Молниеприемная сетка должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм и уложена на кровлю сверху или под несгораемые или трудногораемые утеплитель или гидроизоляцию. Шаг ячеек сетки должен быть не более 6х6 м. Узлы сетки должны быть соединены сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы - оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке.

Установка молниеприёмников или наложение молниеприемной сетки не требуется для зданий и сооружений с металлическими фермами при условии, что в их кровлях используются несгораемые или трудногораемые утеплители и гидроизоляция.

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника может использоваться сама кровля. При этом все выступающие неметаллические элементы должны быть защищены молниеприемниками. При наличии на зданиях и сооружениях прямых газоотводных и дыхательных труб для свободного отвода в атмосферу газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное полушарием радиусом 5 м.

Для газоотводных и дыхательных труб, оборудованных колпаками или "гусаками", в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное цилиндром высотой Я и радиусом К:

- для пазов тяжелее воздуха при избыточном давлении внутри установки менее 5,05 кПа (0,05 ат) Я = 1 м, К = 2 м; 5,05-25,25 кПа (0,05 - 0,25 ат) Я = 2,5 м, К = 5 м;
- для газов легче воздуха при избыточном давлении внутри установки:
- до 25,25 кПа Я = 2,5 м, К = 5 м;
- свыше 25,25 кПа Я = 5 м, К = 5 м.

Не требуется включать в зону защиты молниеотводов пространство над обрезом труб: при выбросе газов невзрывоопасной концентрации; наличии азотного дыхания; при постоянно горящих факелах и факелах, поджигаемых в момент выброса газов; для вытяжных вентиляционных шахт, предохранительных и аварийных клапанов, выброс газов взрывоопасной концентрации из которых осуществляется только в аварийных случаях.

Системы активной молниезащиты, основаны на принципах ранней стримерной эмиссии (РСЭ) и радиоактивного излучения.

Ранний стримерный эмиттер является молниеприёмником (молниевым стержнем), который оснащён устройством или сформирован таким образом, что предположительно создаёт верхний размножающийся стример быстрее, чем стандартный (пассивный) молниеприёмник. Этот стример соединяется с нижним размножающимся лидером молниевого удара.

Чтобы не возникало путаницы между понятиями "стример" и "лидер", необходимо дать разъяснение: стример находится на кончике лидера и является холодным разрядом, который образует основу для последующего горячего (лидерного) разряда. Также, существует промежуточное состояние, где стример превращается из холодного в полугорячий и далее в полностью горячий лидер, размножающийся внутри окружающего поля достаточной напряжённости.

Из измерений поля следует, что точки с избыточной интенсификацией поля будут создавать стримеры, которые не могут превращаться в лидеры благодаря недостаточной напряжённости электрического поля впереди них. Следовательно, если там должен находиться ранний стример, то он должен иметь задержку, чтобы быть самым ранним, испущенным после того, как только условия преобразования стримера в лидер вступят в силу, поэтому раннюю стримерную эмиссию иногда называют управляемой стримерной эмиссией.

В настоящее время существуют несколько различных типов ранних стримерных эмиттеров. Требуется, чтобы каждый тип имел свой радиус защиты, установленный производителем. Самым ранним и наиболее часто используемым ранним стримерным эмиттером являются радиоактивными РСЭ терминалами. Нерadioактивные РСЭ терминалы включают в себя искровые РСЭ терминалы со специальными формами и терминалы РСЭ импульсного напряжения. Каждый тип сконструирован для замены ряда общепринятых (пассивных) систем молниеприёмников Франклина на меньшее число систем РСЭ. Эти системы будут способны защитить большую площадь с меньшим количеством молниеприёмников.

Наиболее распространёнными системами РСЭ являются:

6.1 Радиоактивная система РСЭ

Эта система является молниеприёмником, оснащённым радиоактивным источником, расположенным вблизи вершины терминала (молниеприемника). Используемые радиоактивные материалы являются слабыми эмиттерами а - частиц с относительно долгими временами жизни. Эти молниеприёмники предположительно ионизируют непрерывно молекулы воздуха в ближайшей окрестности молниеприемника в присутствии или в отсутствие грозы.

Их принцип работы сводится к следующему: радиоактивный изотоп ударяет атом, который испускает электрон, оставляя положительный ион (анион). Эти анионы тянутся вверх к облаку, вызывая цепную реакцию, которая путём столкновений увеличивает количество ионов, восходящих от источника.

6.1.1 Использование радиоактивной системы РСЭ

Данный способ молниезащиты применим, при согласовании с территориальными органами Санитарно Эпидемиологического Надзора.

6.2 Нерадиоактивные терминалы

6.2.1 Специальные формы и искровые системы РСЭ

Эти системы сконструированы для того, чтобы иметь увеличенный радиус защиты благодаря специфической форме терминала или молниеприёмников, которые выстреливают искры, когда молниеприёмник находится под влиянием сильного электрического поля. Эти искры вызывают усиленную ионизацию на кончике молниеприёмника.

Любые системы активной молниезащиты должны иметь сертификат соответствия для использования на территории Республики Казахстан.

Эти устройства работают как конденсатор, собирая заряд при увеличении электрического поля. Когда лидер приближается к площадке, электрическое поле значительно возрастает, что вызывает искрение в устройстве, создаётся корона и иницируется коллективный стример.

Преимущества такого типа устройств:

- широкий выбор радиусов защиты;
- улучшенная максимальная эффективность;
- общая автономия;
- надёжность и выносливость;
- нерадиоактивная технология.

6.2.2 Системы РСЭ импульсного напряжения

Молниеприёмники этих систем содержат дополнительные питаемые устройства, которые вырабатывают импульсы напряжения. Эти импульсы создают положительные ионы вокруг молниеприёмника. Частота импульсов определяется ограничением образования пространственного заряда (короны) вокруг молниеприёмника. Эти системы имеют заострённый стержень, зафиксированный в шахте, содержащей высоковольтный трансформатор и электронный модуль, который обнаруживает увеличение напряжённости поля. Эти устройства обычно запитываются от батарей и фотоэлементов. Производимая корона снабжает канал положительными ионами перед испусканием стримера. Эти системы редко используются ввиду их сложности, хотя, как показали лабораторные испытания, они производят стример на 10-50 мкс раньше, чем молниеприёмник Франклина.

Недавние экспериментальные данные показали, что скорость нижнего лидера примерно равна скорости верхнего лидера для систем РСЭ.

В данной инструкции предлагается использовать систему РСЭ, основанную на пьезоэлектрическом эффекте, как наиболее эффективную, недорогую, с предпочтительным захватом молнии и с большой зоной защиты, с преобразованием энергии ветра в электрическую энергию.

6.2.3 Система РСЭ, основанная на пьезоэлектрическом эффекте

6.2.3.1 Принцип работы

Стержень, типичный молниеотвод, соединённый с землёй, эффективно работает, изменяя эквипотенциалы, которые соответствуют структуре здания, которое он защищает.

Появление молнии является важным фактором в увеличении местного электрического поля. Принцип пьезоэлектрического молниеотвода основан на нескольких факторах: увеличении местного электрического поля и раннем создании предпочтительного канала разряда.

6.2.3.2 Пьезоэлектрическое возбуждение

Основной принцип работы молниеотвода - увеличить число свободных зарядов (ионизированных частиц и электронов) в воздухе, окружающем молниеотвод, и создать в электрическом поле «облако»

земля» канал с относительно высокой проводимостью, содержащий предпочтительную дорожку для молнии.

Свободные заряды создаются коронным эффектом с применением точек ионизации молниеотвода, приложенного напряжения, элементами пьезоэлектрической керамики (свинцово-циркониевым титанитом); их особенность заключается в выработке очень высокого напряжения простым изменением приложенного давления. Молниеотвод, следовательно, оснащён механическим устройством, которое преобразует воздействие ветра на молниеотвод в давление на пьезоэлектрические элементы.

Созданное напряжение, следовательно, прикладывается через высоковольтный кабель, который проходит внутри опорного столба молниеотвода к точкам ионизации для создания свободных зарядов коронным эффектом. Затем эти заряды выбрасываются с помощью специальной аэродинамической формы молниеприёмника от головы молниеотвода вверх (усиленная циркуляция воздуха). Когда они находятся за пределами головы, эти заряды подчиняются электрическому полю «облако-земля». Поляризованные заряды отталкиваются облаком к земле, канал зарядов, который образуется в продолжении молниеотвода, затем объединяется с зарядами от противоположного столба электрического поля облака (столб разрядов может быть как положительно заряженным, так и отрицательно).

6.2.3.3 Уменьшение времени возбуждения коронного эффекта.

Любое искусственное увеличение плотности ионов воздуха, окружающего электрод, благоприятствует снижению потенциала пробоя.

Следовательно, благоприятствует:

- увеличению локального электрического поля
- присутствию электрона - зародыша в точке захвата (электрон, который редко появляется в атмосфере и необходим для процесса возбуждения)
- созданию восходящего ионизационного воздушного канала в продолжении молниеотвода, что приводит к сокращению задержки возбуждения и к благоприятному влиянию начальных условий запуска коронного эффекта.

6.2.3.4 Предпочтительный захват

Способность продвигать возбуждение при более низких величинах электростатического поля (следовательно, ранее) увеличивает вероятность захвата молнии. Эта способность даёт молнии более высокую эффективность в роли предпочтительных точек захвата, сравнимых с любой другой точкой защищаемого здания.

Следовательно, эти молниеотводы предлагают высокие гарантии во время разрядов с низкой интенсивностью (от 2 до 5 кА) по сравнению с простыми стержневыми молниеотводами, которые могут только перехватывать их на коротких дистанциях:

$$0 = 10 \text{ Ч}^m \quad (15)$$

где Б - дистанция удара молнии, в м;

І - максимальный импульсный ток первого удара, в кА.

Области применения этих систем довольно широки и включают в себя:

- промышленность (очистные сооружения, насосные станции);
- телекоммуникации (реле, антенны);

- открытые установки (стадионы, корты для гольфа, парки для развлечений);
 - здания (склады, церкви, памятники).
- Эти системы могут быть оснащены разрядными счётчиками

7 МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Фундаментальным аспектом является метод конструирования молниезащиты, используемый для идентификации наиболее подходящих мест для молниеприёмников, основанный на области защиты, предоставляемой каждым терминалом. Наиболее известными методами являются методы конуса защиты, клетки Фарадея и катящейся сферы.

Метод конуса защиты редко применяется и является неколичественным физическим методом.

В основном, он используется для пассивных систем молниезащиты.

Метод клетки Фарадея также используется для пассивных систем молниезащиты и нет никакой гарантии, что металлические полосы, используемые в этом методе, подвергнутся удару молнии в предпочтение какой-либо другой близлежащей точке.

Диэлектрические свойства конструкционных материалов таковы, что вспышка молнии может перейти на близлежащий элемент структурированной стали с непредсказуемыми последствиями. Кроме того, защита таких объектов, как телекоммуникационные тарелки, является фактически невозможной.

Метод катящейся сферы без сомнения является наиболее распространённым в мировых стандартах. Он основан на электрогеометрической модели (ЭГМ). ЭГМ связывает дистанцию удара с будущим пиковым ударным током (15). Чтобы применить этот метод, необходимо представить себе сферу, катящуюся вдоль структуры. Все контактирующие точки поверхности, предполагается, требуют защиты, пока существуют незащищённые объёмы (Приложение 1).

В случае простого штыря (Приложение 2) в соответствии с электрогеометрической моделью, точка удара молнии определяется наземным объектом, который размещается первым на дистанции *B* от лидера направленного вниз, даже если этот объект плоский (грунтовый). Поэтому можно рассматривать воздействие молнии, как если бы фиктивная сфера радиусом *B* с головой лидера, направленного вниз, была проведена и строго двигалась вдоль защищаемого сооружения (16).

Рассматривая простой штырь, высотой «*k*», по отношению к плоской поверхности (крыша здания, поверхность земли и т.д.), имеется возможность трёх точек удара молнии.

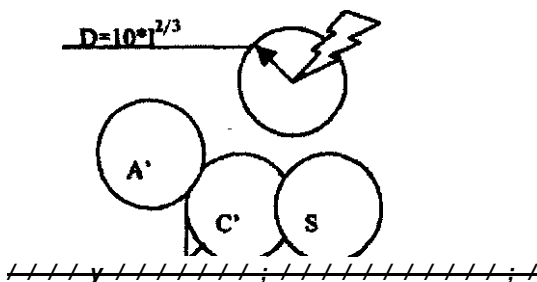


Рисунок 1 - Метод катящейся сферы

- Если сфера касается только вертикального штыря «А», то вертикальный штырь будет точкой удара.

- Если сфера касается плоской поверхности и не касается вертикального штыря, точка удара будет только на поверхности -5 земли.

- Если сфера касается и простого вертикального штыря и справочной поверхности одновременно, то имеется возможность двух точек удара: «А» и «С», но молниевый разряд никогда не ударит в закрытую площадь

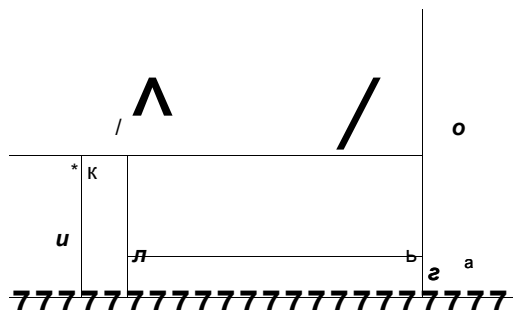


Рисунок 2 - Пассивный стержень

Будем считать, что пассивный стержень не инициирует верхний лидер, тогда

$$Y_{pp} = [I - (2B - I)]^{1/2} \tag{16},$$

что выполняется при $k < 2B$ (16a)

В случае применения активного молниеотвода (рис.3):

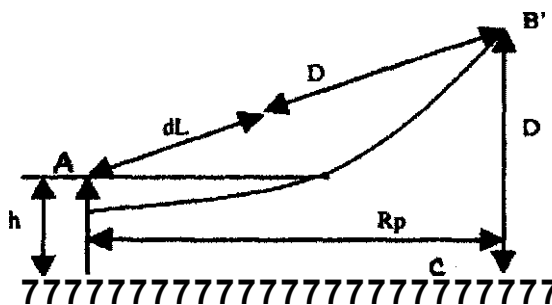


Рисунок 3 - Активный стержень

$$Y_{pa} = [k \cdot (2B - k) + cI \cdot (2B + cI)]^{1/2} \tag{17},$$

что выполняется при $k < cI + 2B$ (17a)

Рекомендуется сравнивать значения Y_{pa} со значениями

$$Y_{ns} = (1,1 - 0,002 \cdot k) \cdot k \tag{176}$$

Если окажется, что $Y_{pa} < Y_{pp}$, то по значениям Y_{pp} подставляемых вместо Y_{pa} в (17), вычисляется *k* где *B* - дистанция удара (по пиковым значениям токов):

- I уровень защиты - *B* = 20 м, $I_{макс}$ = 2,8 кА;
- II уровень защиты - *B* = 45 м, $I_{макс}$ = 9,5 кА;
- III уровень защиты - *B* = 60 м, $I_{макс}$ = 14,7 кА, в м,

СИ - инициация верхнего лидера, в м, определяемая как

$$cIT = v \cdot cIT \quad (18)$$

(СИ определяется при испытаниях в лаборатории для каждой модификации системы молниезащиты производителем)

И - это высота верхушки пьезоэлектрического молниеотвода над поверхностью, которая должна быть защищена, в м

K_p - это защитный радиус молниеотвода, в м

V - скорость инициации верхнего лидера, в м/мкс

cIT - время его инициации, в мкс

Полученные данные, используются для подбора систем активной молниезащиты, прошедших сертификацию в Республике Казахстан.

В таблицах 14 и 14.1 как пример показан вариант подбора систем активной молниезащиты.

Таблица 14 для пьезоэлектрических молниеприёмников, которые применимы для регионов, где ветровая нагрузка более 0,40 кгс/м² («Нагрузки и воздействия» СНиП 2.01.07-85* Таблица 5.) Таблица 14.1 для систем импульсного напряжения.

Пример - Требуемый уровень защиты I , расчётная верхняя пьезоэлектрического молниеотвода над поверхностью, которая должна быть защищена - $K(m) = 6$, расчётный защитный радиус молниеотвода - $K(m) = 63$ точки

Основным преимуществом метода катящейся сферы является простота его применения. В случае простых структур он может быть успешно применён вручную, но для более сложных структур этот метод требует сложного цифрового объёмного моделирования

на основе компьютерного программного обеспечения. Фундаментальной технической проблемой, связанной с этим методом, является предписывание равной возможности инициации лидера всем контактирующим точкам на структуре. Так что, для данного будущего пикового ударного тока или, иными словами, уровня защиты дистанция удара является постоянной величиной. Хотя этот метод является приближённым, он может быть применён при конструировании надёжных и эффективных систем молниезащиты.

Ещё два исследования дали определённый прогресс в реализации метода конструирования на основе солидного физического базиса. Это - модель прогрессии лидера и теория начала лидера. Но пока они не включены в новые стандарты МЭК.

Особенно пристального внимания заслуживает в настоящее время метод отбора объёма (МОО). Этот метод, являющийся улучшенным методом ЭГМ, был впервые предложен Эрикссоном в 1979 г. Затем, в 1980 и 1987 г.г., им были проведены дальнейшие усовершенствования этого метода.

МОО использует физическое приближение с использованием хорошо известного факта, что дистанция удара, O , зависит как от пикового ударного тока, (или заряда нижнего лидера), так и от степени увеличения электрического поля, называемого в дальнейшем как «фактор интенсификации поля», K , будущей точки удара. Для структур K определяется в большей степени высотой и шириной, но форма и радиус кривизны структуры или структурные особенности также являются важными факторами. В случае молниеприёмников K зависит от высоты и радиуса кривизны вершины. Когда молниеприёмники расположены на зданиях, K умножаются на коэффициент, который зависит от размеров структуры.

Таблица 14 - Зависимость радиуса защиты (K_p) от высоты сооружения (k) для разных уровней защиты (b_p), активных пьезоэлектрических систем молниезащиты

$K_p(m)$	5E6 <I=15 м			5E9 <I=30 м			3E12 <I=45 м			5E15 <I=60 м		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2	13	18	20	19	25	28	25	32	36	31	39	43
4	25	36	41	38	51	57	51	65	72	63	78	85
6	32	46	52	48	64	72	63	81	90	79	97	107
8	33	47	54	49	65	73	64	82	91	79	98	108
10	34	49	56	49	66	75	64	83	92	79	99	109
20	35	55	63	50	71	81	65	86	97	80	102	113
30	35	58	69	50	73	85	65	89	101	80	104	116
60	35	60	75	50	75	90	65	90	105	80	105	120

Таблица 14.1 - Зависимость радиуса защиты (K_p) от высоты сооружения (k) для разных уровней защиты (A_u), активных систем молниезащиты импульсного напряжения

$K_p(m)$	8a1eH13-25			5a1e1K 3-45			8a1eH13-60		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2	17	23	26	26	34	36	32	34	44
3	25	34	39	38	48	50	48	48	65
4	34	46	52	50	64	72	64	64	87
5	42	57	65	63	81	89	79	81	107
6	43	58	66	63	81	90	79	81	107
10	44	61	69	64	83	92	79	83	109
15	45	63	72	65	85	95	80	85	111
20	45	65	75	65	86	97	80	86	113
45	45	70	84	65	90	104	80	90	119
60	45	70	85	65	90	105	80	90	120

Следовательно, улучшенное приближение к конструированию молниезащиты должно принять, что все точки на сооружении способны выбрасывать перехватывающий верхний лидер, но дифференцировать те точки, основанные на факторе интенсификации локального поля. Фактор интенсификации поля вычисляется относительно легко, используя цифровой метод, такой как метод ограниченного элемента.

МОО успешно развивается и улучшается применительно к любой объёмной структуре, установленной с молниеприёмниками. Метод учитывает приближение нижнего лидера молнии к структуре и, используя K молниеприёмников и структурных особенностей, определяет точку, из которой будет выброшен верхний лидер.

МОО будет лучше ЭГМ, если перехват будет иметь место только, если смежная конкурирующая особенность структуры не завладеет перехватом нижнего лидера. Критерием для этого условия будет служить примерное равенство скоростей верхнего и нижнего лидеров.

На основе анализа удалось определить объём параболического типв выше особенности (структуры, структурных особенностей или молниеприёмников), который представляет объём захвата той особенности, или обычно используемый термин «объём отбора».

В терминах модели для специфического заряда лидера и отношения скоростей нижний лидер будет заканчиваться на структуре или молниеприёмнике, если дистанция удара достигнута и дорожка лидера будет находиться внутри внешних границ объёма отбора. Эта информация часто суммируется в виде радиуса притяжения, K_a , который является простым радиусом объёма отбора на высоте, определённой поверхностью дистанции удара. Радиус притяжения является наиболее важным выходным параметром анализа отбора, так как впоследствии он может быть использован для вычисления площадей защиты, захвата или притяжения для данной структуры, структурной особенности или молниеприёмника.

К настоящему времени уже имеются серии повторяющихся вычислений в широком диапазоне высот сооружений (10-200 м) и параметров молнии. Из этих данных было получено основное соотношение между радиусом притяжения, K_a , в метрах, пиковым током, в килоамперах, и высотой сооружения, I , в метрах. Для отношения скоростей верхнего и нижнего лидеров, равного 1, оно имеет вид:

$$Y_a = 0,84 \cdot I_{мак}^{14} \cdot K^{0,6} \quad (19)$$

Иллюстрация конструирования молниезащиты с использованием МОО показана на рисунке Приложения 2. Удар 1 имеет больший заряд лидера (2K). На входе в поверхность дистанции удара 2K он инициирует верхний лидер перехвата из точки А перед критическими условиями, имеющими место на других частях структуры. В ударе 2 заряд лидера меньше (1/Г) и он находится ближе к структуре. Точка А обходится, потому что нижний лидер находится за пределами своего объёма отбора, даже хотя он может инициировать верхний лидер. Следовательно, точка В является наиболее вероятной точкой удара.

Современные компьютеры вместе с программами моделирования, которые используют методы ограни-

ченного элемента или моделирования заряда, или их комбинацию, дали возможность вычислять с относительной легкостью распределение электрического поля над и вокруг структуры и её микрогеометрии. Следовательно, могут быть вычислены факторы интенсификации поля для всех будущих конкурирующих особенностей для того, чтобы начать процесс конструирования МОО.

Объём отбора вычисляется для каждой структурной особенности, включая молниеприёмники, мачты, антенны и т. д..

Стоит упомянуть, что с начала применения этого метода (МОО) в течение более 10 лет были успешно защищены более, чем 7000 зданий и сооружений во всём мире.

Этот метод наилучшим образом работает в виде компьютерной программы, так как необходимые данные для вычислений, как высота площадки, высота базового облака, заряд лидера (уровень защиты), высота структуры и форма, факторы интенсификации поля, отношение скоростей лидеров хранятся и легко вычисляются программой и всегда доступны, когда заказчик потребует сконструировать оптимальную молниезащиту. Тем более, все эти данные можно легко модернизировать на компьютере.

Важно отметить, что МОО может быть использован для любых систем молниеприёмников, сконструированных для перехвата молнии, будь то пассивные или активные системы.

8 ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ РСЭ

8.1 Молниеприёмники

Молниеприёмник должен быть зафиксирован на вершине свободно стоящей смонтированной на земле опоры башни в пределах защищаемой области. Растяжки не должны быть использованы.

Башня должна быть установлена с наружной стороны безопасной области и на минимальном расстоянии 8 м от резервуара с нефтью или газом.

Верхушка молниеприёмника РСЭ должна находиться по меньшей мере на 2 м выше защищаемой площади.

Высота молниеприёмника РСЭ может быть увеличена при помощи мачты. Если молниеприёмник РСЭ закреплён при помощи токопроводящих растяжек, то они должны быть подсоединены к молниеотводу при помощи проводников (таблица 15).

Использование изолированных коаксиальных кабелей в качестве проводников не разрешается, за исключением использования в системе антикоррозийной защиты.

Поскольку ток молнии имеет импульсную характеристику, предпочтительней использовать плоский проводник, чем круглый такого же сечения, так как импульсный ток течёт в основном по поверхности.

Если внешняя установка для заданной структуры включает несколько молниеприёмников РСЭ, то они так же соединяются между собой с использованием проводников (таблица 15).

Предпочтительными архитектурными характеристиками для установки молниеприёмников РСЭ являются комнаты оборудования на плоских крышах, коньки крыш, металлические или кирпичные трубы.

Таблица 15 - Соединяющие проводники

Материал	Замечания	Минимальные размеры
Чистая или лужёная электролитическая медь	Рекомендуется из-за хорошей проводимости и сопротивления коррозии	Полоса: 30мм * 2мм Пруток: 0 8мм Кабель с оплёткой: 30 • 3,5кв.мм.
Нержавеющая сталь	Рекомендуется при некоторых условиях, способствующих коррозии	Полоса: 30мм * 2мм Пруток: 0 8мм.
Алюминий	Должен использоваться на алюминиевых поверхностях (обшивка, облицовочные стены)	Полоса: 30мм * 3мм Пруток: 010мм

Молниеприёмник состоит из головки захвата, которая запрофилирована, неизменяема и является хорошим проводником, сконструирована для создания усиленной воздушной циркуляции на своём кончике и в своём продолжении системы для входа и выхода воздуха таким образом, что воздух заходит в нижние отверстия и поднимаясь, выходит через верхние (рис.7,1).

Существуют 2 фундаментальные концепции применительно к молниеприёмникам:

- Молниеприёмники, которые вырабатывают громадные количества корон являются менее эффективными в перехвате нижнего лидера молнии. Слой результирующего пространственного заряда может значительно сдерживать развитие ответного верхнего лидера из молниеприёмника. Более того, различные ветровые воздействия на слой пространственного заряда способствуют созданию ненадёжных и неэффективных молниеприёмников, создающих корону. Так что, молниеприёмники - расщепители являются также ненадёжными.

- Эффективным молниеприёмником является тот, который выбрасывает верхний стример при оптимальных условиях. Электрическое поле, требуемое для инициации и поддержания стабильного размножения верхнего лидера находится в пределах 300-500 кВ/м для положительного лидера и ~1 МВ/м для отрицательного. Стримеры должны иметь минимальную длину 0,7-1 м перед тем, как они могут превратиться в стабильный разряд лидера.

Смысл этих концепций состоит в том, что молниеприёмник со способностью выбрасывать стример рано, является не обязательно наиболее эффективным. Скорее, более важно выбросить стример в то время, когда он сможет превратиться в стабильный размножающийся лидер. Это может иметь место только тогда, когда напряжённость поля в одном метре выше кончика молниеприёмника больше, чем пороговые величины, упомянутые выше. Это следует из соотношения:

$$(\Gamma_e \sim E^2) \quad (20)$$

где Γ_e - плотность энергии электрического поля,

E - напряжённость электрического поля

Так как стримеры и лидеры берут требуемую энергию для размножения из электрического поля, то, если напряжённость поля очень низкая, стример или лидер прекратят размножение и просто будут рассеяны в пространственном заряде.

Геометрия молниеприёмника также имеет важное значение. Электрическое поле над тупым молдоевым стержнем остаётся на более высоком уровне, чем поле над острым стержнем. Следовательно, критерий начала лидера для тупого стержня обозначится в более слабых окружающих электрических полях. С другой стороны,

острые стержни производят корону во многих более слабых окружающих полях и, следовательно, будут испытывать эффекты истощения пространственного заряда.

При сравнении электрического поля над вершиной и вокруг молниеприёмника было установлено, что напряжённость электрического поля убывала с увеличением расстояния от молниеприёмника, причём в присутствии пространственного заряда её значения всегда были ниже, чем в его отсутствии.

8.2 Молниеотводы

Молниеотвод должен быть круглым с высокой проводимостью или плоским твердым медным проводником с минимальным сечением 50 кв.мм. Он должен быть зафиксирован на опорах башни из расчёта 3 скоб на метр.

Молниеотвод должен быть соединён с молниеприёмником с помощью металлического адаптера, помещённого на молниеприёмник (Приложение 5). Он должен затем спуститься вниз по башне по самому короткому прямому пути к конечной сети заземления, избегая любых резких поворотов, таким образом обеспечивая путь с низким импедансом от молниеприёмника к своей конечной системе заземления.

Опорный шест из обработанной меди (или нержавеющей стали в соответствии с модификацией), верхняя часть которого имеет одну или более точек испусквания ионов, из нержавеющей стали (Приложения 4,2).

Молниеотвод устанавливается снаружи сооружения. Жесткий плоский проводник предпочтителен гибкому кабелю из-за лучшей индуктивности. Проводники не должны быть окрашены, так как это увеличит импеданс. Чтобы избежать проблемы с перепрыгиванием разряда, должны применяться только постепенные изгибы. Где это представляется практичным, стальная структура здания, как часть подсистемы, может также быть использована вместо молниеотвода.

Каждый молниеприёмник должен быть соединён системой заземления по меньшей мере одним молниеотводом. Два или более молниеотводов нужны в случае, если:

- горизонтальная проекция защищаемого здания больше, чем его вертикальная проекция (молниеприёмник установлен на крыше здания);
- высота здания больше 28 м.

Молниеотводы не должны прокладываться вдоль или поперёк кабельных каналов. Однако, если пересечение кабельного канала неизбежно, то он должен быть расположен внутри металлического экрана, который перекрывает по одному метру с каждой стороны точку пересечения. Экран должен быть соединён с молниеотводом.

Если молниеотводы обходят парапетные стенки или карнизы, то радиус закругления не должен быть меньше 20 см.

При креплении фиксаторов водонепроницаемость крыши не должна быть нарушена.

Соединения молниеотводов между собой должны осуществляться при помощи зажимов из того же материала или мощными заклёпками, пайкой или сваркой (Приложение 6).

Следует избегать сверления отверстий в молниеотводах.

Если наружная прокладка неудобна, молниеотвод может быть проложен внутри трубы, проходящей на всю высоту или часть высоты здания. Изоляция невозгораемых внутренних труб может быть использована, когда площадь их внутреннего сечения составляет не менее 2000 кв.мм.

Молниеотводы, прокладываемые по наружным стенам зданий, следует располагать не ближе чем в 3м от входов или в местах, не доступных для прикосновения людей.

Можно также в качестве молниеотводов использовать естественные металлические элементы здания при условии контроля сопротивления между точкой присоединения к молниеприёмнику и точкой присоединения к заземлителю этого элемента (сопротивление должно быть не более половины Ома) и при размерах металлоконструкций здания, соответствующих размерам соединительных проводников (табл.10).

Тестовый зажим должен находиться внизу башни в поливинилхлоридном или бетонном инспекционном углублении таким образом, чтобы молниеотвод мог бы быть отсоединён от терминала «земля» и могли бы быть проведены регулярные проверки этого терминала.

Каждый молниеотвод должен быть снабжён тестовым зажимом. На нём должна быть нанесена надпись «молниеотвод» и символ земля.

Тестовые зажимы обычно устанавливаются на молниеотводах на высоте примерно 2 м от уровня земли или в инспекционных углублениях в случае использования естественных элементов здания вместо молниеотводов. Этот стык (зажим) связывает заземлитель с металлическим естественным элементом здания.

В случае использования счётчика молниевых вспышек, он должен быть установлен на наиболее прямом участке молниеотвода выше тестового зажима и в любом случае на высоте не менее 2 метров от поверхности земли.

8.3 Перемычки

Перемычки гарантируют, что не связанные проводящие объекты имеют одинаковый электрический потенциал. Без правильно установленных перемычек система молниевой защиты не будет работать. Все металлические проводники, входящие в объект (например, электролинии, газовые и водяные трубы, линии связи, воздухопроводы вентиляции и кондиционирования, трубопроводы, железнодорожные рельсы, навесные мостовые фаны, закатывающиеся двери, металлические рамы дверей, перила и т.д.) должны быть связаны к одному потенциалу земли.

Соединение перемычкой должно быть по возможности не механическим, а сварным, особенно в местах под поверхностью. Механические соединения подвержены коррозии и физическим повреждениям. Рекомендуется частые инспекции и замеры сопротивления перемычек (максимум 10 мОм) для гарантии надёжного электрического соединения.

При прохождении тока молнии через проводник появляется разность потенциалов между молниеотводом и близлежащими заземлёнными метал-

лическими предметами. Могут появиться опасные разряды на концах разорванной цепи.

Когда не используется эквипотенциальное соединение, минимальное расстояние при котором не возникает опасный разряд, считается безопасной дистанцией, 5 , и зависит от выбранного уровня защиты, количества молниеотводов, материала, находящегося между концами петли, и расстояния от металлического предмета до точки подсоединения заземления:

$$5 = l \cdot \sqrt{I/k_m} \quad (21)$$

где l - фактор учёта количества молниеотводов для каждого молниеприёмника:

$l = 1$ для одного проводника;

$l = 0,6$ для двух проводников;

$l = 0,4$ для трёх и более проводников;

A , - фактор учёта уровня защиты:

$k] = 0,1$ для уровня защиты I;

$k/ = 0,075$ для уровня защиты II;

$k) = 0,05$ для уровня защиты III;

k_m - фактор учёта материала, используемого между концами петли (цепи):

$k_m = 1$ для воздуха;

$k_m = 0,52$ для твёрдого неметаллического материала;

l - вертикальное расстояние от точки металлического предмета до точки подсоединения к заземлению или ближайшей точки эквипотенциального соединения.

Если близлежащие проводящие части электрически не заземлены, необходимо обеспечить эквипотенциальное соединение. Если расстояние от металлического предмета до молниеотвода меньше безопасного, то его необходимо соединить с ним.

Эквипотенциальное соединение должно быть обеспечено при следующих размещениях:

- над землёй и под землёй;

- на меньшем расстоянии, чем безопасное, если структуры заземления не соединены. Если СЗМ отделена от защищаемой структуры, то эквипотенциальное соединение должно быть сделано только на уровне фунта;

- в случае газопроводных труб $5 = 3м$.

Антенна или небольшая опора, поддерживающая электрические линии, должны быть подсоединены к ближайшему молниеотводу при помощи волнового защитного устройства (разрядника) типа искрового промежутка. Если трубопроводы (вода, газ и т.д.) с изолированными частями проложены в пределах рассматриваемого пространства, то такие изолированные участки должны быть обойдены.

Неэкранированные телекоммуникационные или электрические проводники должны быть соединены с СЗМ через разрядники перенапряжений.

8.4 Заземление

Система заземления должна иметь низкий импеданс на землю и низкое сопротивление. Анализ спектра типичного импульса молнии показывает как высокочастотную, так и жзкочастотную составляющие. Для импульса молжи система заземления ведёт себя как волновод, поэтому к ней применима теория распространения волн. Значительная часть тока молдой после удара на землю распространяется горизонтально, только менее 15 % тока проникает в глубь земли. В

результате, низкое сопротивление менее важно, чем объёмная эффективность заземления.

Всё оборудование внутри объекта должно быть привязано к главному узлу заземления, который соединён с внешней системой заземления. Следует избегать замкнутые контуры, которые могут создавать дополнительное индуктивное сопротивление.

Система заземления должна быть спроектирована так, чтобы уменьшить импеданс как по переменному току, так и по постоянному. Применение заземления типа «равновесие» (закопанные проводники) или радиальных лучей может снизить импеданс, поскольку эти типы позволяют энергии молнии разветвляться по каждому закопанному проводнику. Эффективны также кольца заземления вокруг объектов, соединённые между собой. Правильное применение бетонных опор и фундаментов увеличивает эффективный объём заземления. Для почвы с высоким сопротивлением или низким содержанием влаги или при температурах замерзания рекомендуется добавлять в почву уголь, специальные смеси на основе угля, натуральные соли или другие включения с низким сопротивлением. Эти средства должны применяться для каждого отдельного случая тогда, когда добиться снижения импеданса заземления традиционными способами либо трудно, либо слишком дорого.

Одним из наиболее эффективных систем заземления, к которой подсоединяется молниеотвод, является система типа «воронья лапа». Эта система сделана из проводников такого же поперечного сечения, как и молниеотвод (три 7-8 метровых в длину проводника, закопанных горизонтально). Покрытый медью стальной стержень заземления должен быть добавлен к концу каждой медной шины (Приложения 7,9). Рекомендуемым является расположение по треугольнику.

Конечная система заземления должна быть расположена вдали от резервуаров хранения. Величина сопротивления конечной системы заземления должна быть не более 10 Ом.

Каждый заземляющий проводник должен быть помещён в корпус из бетона или поливинилхлоридное углубление для того, чтобы облегчить инспекцию. Углубление должно быть закрыто крышкой.

Система конечного заземления СЗМ должна затем быть подсоединена к главной сети заземления площадки для того, чтобы достичь эквипотен-

циальной сети заземления. Это соединение должно быть оснащено отсоединительным зажимом в корпусе инспекционного углубления из бетона или поливинилхлорида.

Размеры системы заземления зависят от сопротивления почвы, в которой устанавливается эта система.

Материалы и размеры для систем заземления представлены в таблице 16.

Кроме того, существуют методы для уменьшения сопротивления земли:

- хлорид кальция или натрия закапывается в землю вместе с электродами заземления для увеличения проводимости. Проводник и соль обычно требуют замены через несколько лет. Для уменьшения трудоёмкости и затрат, связанных с этой заменой, уже разработан химически заполняемый стержень;

- система электродов заземления, перед тем как она будет закопана, обволакивается материалом наподобие пластика. При этом уменьшается разность потенциалов между электрической системой заземления, охватывающей структуру здания, и землёй.

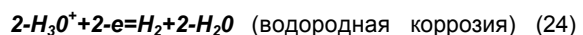
8.5 Антикоррозийная защита

Разрушение металлов и сплавов в результате протекания на их поверхности электрохимических реакций называется электрохимической коррозией.

Электрохимическая коррозия развивается при контакте металлов с раствором электролита. При электрохимической коррозии на металле протекают одновременно два процесса: окисление металла - анодный процесс



и восстановление окислителя, например, кислорода или катионов водорода - катодный процесс

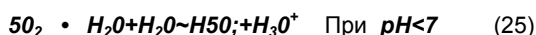


Кислородная коррозия протекает в нейтральных и основных растворах, а водородная коррозия — в кислых растворах (при $pH < 4$).

Таблица 16 - Материалы и минимальные размеры систем заземления

Материал	Рекомендации	Минимальные размеры
Чистая или лужёная электролитическая медь	Рекомендуется из - за хорошей проводимости и устойчивости к коррозии	Полоса: 30мм • 2мм Пруток: 0 8мм Сетка из проволоки сечением 10 кв. мм Твёрдый стержень: 0 15мм, длиной 1 м Труба: 0 25 мм, длиной 1м
Сталь с медным покрытием		Полоса: 30мм • 2мм Пруток: 0 10мм Стержень: 0 15мм
Нержавеющая сталь	Рекомендуется в некоторых коррозионных грунтах	Полоса: 30мм • 2мм Пруток: 0 10мм Стержень: 0 15мм
Оцинкованная сталь	Резервируется для некоторых временных установок по причине плохой коррозионной стойкости	Полоса: 30мм • 2мм Пруток: 0 10мм Стержень: 0 19мм, длиной 1м

Электролитом может служить плёнка воды, которая появляется вследствие конденсации влаги на поверхности любого металла. Скорость электрохимической коррозии зависит от электропроводности раствора электролита. Чистая вода - плохой проводник электричества, атмосферная вода проводит электрический ток значительно лучше в основном из-за химического растворения в ней диоксида углерода и образования электролита - угольной кислоты H_2CO_3 . Кроме того, электропроводность атмосферной воды увеличивают промышленные газовые выбросы SO_2 (образуются в основном из серосодержащих примесей угля при его сжигании), вызывающие высокую кислотность атмосферной воды:



Коррозионная опасность промышленных отходящих газов велика. Поэтому, особенно остро эта проблема стоит в Казахстане, где до сих пор не приняты надлежащие меры по снижению выбросов промышленных отходов (Балхаш, Усть-Каменогорск, Алматы и др.).

Особенно коррозионно опасным может быть место контакта двух разнородных металлов. Электрохимическая коррозия, развиваемая при контакте двух металлов, имеющих разные потенциалы в данном электролите, называется контактной. Коррозия металла с более отрицательным потенциалом обычно усиливается, а коррозия металла с более положительным потенциалом замедляется. Для протекания контактной коррозии достаточно включений примеси на поверхности металла.

Существуют различные способы защиты от коррозии, основанные на снижении агрессивности коррозионной среды, нанесении защитных покрытий и применении электрохимических методов - электрохимической защиты.

Один из видов электрохимической защиты - катодная защита заключается в том, что защищаемый металл соединяют с отрицательным полюсом внешнего источника постоянного тока, а положительный полюс - со вспомогательным материалом (обычно графитом), который будет окисляться и тем самым защищать основной металл.

Другой вид электрохимической защиты - протекторная защита осуществляется путём присоединения к защищаемому металлу протектора - более активного (то есть менее благородного металла), который легче окисляется и тем самым предохраняет основной металл от коррозии. Так, для защиты от коррозии изделий из железа и его сплавов в качестве протектора обычно применяют магний.

Проблема антикоррозийной защиты особенно актуальна в трубопроводных отраслях. Физико-химические свойства почвы, такие как пористость, проводимость, растворимые соли, влажность и pH имеют коррозионное влияние на сталь.

Дистанционная подача питания осуществляется приложением постоянного напряжения вплоть до 100 В между трубой и вспомогательным элементом, при этом токи могут возрасти до 100 А.

Для уменьшения коррозии необходимо:

- избегать использования несоответствующих металлов в агрессивных средах;
- избегать контакта разных металлов с различными гальваническими парами;

- использовать проводники соответствующих размеров и коррозионно - стойкие соединители;

- обеспечивать защитные покрытия в критических случаях в соответствии с внешними воздействиями;

Для выполнения вышеуказанных требований предлагаются следующие меры предосторожности:

- минимальная толщина или диаметр проводника должны соответствовать требованиям этой инструкции;

- алюминиевые проводники не должны заглубляться или заделываться непосредственно в бетон, если только они не снабжены долговременной изоляцией;

- соединений медь - алюминий необходимо избегать везде, где это возможно ;

- для заземления больше подходит медь, за исключением некоторых кислых сред при контакте с кислородом и сульфатами;

- при наличии серных или аммониевых паров на молниеотводах может быть применено покрытие (допускается толщина изоляционного материала покрытия менее 0,5 мм);

- соединители проводников должны быть сделаны из нержавеющей стали или соответствующего материала в зависимости от коррозионных условий среды.

9 СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕРЫ

9.1 Антенны

Антенная мачта должна быть соединена через волновое защитное устройство или искровой промежуток с молниеотводом, если только антенна не находится вне защищаемой зоны или на другой крыше.

Общая поддерживающая мачта может быть использована при следующих условиях:

- общая мачта опоры состоит из адекватно расположенных труб, которые не нуждаются в растяжках;

- молниеотвод РСЭ присоединён к вершине мачты;

- вершина молниеприёмника РСЭ находится, по меньшей мере, на 2 м выше ближайшей антенны;

- молниеотвод установлен при помощи хомута, соединённого со стержнем (шестом);

- коаксиальный кабель антенны проложен внутри антенной мачты;

- защита антенно-мачтовых сооружений в иных случаях осуществляется путём заземления антенных опор и антенно-фидерных устройств.

9.2 Соломенные или тростниковые крыши

Молниеотвод РСЭ должен быть проложен по дымоходной трубе. Он должен иметь диаметр 8 мм из отожжённой меди, который прокладывается на отстоящих изоляторах по краю крыши на расстоянии 20-25 см от соломенной крыши.

9.3 Заводские трубы

Дым и горячие газы создают дополнительную ионизацию воздуха, поэтому они в большей степени подвержены ударам молнии.

На верхней части трубы должен быть установлен молниеприёмник РСЭ из материалов, подходящих для коррозионной атмосферы и повышенной температуры. Он должен быть размещён с обдуваемой стороны.

При наличии на зданиях и сооружениях прямых газоотводных труб для газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное полушарием радиуса 5 м.

Для газоотводных и дыхательных труб, оборудованных колпаками или «гусаками», в зону защиты молние-

отводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное цилиндром высотой Я и радиусом Я:

- для газов тяжелее воздуха при избыточном давлении внутри установки менее 5,05 кПа (0,05 ат) Я = 1м, Л = 2м; 5,05 - 25,25 кПа (0,05 - 0,25 ат) Я = 2,5м, Я = 5м;

- для газов легче воздуха при избыточном давлении внутри установки менее 25,25 кПа Я = 2,5м, Я = 5м; свыше 25,25 кПа Я = 5м, Я = 5м.

Для дымоходных труб высотой 40 метров и выше, как минимум должны быть установлены два молниеотвода, диаметрально расположенных с обдуваемой и не обдуваемой стороны. Эти молниеотводы должны быть соединены на верхнем конце и у основания дымоходной трубы при помощи горизонтальных проводников. Каждый молниеотвод должен быть заземлён.

9.4 Хранилища возгораемых и взрывчатых материалов

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-1г считается в соответствии с п.п. 7.3.43 и 7.3.44. ПУЭ.

Ёмкости, содержащие горючие жидкости, должны быть заземлены. Молниеприёмники РСЭ должны быть подняты на мачты, шесты, пилоны или любые другие структуры, находящиеся на расстоянии не менее 8м от ёмкости по горизонтали и вертикали и 20 м от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом, соответственно. Молниеотвод и система заземления должны быть эквипотенциальными. Минимальное допустимое расстояние от молниеотводов до взрывоопасных помещений и установок определяется в соответствии таблицей 7.3.15 ПУЭ. Вблизи пожароопасных зон СЗМ устанавливается в соответствии с классами зоны, но не менее 5 м от этих зон, также в соответствии с ПУЭ.

9.5 Религиозные постройки

Шпили, башни, минареты и звонницы наиболее подвержены риску ударов молнии. Высотные выступающие части должны быть защищены молниеприёмниками РСЭ с молниеотводами, соединёнными с землей, проложенными по главной башне.

Второй молниеотвод должен быть проложен по гребню нефа (пристройка к высотной части), если существует одно или более из нижеследующих условий:

- Общая высота превышает 40 метров

- По причине своей длины неф простирается за пределы зоны защиты высотной части

Второй молниеотвод должен быть присоединён к первому молниеотводу и молниеприёмнику на вершине высотной части.

Все металлические предметы внутри и вне здания, система РСЭ и общий контур заземления здания должны быть эквипотенциальными.

9.6 Открытые площадки, зоны отдыха

Игровые поля, лагеря, автостоянки, плавательные бассейны, треки, автодромы, парки отдыха и т.д. должны быть оснащены системами РСЭ.

Молниеприёмники РСЭ устанавливаются на флагштоки, осветительные мачты, пилоны или иные высотные структуры. Количество и расположение систем РСЭ зависит от типа и площади поверхности, которая должна быть защищена в соответствии с положениями настоящей инструкции.

9.7 Деревья

В тех местах, где опасность удара молнии влечёт опасность для близлежащих структур, в том числе для исторических и эстетических памятников, дерево может быть защищено при помощи установки молниеприёмника РСЭ на его вершине.

При монтаже предлагается использовать молниеотвод в виде гибкого кабеля, закреплённого при помощи хомутов к главному стволу дерева.

9.8 Дополнительные меры защиты

При применении кабелей без металлической оболочки они должны прокладываться в металлических трубах, которые должны быть заземлены.

При применении кабелей с металлической броней или труб, проложенных в земляных траншеях или открытым способом длиной более 20 м, броня и металлическая оболочка кабелей (при её наличии) или трубы должны иметь электрический контакт с металлоконструкциями опор или здания с одного конца, и с заземлителем сооружения - с другого. При невозможности использования металлоконструкций в качестве заземлителя необходимо использовать искусственный заземлитель.

При применении кабелей с металлической броней, проложенных в земляных траншеях длиной менее 20 м или при прокладке в грунтах с плохой проводимостью (более 500 Ом • м), следует дополнительно к заземлению устанавливать разрядники на вводах кабелей в здание или сооружение на расстоянии не более 10 м от точки ввода в здание до места установки разрядников. Заземление разрядников должно присоединяться к контуру заземления здания.

Ввод в здание воздушных линий электропередач напряжением менее 1 кВ, сетей телефона, радио, сигнализации должен осуществляться только кабелями длиной не менее 50 м с металлической броней или оболочкой или кабелями, проложенными в металлических трубах.

Ввод в здание воздушных линий электропередач напряжением более 1 кВ должен выполняться в соответствии с ПУЭ.

Металлические конструкции и корпуса оборудования, устройств и приборов, находящиеся в защищаемом здании, должны быть присоединены к отдельному заземлителю или к железобетонному фундаменту здания.

Внутри зданий и сооружений между трубопроводами и другими протяжёнными металлическими конструкциями в местах их взаимного сближения на расстоянии менее 10 см через каждые 20 м следует приваривать или припаивать перемычки из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной ленты сечением не менее 24 мм²; для кабелей с металлическими оболочками или броней перемычки должны выполняться из гибкого медного проводника в соответствии с указаниями СНиП РК 4.04-10-2002.

В соединениях элементов трубопроводов или других протяжённых металлических предметов должны быть обеспечены переходные сопротивления не более 0,03 Ом на каждый контакт. При невозможности обеспечения контакта с указанным переходным сопротивлением с помощью болтовых соединений необходимо установить стальные перемычки с вышеуказанными размерами.

При напряжениях, превышающих напряжение пробоя изоляции в результате действия молнии, необходимо учитывать, что пробой через воздушную или

фарфоровую изоляцию (обычно используемую при изоляции линий электропередач) в большинстве случаев не вызывает существенных повреждений. Напротив, в генераторах, трансформаторах или двигателях, где используются твёрдые изоляционные материалы, пробой может вызвать существенные повреждения.

Кабели и оборудование должны быть защищены от перенапряжений в результате воздействия молнии с помощью применения либо экранирования, либо разрядников для отвода токов на землю. Типичный молниевый удар несёт в себе мощность около $3 \cdot 10^{12}$ Вт при напряжении $1,25 \cdot 10^6$ В и токе свыше 20 кА. Разработка, тестирование и взаимосвязь изоляции с устройствами молниезащиты может быть облегчена путём принятия стандартной волны напряжения молнии в 1,2x50, как импульса перенапряжения, то есть в микросекундной волне 1,2x50 максимум достигается за 1,2 мкс, а спад до половины максимального значения напряжения происходит за 50 мкс.

10 КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Современные методы диагностической проверки способны удостоверить работоспособность отдельных устройств в системе защиты и установить путь прохождения молнии по поражённому объекту. Датчики регистрации проходящего тока молнии могут быть установлены на молниеотводах. Регулярная инспекция и испытания должны быть частью установленной программы по поддержанию СЗМ в рабочем состоянии. Без такой программы СЗМ может стать неэффективной.

Компоненты СЗМ могут потерять свою эффективность со временем в результате коррозии, метеословий, механических повреждений и действия молнии.

10.1 Визуальный осмотр

Целью этого осмотра является соответствие СЗМ положениям настоящей инструкции:

- молниеприёмник РСЭ находится на высоте не менее 2 м от защищаемой площади и охватывает её;
- материалы, средства и способы контроля соответствуют положениям настоящей инструкции и другим стандартам;
- проводники проложены, размещены и электрически подсоединены должным образом;

- все безопасные дистанции выдержаны и эквипотенциальные соединения обеспечены;
- значение сопротивления системы заземления соответствует норме
- все системы заземления соединены между собой

10.2 График инспекций

Частота инспекций определяется уровнем защиты (I - очень высокий, II - высокий, III - стандартный) (табл.17)

СЗМ должна инспектироваться при реконструкции структуры, ремонтах и после удара молнии.

Визуальный контроль должен выполняться для обеспечения следующих параметров:

- никакое расширение или модификация защищаемой структуры не требует дополнительных мер по защите от удара молнии;
- электрическая целостность проводников сохранена;
- все крепёжные элементы находятся в исправном состоянии;
- никакие части не разрушены коррозией;
- безопасные дистанции соблюдены и эквипотенциальных соединений достаточно и они находятся в хорошем состоянии.

Измерения должны быть проведены для проверки:

- электрической целостности проводников;
- величины сопротивления системы заземления (любые отклонения должны быть проанализированы).

Каждая инспекция, проведённая по графику, является предметом детального отчёта, содержащего все сведения об обнаруженных отклонениях и мерах, которые должны быть осуществлены.

Любые нарушения, обнаруженные при плановой инспекции, должны быть устранены как можно скорее для поддержания работоспособности СЗМ.

Таблица 17 - Частота инспекций в год

	Нормальные условия	Коррозионное окружение
Уровень I	1/2	1
Уровень II	1/3	1/2
Уровень III	1/3	1/2

Приложение 1
(справочное)

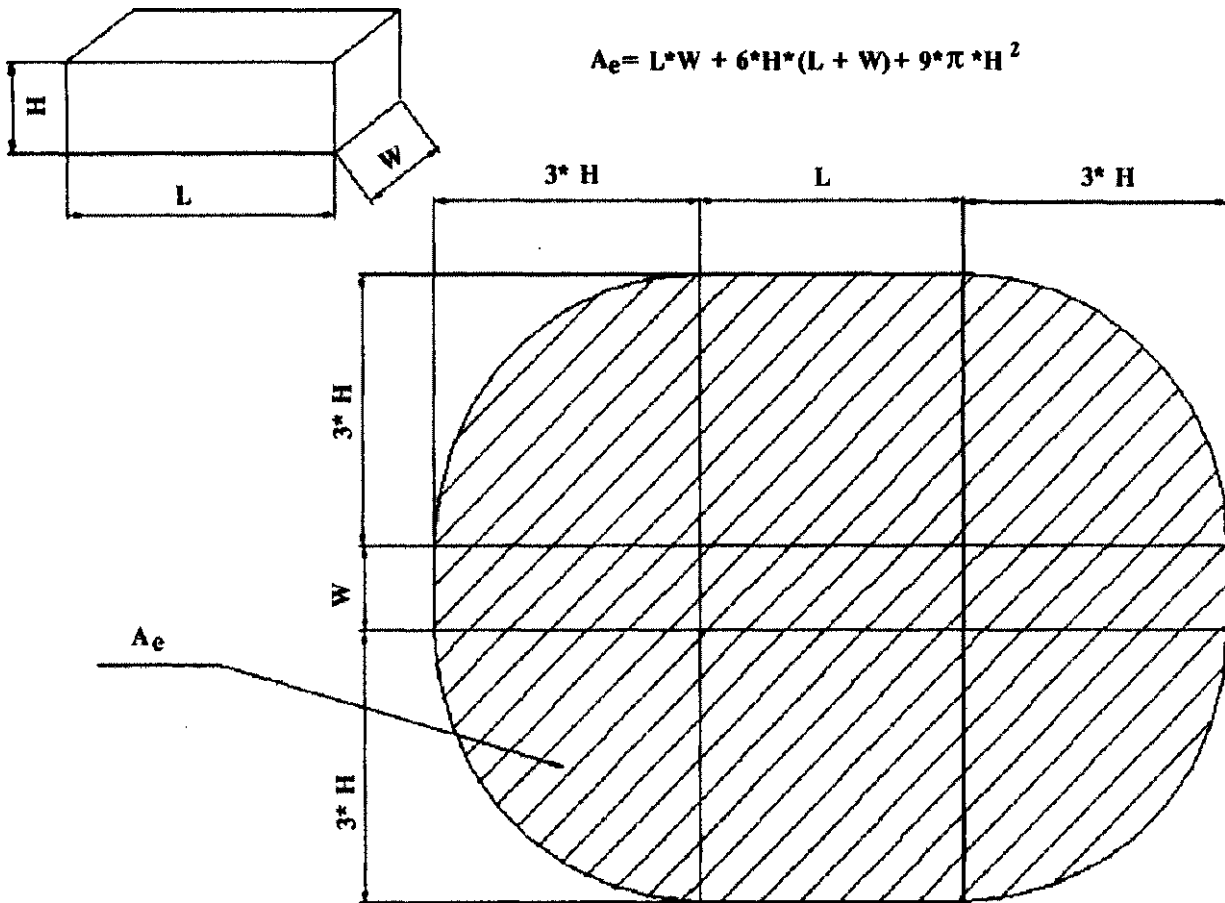


Рисунок 1.1 - Прямоугольное здание.

Приложение 1
(справочное)

Эквивалентная площадь

$$A_e = 9 \cdot Я \cdot H_2$$

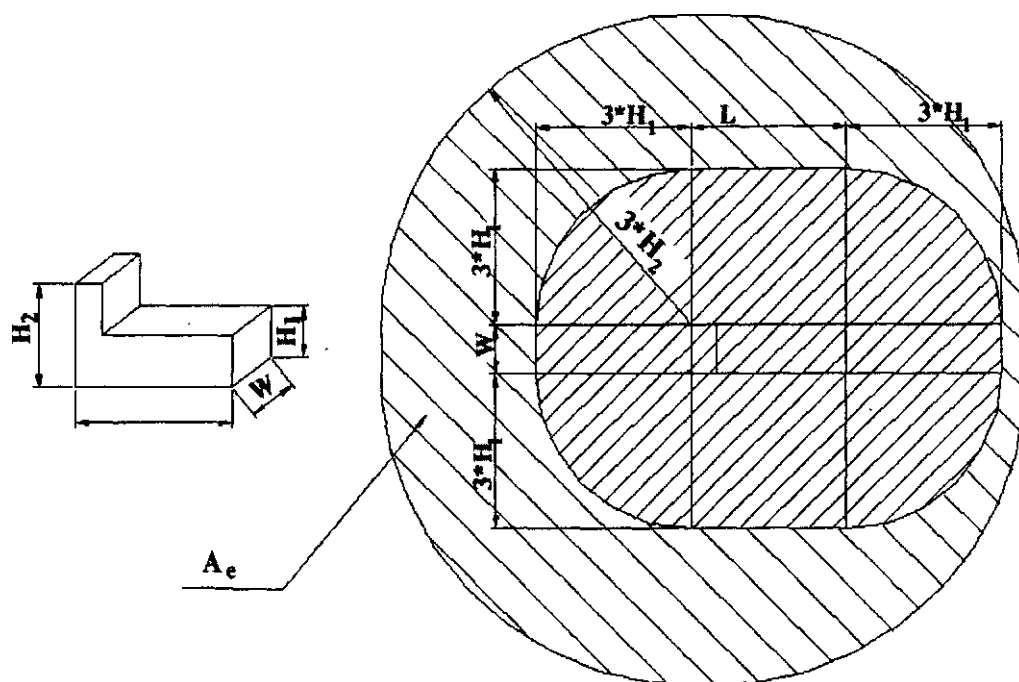


Рисунок 2.1 - Эквивалентная площадь выступающей части окружает всю нижнюю часть.

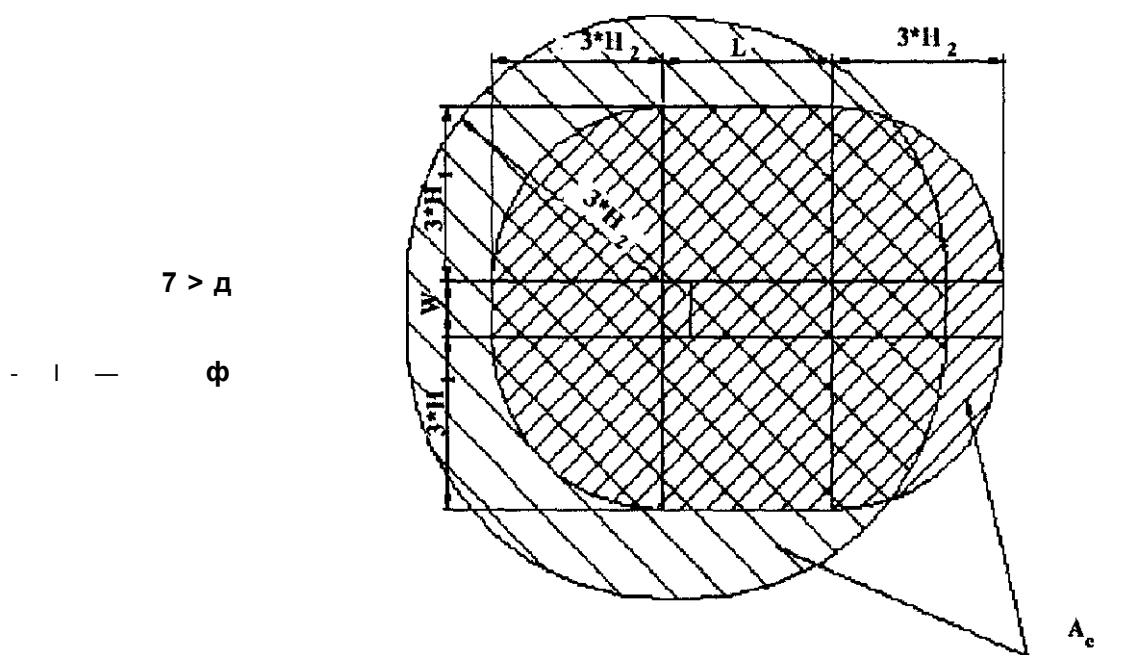


Рисунок 2.2 - Эквивалентная площадь выступающей части окружает часть нижней части.

Приложение 1
(справочное)

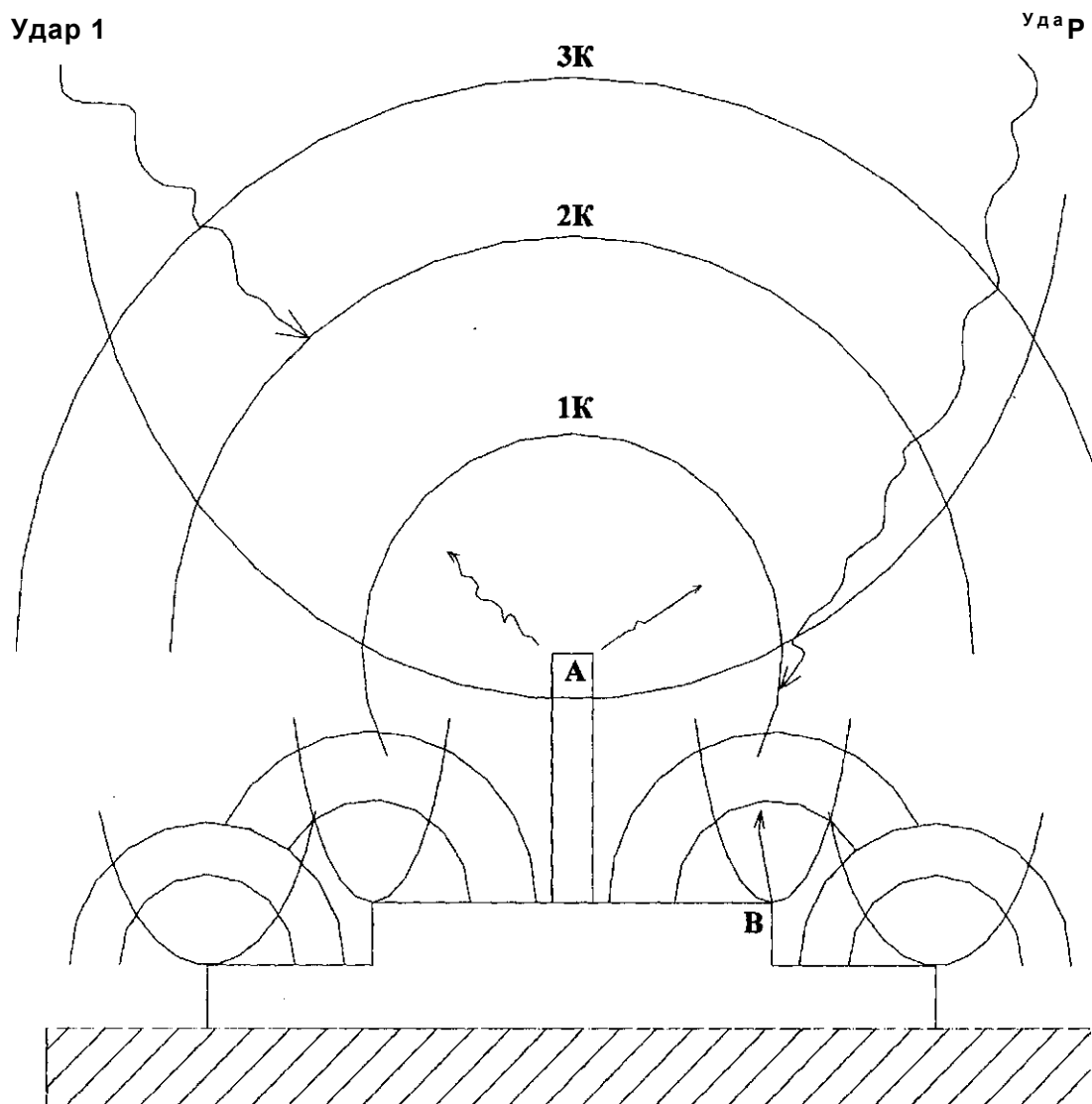
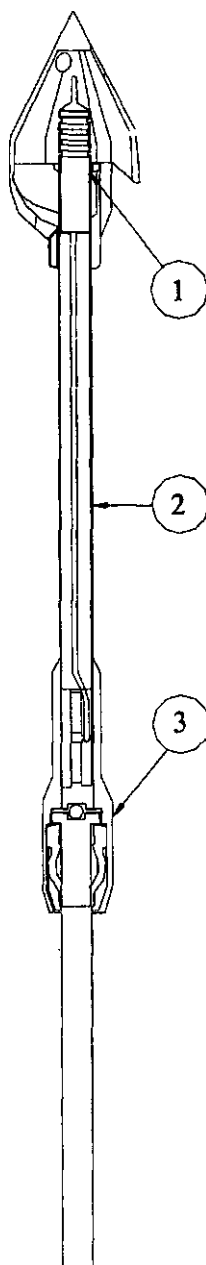


Рисунок 3.1 - Иллюстрация конструирования уровня молниезащиты с использованием МОО.

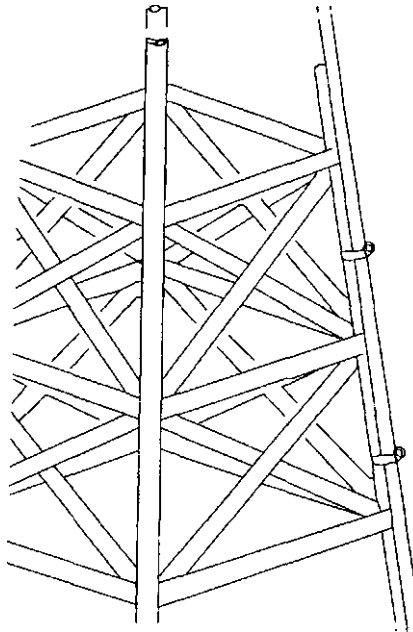
Приложение 1
(справочное)



- 1 Головка захвата
- 2 Опорный шест
- 3 Пьезоэлектрический стимулятор

Рисунок 4.1 - Устройство молниезащиты системы РСЭ.

Приложение 1
(справочное)



Хомуты из нержавеющей стали для заземленных проводников вокруг цилиндрических элементов (трубы, трубные опоры, мачты и т. д.).

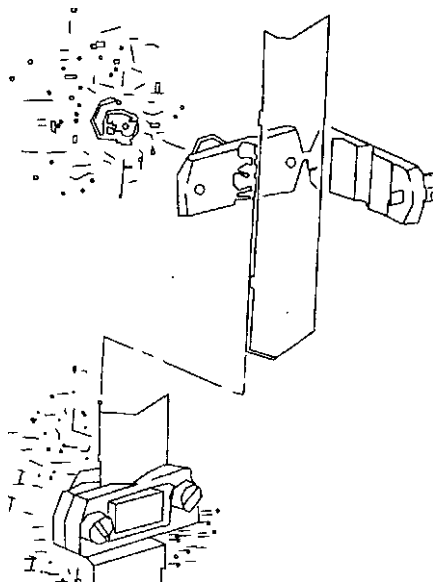
Применение осуществляется с помощью отвертки с гексагональной головкой.

Рисунок 5.1 - Крепление молниеотвода хомуты диам 25-82 мм.

Битумизированная алюминиевая скоба - плоский проводник, закрепленный на плоских водостойких террасах крыши.

Рисунок 5.2 - Скоба.

Приложение 1
(справочное)



Зажим для 30 мм плоского молниеотвода

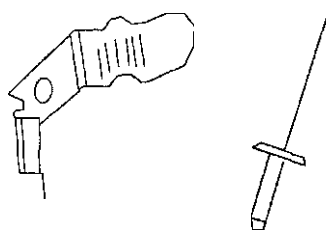
Этот зажим, сделанный из неизменяющегося синтетического материала, используется для крепления плоского молниеотвода ко всем материалам

Р

Ленточный зажим и расширенная заклепка

Сделанный из нержавеющей стали, этот зажим используется для крепления молниеотвода с расширенной заклепкой или винтом

V

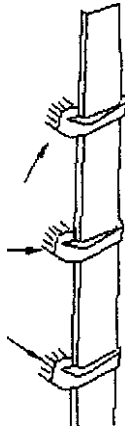


О

Рисунок 6.1 - Крепление молниеотвода.

Приложение 1
(справочное)

Крепления
проводника:
3 на метр



Медь, покрытая оловом

Контрольный стык

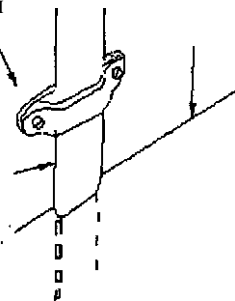
Должен быть смонтирован на каждом молниеотводе для отсоединения от своего терминала земли. Имеет очень низкий импеданс и совершенную проводимость, сконструирован для легкого монтажа и инспекции.



Ж

Гальванизированная стальная защитная труба сконструирована для защиты молниеотводов от любого механического удара. Она должна располагаться на уровне земли и возле проходов

Три
фиксирующих
зажима ищ
нержавею щеп
стали



Защитная
тууба длиной 2м.

Рисунок 7.1 - Оборудование для заземления.

Заземляющие соединители

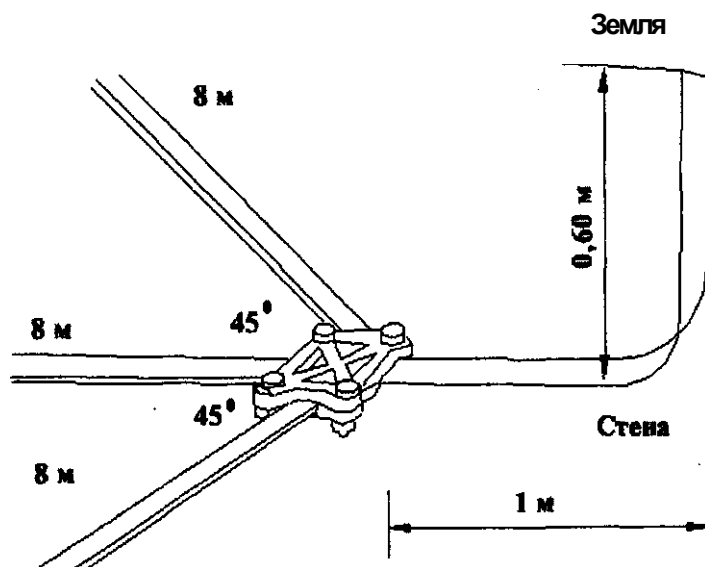


Рисунок 8.1 - Стандартный молниевый проводник.
Система заземляющего соединения типа «воронья лапа».

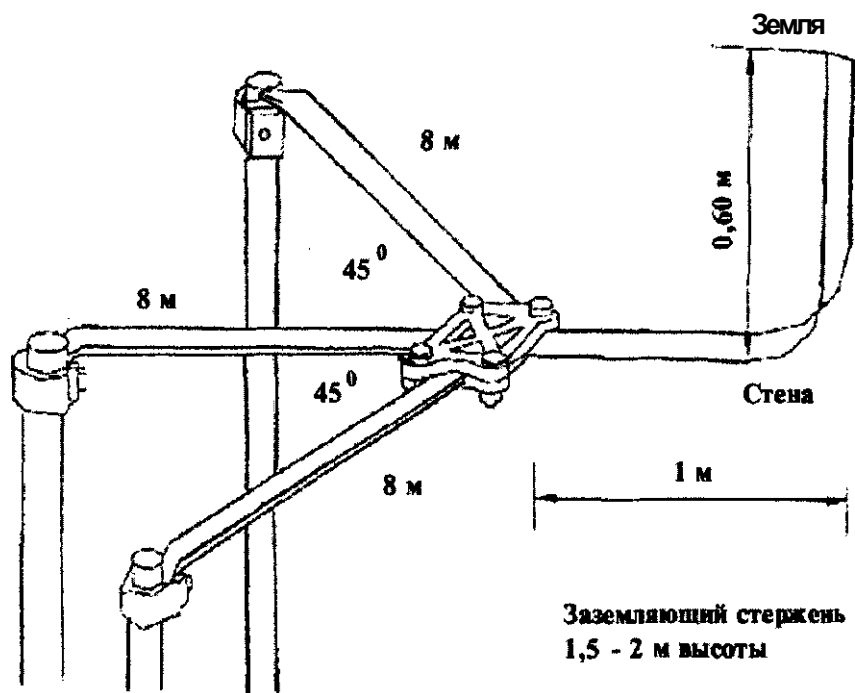


Рисунок 8.2 - Молниевый проводник.
Система заземляющего соединения типа «воронья лапа».

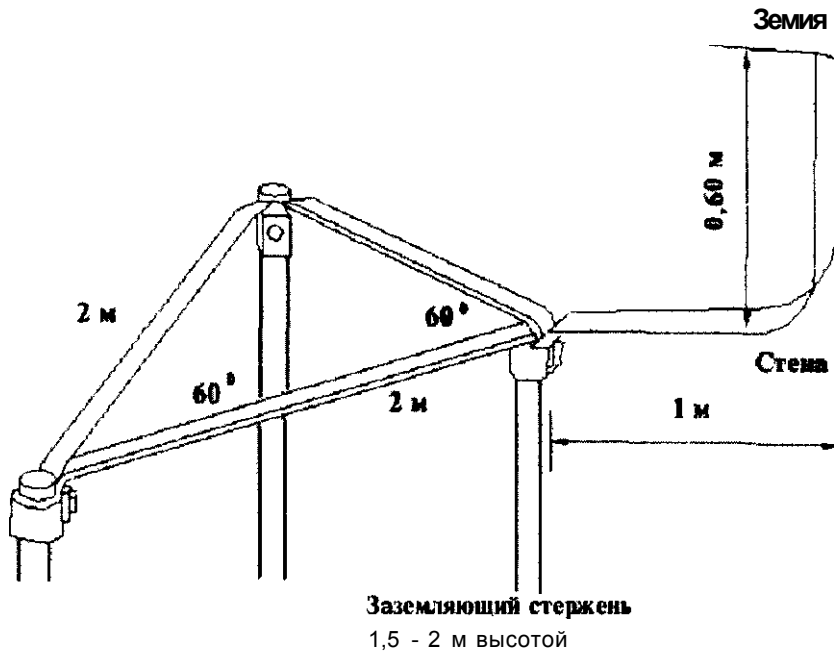


Рисунок 8.3 - Молниевый проводник.
Заземляющее соединение треугольными стержнями.

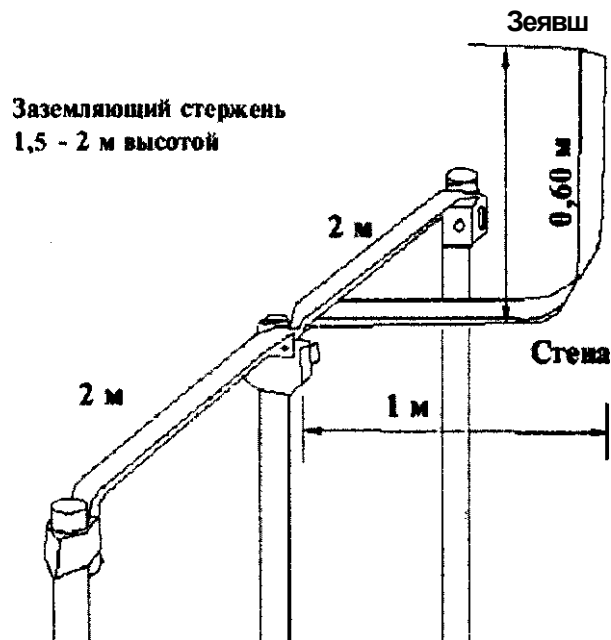


Рисунок 8.4 - Молниевый проводник.
Заземляющее соединение однонаправленными стержнями.

Заземляющие соединители

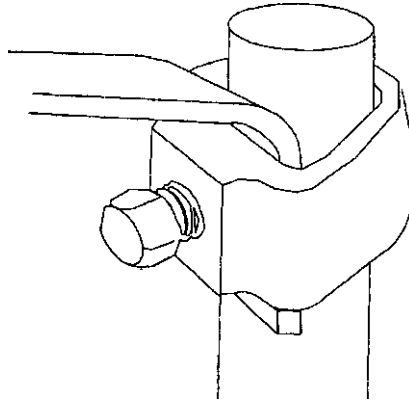


Рисунок 8.5 - Соединение проводника со стержнем заземления

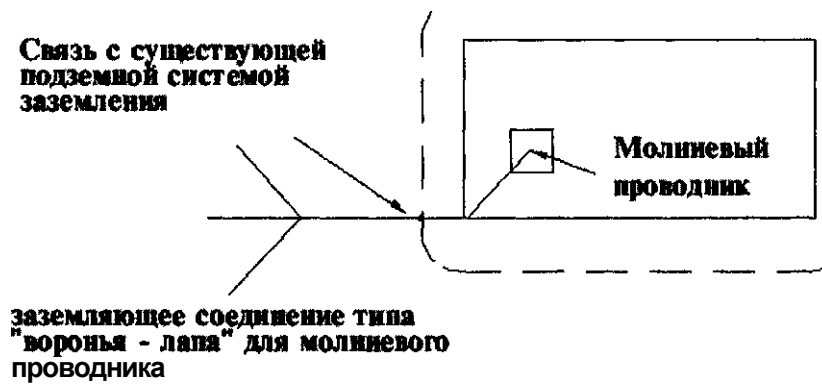


Рисунок 8.6 - План расположения системы заземления

Приложение 9
(справочное)



Рисунок 9.1 - Карта грозовой активности Республики Казахстан

Продолжение приложения 9.1

Таблица 9.1 - Среднегодовое количество дней с

по метеостанциям Казахстана

№ п/п	Название метеостанции	Кол-во
1	2	3
Северо-Казахстанская область		
1	БУЛАЕВО	19,5
2	ПЕТРОПАВЛОВСК	21,5
3	ВОЗВЫШЕНКА	17,0
4	ЯВЛЕНКА	19,2
5	БЛАГОВЕЩЕНКА	18,8
6	СЕРГЕЕВКА	25,3
7	КРАСНОАРМЕЙСК	14,9
8	СВХ ВОСХОД	15,7
9	КЗЫЛТУ	14,9
10	ЧКАЛОВО	20,6
11	ВОЛОДАРСКОЕ	20,5
12	ЗОЛОТАЯ НИВА	22,5
13	РУЗАЕВКА	22,1
Костанайская область		
14	ПРЕСНОГОРЬКОВКА	24,2
15	КОМСОМОЛЕЦ	16,2
16	МИХАЙЛОВКА	20,7
17	УРИЦКИЙ	18,8
18	КОСТАНАЙ	20,5
19	РУДНЫЙ	21,5
20	КАРАСУ	19,6
21	ТОБОЛ	19,5
22	АРШАЛИНСКИЙ З/СВХ	24,5
23	КУШМУРУН	20,4
24	ДЖЕТЫГАРА	21,0
25	ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ СВХ.	23,6
26	ДИЕВСКАЯ	21,3
27	ДОКУЧАЕВКА (Наурзумск)	19,7
28	БЕСТАУ	11,3
29	АРКАЛЫК	11,0
30	АМАНГЕЛЬДЫ	9,9
31	ТОРГАЙ	10,4
32	ЭКИДЫН	9,6
Акмолинская область		
33	КОКШЕТАУ	16,0
34	СФМ «БОРОВОЕ»	20,9
35	ЩУЧИНСК	21,2
36	БАЛКАШИНО	21,5
37	СТЕПНОГОРСК, АМСГ	26,1
38	АККОЛЬ	14,5
39	ЖАКСЫ	22,3
40	ЕСИЛЬ	18,5
41	АТБАСАР	25,1
42	ЕРЕЙМЕНТАУ	19,7

№ п/п	Название метеостанции	Кол-во
1	2	3
43	ЖАЛТЫР	19,5
44	КИЙМА	9,8
45	АСТАНА	22,5
46	ЕГИНДЫКОЛЬ	20,0
47	ДЕРЖАВИНСК	14,7
48	АРШАЛЫ (Анар)	23,3
49	КОРГАЛЖЫН	23,3
Павлодарская область		
50	МИХАЙЛОВКА	16,0
51	ФЕДОРОВСКАЯ	19,6
52	ИРТЫШСК	12,7
53	ЛОЗОВАЯ	17,1
54	ГОЛУБОВКА	14,9
55	АКТОГАЙ	23,9
56	УСПЕНКА	16,8
57	КОМИНТЕРНОВСКАЯ	22,5
58	ЩЕРБАКТЫ	16,4
59	СВХ ПРИОЗЕРНЫЙ	20,4
60	КРАСНОАРМЕЙКА	16,8
61	ПАВЛОДАР	22,8
62	ШАЛ ДАЙ	17,9
63	ЭКИБАСТУЗ, АМСГ	21,6
64	БЕЛОГОРЬЕ	22,2
65	БАЯНАУЛ	24,7
Западно-Казахстанская область		
66	ЯНВАРЦЕВО	25,5
67	АКСАЙ	22,4
68	УРАЛЬСК	19,4
69	КАМЕНКА	18,1
70	ЧИНГИРЛАУ	13,1
71	ДЖАМБЕЙТЫ	13,5
72	ЧАПАЕВО	15,0
73	КАЗТАЛОВКА	12,6
74	КАРАТОБЕ	6,9
75	ЖАЛПАКТАЛ	17,4
76	ДЖАНЫБЕК	15,1
77	ТАЙПАК	10,1
78	УРДА	15,6
Атырауская область		
79	ИНДЕРБОРСКИЙ, АМСГ	7,2
80	КАРАБАУ	10,4
81	САГИЗ	11,4
82	НОВЫЙ УШТОГАН	10,3
83	МАХАМБЕТ	12,4
84	АТЫРАУ	9,0

Продолжение таблицы 9.1

1	2	3
85	КУЛЬСАРЫ, АМСГ	8,4
86	ПЕШНОЙ	7,1
87	ГАНЮШКИНО, АМСГ	11,4
Мангистауская область		
88	ОПОРНАЯ	2,0
89	САМ	2,4
90	БЕЙНЕУ	2,6
91	КУЛАЛЫ, ОСТРОВ	5,0
92	КЫЗАН	11,3
93	ФОРТ-ШЕВЧЕНКО	0,3
94	ТУЩИБЕК	4,8
95	АКТАУ	5,0
96	АККУДУК	5,7
Актюбинская область		
97	МАРТУК	18
98	КОС-ИСТЕК	20
99	РОДНИКОВКА	16
100	КОМСОМОЛЬСКОЕ, АМСГ	17
101	АКТОБЕ	22
102	НОВОРОССИЙСКОЕ	18
103	НОВОАЛЕКСЕЕВКА	18
104	ИЛЬИНСКИЙ	21
105	КАРАБУТАК	16
106	БАСКУДУК	6
107	ТЕМИР	20
108	УИЛ	17
109	НУРА	7
110	ЭМБА	14
111	КАРАУЛКЕЛЬДЫ	11
112	ИРГИЗ	14
113	МУГОДЖАРСКАЯ	15
114	ШАЛКАР, АМСГ	13
115	АЯККУМ	1
Карагандинская область		
116	СВХ РОДНИКОВСКИЙ	20,0
117	КОРНЕЕВКА	24,8
118	КАРАГАНДИНСК.С-Х.ОП.СТ	17,6
119	З/СВХ ИМ.ЧКАЛОВА	21,0
120	БЕРЛИК	12,9
121	КАРАГАНДА	23,0
122	КАРКАРАЛИНСК	25,8
123	БЕСОБА	11,1
124	ЖАРЫК	22,0
125	АКСУ-АЮЛЫ	18,6
126	ЖАНА-АРКА	20,7
127	АГАДЫРЬ	20,8
128	КЗЫЛЖАР	13,4
129	АКТОГАЙ	15,8
130	КЗЫЛТАУ	16,3
131	ЖЕЗКАЗГАН	11,7
132	КУЛЬЖАМБАЙ	12,2

1	2	3
133	БЕКТАУАТА	25,3
134	КОКТАС	13,5
135	САЯК	17,8
136	БАЛХАШ	17,3
137	ДЖЕТЫКОНУР	6,9
Восточно-Казахстанская область		
138	АЛГАЗЫ ОСТРОВ	12,7
139	САРЫШАГАН	16,6
140	БЕТПАК-ДАЛА	7,6
141	СЕМИАРКА	27,9
142	ДМИТРИЕВКА	24,2
143	ШЕМОНИХА	21,9
144	СЕМИПАЛАТИНСК	22,8
145	ЛЕНИНОГОРСК	28,3
146	УСТЬ-КАМЕНОГОРСК	30,9
147	ЗЫРЯНОВСК	28,4
148	ЧАЛОБАЙ	23,5
149	СЕЛЕЗНЕВКА	29,8
150	ЧАРСКАЯ	20,4
151	КАТОН-КАРАГАЙ	34,2
152	БОЛЬШЕНАРЫМСКОЕ	25,6
153	ЖАНГИЗТОБЕ	25,3
154	КАЙНАР	10,8
155	САМАРКА	29,8
156	КАРААУЛ	20,1
157	ОРЛОВСКИЙ ПОСЕЛОК	29,2
158	МАРКАКОЛЬ ЗАПОВЕДНИК	28,1
159	КОКПЕКТЫ	17,2
160	КУРЧУМ	18,7
161	АЛЕКСЕЕВКА	20,4
162	БАРШАТАС	13,4
163	АЯГУЗ	20,3
164	ТУГЫЛ	17,9
165	АКСУАТ	22,6
166	АКЖАР	26,8
167	ЗАЙСАН	20,7
168	УРДЖАР, АМСГ	21,0
169	АКТОГАЙ	9,6
170	БАХТЫ	14,0
Кызылординская область		
171	АРАЛЬСКОЕ МОРЕ	12,3
172	КАЗАЛИНСК	7,0
173	ДЖУСАЛЫ	8,1
174	ЗЛИХА	4,5
175	КАРАК	4,1
176	КЫЗЫЛОРДА	8,1
177	УЯЛЫ	2,0
178	ЧИИЛИ	6,7
179	ЧИРИК-РАБАТ	2,1
180	АККУМ	8,1

Окончание таблицы 9.1

1	2	3
Южно-Казахстанская область		
181	ТАСТЫ	8,9
182	ЧУЛАККУРГАН	11,0
184	ТУРКЕСТАН	11,0
185	ЧАЯН	14,7
186	КЫЗЫЛКУМ	3,1
187	АУЛ ТУРАРА РЫСКУЛОВА	27,8
188	АРЫСЬ	10,8
189	ЧУУЛДАК	17,4
190	ШЫМКЕНТ	18,4
191	ТАСАРЫК	32,1
192	КАЗЫГУРТ	16,8
193	ЧАРДАРА	9,3
194	ЖЕТЫСАЙ	14,6
Жамбылская область		
195	ТЮКЕН	5,7
196	ЧИГАНАК	13,2
197	УЛАНБЕЛЬ	14,2
198	МОЙЫНКУМ	11,7
199	ХАНТАУ	16,8
200	АНАРХАЙ	10,4
201	ШОКПАР	18,0
202	УЮК	10,5
203	САУДАКЕНТ	5,9
204	ТОЛЕ БИ	11,2
205	ОТАР	22,5
206	КОРДАЙ	18,4
207	КАРАТАУ	11,9
208	МЕРКЕ	22,9
209	КУЛАН	15,9
210	ЖАМБЫЛ	16,9
211	БУРНО-ОКТЯБРЬСКОЕ	19,7
212	УЧАРАЛ	16,3

1	2	3
Алматинская область		
213	АЛАКОЛЬ	20,7
214	МАТАЙ	17,2
215	НАЙМАНСУЕК	12,0
216	ЖАЛАНАШКОЛЬ	8,8
217	ЛЕПСИНСК	29,0
218	АУЛ №4	9,9
219	САРКАНД	26,4
220	КУЙГАН	14,8
221	УШТОБЕ	16,5
222	ТАЛДЫКОРГАН	19,2
223	ЖЕТЫЖОЛ	7,9
224	ТЕКЕЛИ	18,0
225	БАКАНАС	20,4
226	КУГАЛЫ	32,4
227	САРЫОЗЕК	17,1
228	ЖАРКЕНТ	17,5
229	АЙДАРЛЫ	24,2
230	КАПЧАГАЙ	22,9
231	КАРАЧЕК	8,8
232	ЧИЛИК	11,1
233	ЕСИК	29,7
234	АКСЕНГЕР	28,5
235	ПОДГОРНОЕ	28,8
236	АССЫ	26,3
237	АЛМА-АТА (КАМ.ПЛАТО)	42,4
238	АЛМА-АТА, ОГМС	32,1
239	УЗУНАГАЧ	33,6
240	ЖХЛАНАШ	44,5
241	УСТЬ-ГОРЕЛЬНИК	25,7
242	Б.А.-АТИНСКОЕ ОЗЕРО	32,7
243	КЕГЕН	22,9
244	МЫНЖИЛКИ	11,4
245	НАРЫНКОЛ	45,4